

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Галузь знань 18 – Виробництво і технології
Спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітньо-професійна програма – Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕХТЗД
к.т.н., професор
В.А. Іщенко
(підпис)
« 24 » 09 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу студенту
Шеверуку Олександр Васи́льовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СПИРТОВОГО ЗАВОДУ»

керівник роботи Васильківський Ігор Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по ВНТУ від «10» 09 2025 року № 2
2. Термін подання студентом роботи «24» 09 2025 року .

3. Вихідні дані до роботи:

Загальна схема спиртового виробництва (додаток Б).

4. Зміст текстової частини

1. Загальна екологічна характеристика спиртового виробництва.
2. Екологічна безпека виробництва етилового спирту та природоохоронні рекомендації.
3. Моделювання забруднення атмосферного повітря.
4. Екологічна модифікація та використання хімічних відходів виробництва спирту етилового ректифікованого.
5. Розрахунок економічного ефекту виробництва гранульованої барди.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Загальна схема спиртового виробництва.
2. Карта-схема Немирівський спиртовий завод.
3. Характеристика стічних вод спиртових заводів.
4. Карта розсіювання пилу органічного.

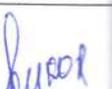
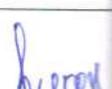
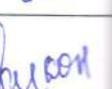
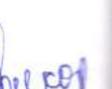
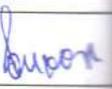
5. Схема виготовлення сухої гранульованої барди.

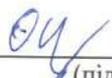
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконане прийняв
5	Декан факультету менеджменту та інформаційної безпеки, к.е.н., доцент кафедри підприємництва, логістики та менеджменту Краєвська Алла Станіславівна		

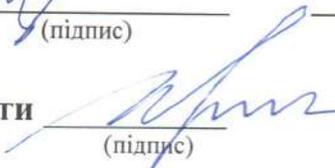
7. Дата видачі завдання « 24 » 09 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз екологічних характеристик технологічного регламенту та загальної схеми спиртового виробництва.	24.09.2025	1.10.2025	
2	Розрахунок викидів з джерел на території Немирівського спиртового заводу.	2.10.2025	29.10.2025	
3	Проведення моделювання та прогнозування розсіювання забруднення атмосферного повітря.	30.10.2025	10.11.2025	
4	Розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для використання хімічних відходів виробництва.	11.11.2025	15.11.2025	
5	Розрахунок економічного ефекту виробництва гранульованої барди.	16.11.2025	30.11.2025	
6	Підготовка висновків, додатків, списку використаних джерел. Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	1.12.2025	5.12.2025	
7	Підготовка презентації та доповіді до захисту МКР	6.12.2025	10.12.2025	

Студент  (підпис)

Шеверук О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи  (підпис)

Васильківський І. В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 661.72

Шеверук О.В. Наукове обґрунтування екологічної безпеки спиртового заводу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища, освітня програма – Технології захисту навколишнього середовища. Вінниця: ВНТУ, 2025. 109 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 22 назв; рис. 7; табл. 23.

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено наукове обґрунтування екологічної безпеки Немирівського спиртового заводу, та його вплив на довкілля. Проаналізована типова технологічна схема виробництва спирту, визначені основні джерела утворення відходів виробництва. Дана характеристика джерел утворення газових викидів забруднюючих речовин, рідких стоків та твердих відходів підприємства. Розраховано та досліджено вплив спиртового виробництва на навколишнє природне середовище. Розглянуто способи переробки відходів. Запропоновані природоохоронні заходи для підвищення екологічної безпеки спиртового виробництва та використання хімічних відходів спиртового виробництва та розраховано економічну ефективність їх впровадження.

Ілюстративна частина складається із 5 ілюстрацій.

Ключові слова: спиртова промисловість, етиловий спирт, дріжджі, бражка, забруднюючі речовини, викиди спиртового виробництва, відходи спиртового виробництва, спиртова барда.

ABSTRACT

UDC 661.72

Sheveruk O.V. Scientific justification of the environmental safety of a distillery. Master's qualification work in the specialty 183 - Environmental protection technologies, educational program - Environmental protection technologies. Vinnytsia: VNTU, 2025. 109 p.

In Ukrainian. Bibliography: 22 titles; Fig. 7; Table 23.

The master's qualification work provides a scientific justification of the environmental safety of the Nemyrivsky distillery and its impact on the environment. A typical technological scheme for alcohol production is analyzed, the main sources of production waste are identified. The sources of gaseous emissions of pollutants, liquid effluents and solid waste of the enterprise are characterized. The impact of alcohol production on the environment is calculated and investigated. Waste processing methods are considered. Environmental protection measures are proposed to improve the environmental safety of alcohol production and the use of chemical waste from alcohol production, and the economic efficiency of their implementation is calculated.

The graphic part consists of 5 illustrations.

Keywords: alcohol industry, ethyl alcohol, yeast, mash, pollutants, alcohol production emissions, alcohol production waste, alcohol lees.

ВІДГУК

наукового керівника на магістерську кваліфікаційну роботу студента денної форми навчання групи ТЗД-24м Шеверука Олександра Васильовича на тему «Наукове обґрунтування екологічної безпеки спиртового заводу»

В магістерській кваліфікаційній роботі Шеверука Олександра Васильовича детально охарактеризовані всі стадії промислового виробництва етилового спирту та показані шляхи його використання.

Проаналізовано місця викиду шкідливих речовин і запропоновано природоохоронні рекомендації по їх зменшенню та оцінено напрямки використання та утилізації хімічних відходів виробництва спирту етилового ректифікованого.

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи дипломник Шеверук Олександр Васильович на підставі проведених власних аналітичних досліджень, літературного та інтернет-пошуку довів, що екологічні проблеми підприємств спиртової промисловості та вироблення екологічно-безпечної продукції можна успішно вирішувати шляхом підвищення рівня екологічного контролю технологічного процесу та ефективної переробки відходів виробництва.

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи дипломник Шеверук О.В. проявив сумлінність, активність, творчість, інноваційний підхід до справи.

Дипломник Шеверук О.В. характеризується виключно з позитивного боку, старанний, працелюбний, відповідальний, наполегливий в досягненні мети, користується повагою серед студентів та викладачів, володіє фаховими знаннями з екологічних дисциплін.

Робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінку «А».

Керівник роботи,
к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД


І. В. Васильківський

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу студента денної форми навчання 2 курсу із спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Шеверука Олександра Васильовича на тему «Наукове обґрунтування екологічної безпеки спиртового заводу»

Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 5 листів ілюстративного матеріалу і пояснювальну записку з 109 сторінок.

1. Актуальність теми, наявність замовлення проекту підприємством організацією

Спиртова промисловість випускає етиловий спирт, який знайшов широке використання в різноманітних галузях промисловості. Забезпечення екологічної безпеки спиртових підприємства є надзвичайно актуальною задачею в галузі організації управління природоохоронної діяльністю підприємств Вінниччини.

2. Достатність вихідних даних на МКР, наявність обґрунтування вироблених рекомендацій

Вихідні дані для написання магістерської кваліфікаційної роботи представленні у достатній кількості. Розроблені рекомендації є змістовними і обґрунтованими.

3. Наявність багатоваріантного аналізу проектних рішень в основному розділі, спрямованого на пошук оптимального рішення з урахуванням останніх досягнень науки і техніки, техніко-економічного обґрунтування оптимального варіанту.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто технологічні аспекти спиртової промисловості Вінниччини та запропоновано ряд природоохоронних заходів і рекомендацій.

4. Глибина обґрунтування прийнятих рішень, ступінь врахування факторів безпеки життєдіяльності тощо

Рекомендації, подані в роботі відповідають поставленим задачам, розглянуті рішення характеризуються достатньою глибиною обґрунтування.

5. Рівень пророблення основного рішення (аналіз, технічні розрахунки тощо), достатність глибини пророблення основного рішення для використання на практиці

Охарактеризовано спиртове виробництво і вказані місця викиду шкідливих речовин та шляхи їх зменшення.

6. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень

Отриманні результати в магістерській кваліфікаційній роботі мають достатній науково-дослідний та навчальний рівень, а також характеризуються окремими експериментальними дослідженнями.

7. Наявність у пояснювальній записці обґрунтування усіх проектних рішень стиль її написання (обґрунтовальний чи описовий), відповідність оформлення вимог діючих стандартів

Пояснювальна записка оформлена відповідно до діючих стандартів, рішення та рекомендації подані обґрунтовано.

8. Повнота відображення графічних матеріалів основного змісту дипломної роботи, відповідність графічних матеріалів конкретному об'єкту дослідження вимогам діючих стандартів

Графічні матеріали відображають зміст роботи, а оформлення відповідає діючим стандартам.

9. Практична цінність роботи, можливість її реалізації

Проведено характеристику відходів спиртового виробництва, що дає можливість розробити найоптимальніші заходи по зменшенню їх негативного впливу на навколишнє середовище. Розглянуті нові тенденції у розвитку біоенергетичних технологій.

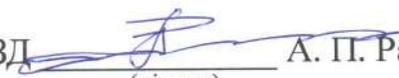
10. У магістерській кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки

Не враховані особливості автоматизованого екологічного контролю виходу спиртового виробництва.

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на високому рівні та заслуговує на оцінку « відмінно ».

Опонент

д.х.н., професор кафедри ЕХТЗД


(підпис)

А. П. Ранський

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	8
1.1 Фізико -хімічні властивості етилового спирту.....	8
1.2 Методи отримання етилового спирту.....	9
1.2.1 Отримання етилового спирту з винограду.....	10
1.2.2 Отримання етилового спирту з меляси.....	13
1.2.3 Отримання етилового спирту з зерна та картоплі.....	15
1.2.4 Отримання етилового сусла з цукрового буряка.....	17
1.3 Використання етилового спирту.....	18
1.4 Характеристика дозрілої спиртової бражки.....	20
1.5 Сировина, напівфабрикати та матеріали.....	20
1.6 Допоміжні матеріали.....	23
1.7 Приймання, транспортування, зберігання сировини та допоміжних матеріалів.....	27
1.8 Матеріальні розрахунки. Норми витрат сировини.....	28
1.9 Приготування спиртової бражки з оцукрюванням розрідженого замісу.....	35
1.10 Приготування спиртової бражки при оцукренні розріджених замісів в бродильному апараті.....	44
2 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ТА ПРИРОДООХОРОННІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	46
2.1 Джерело № 1. Котельня.....	51
2.1.1 Види і кількість викидів речовин в атмосферу.....	52
2.1.2 Розрахунки викидів ЗР з котельні.....	52
2.2 Джерело №2 – Мазутосховище	56
2.3 Джерело №3-7 – Приймання зерна.....	57

2.4 Джерело № 8-14 – Апаратний цех.....	60
2.5 Джерело № 15 – Заправка балонів вуглекислою.....	62
2.6 Джерело № 16 – Мехобробка	63
2.7 Джерело № 17 – Зварка	63
2.8 Джерело № 18 – Деревообробка.....	65
2.9 Джерело № 19 – «Відкрита стоянка».....	65
2.10 Джерело № 20 – Профілакторій	65
2.11 Джерело № 21-25 – АЗС.....	66
2.12 Джерело № 26 – Котельня.....	66
2.13 Промислові стічні води спиртового виробництва.....	67
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	69
3.1 Розрахунок приземних концентрацій ЗР викидів стаціонарних джерел по вісі факелу.....	69
3.2 Розрахунок приземних концентрацій ЗР викидів групи джерел та побудова карти розсіювання.....	73
4 ЕКОЛОГІЧНА МОДИФІКАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО.....	75
4.1 Принципова технологічна схема виготовлення сухої гранульованої барди.....	77
4.2 Основні напрями використання гранульованої барди.....	78
4.3 Перспективний план заходів у сфері поводження з відходами спиртового виробництва.....	82
5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНОЇ БАРДИ.....	85
5.1 Виготовлення сухої після спиртової гранульованої барди.....	85
5.2 Розрахунок собівартості одержання біогазу із після спиртової барди...	89
5.3 Аналіз техніко-економічних показників.....	90
5.4 Розрахунок вартості сировини і енергії на технологічні потреби.....	90

5.5 Розрахунок заробітної плати персоналу.....	92
5.6 Розрахунок собівартості продукції.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96
Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи.....	99
Додаток Б. Загальна схема спиртового виробництва.....	100
Додаток В. Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи.....	102
Додаток Д. Ілюстративна частина.....	103

ВСТУП

Актуальність. Спиртова промисловість є однією з бюджетоутворюючих і найприбутковіших галузей української економіки, вона відіграє важливу роль у ефективному функціонуванні інших галузей: харчової, а також фармацевтичної, агропромислового та паливно-енергетичного комплексів. Спирт є основним продуктом для виготовлення лікєро-горілочаних виробів. Останнім часом набуває значного поширення біоетанол, досить перспективний вид палива. Заводи спиртової промисловості, окрім основного продукту – спирту, виробляють ще близько 30 видів продукції, а саме: плодоовочевих консервів, солоду житнього, солоду пивоварного, концентрату квасного суслу, мінеральної води, слабоалкогольних напоїв, кондитерських виробів, оцту спиртового харчового, майонезу, екстракту хмелю, дріжджів, вина, парфумів, розчинників, морилки, незамерзаючих миючих рідин тощо.

Спиртова промисловість України — одна з провідних галузей за утворенням відходів і стічних вод. На сьогоднішній день в спиртовій промисловості склалася достатньо складна екологічна ситуація з утилізацією основного відходу виробництва – барди, яка в натуральному вигляді не має попиту на ринку, і її потрібно утилізувати. На 80 спиртозаводах України протягом року утворюється близько 4 млн м³ мелясної та 3,6–3,8 млн м³ зернової барди, а також близько 8 млн м³ слабо забруднених стічних вод. Ці стічні води не можуть без очищення скидатися у водойми. Мелясна барда на більшості заводів не утилізується і без очищення разом зі стічними водами скидається у відстійники, де загниває, забруднюючи ґрунтові води і повітря. Складність технологічних процесів призводить до утворення значних викидів в атмосферне повітря, стічних вод і утворення промислових відходів.

Метою роботи є розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для підвищення рівня екологічної безпеки спиртового виробництва у Вінницькій області.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Аналіз екологічних характеристик технологічного регламенту та загальної схеми спиртового виробництва.
2. Розрахунок викидів з джерел на території Немирівського спиртового заводу.
3. Проведення моделювання та прогнозування розсіювання забруднення атмосферного повітря.
4. Розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для використання хімічних відходів виробництва.
5. Розрахунок економічного ефекту виробництва гранульованої барди.

Об'єкт досліджень – діяльність Немирівського спиртового заводу розташованого по вулиці вул. Лесі Українки, 31, місто Немирів, Немирівський район, Вінницької області.

Предмет дослідження – характеристики технологічного процесу виробництва етилового спирту на Немирівському спиртовому заводі.

Наукова новизна.

Вперше, досліджено техногенний вплив діяльність приватного Немирівського спиртового заводу розташованого по вулиці вул. Горького, 31, місто Немирів, Немирівський район, Вінницької області на екологічний стан навколишнього природного середовища, та науково обгрунтовані природоохоронні і ресурсозберігаючі заходи.

Практичне значення.

Дана магістерська кваліфікаційна робота є науковим обгрунтуванням реалізації природоохоронних і ресурсозберігаючих заходів на підприємствах спиртової промисловості, зокрема приватного Немирівського спиртового заводу розташованого по вулиці вул. Горького, 31, місто Немирів, Немирівський район, Вінницької області.

Аналіз впровадження запропонованих ресурсозберігаючих заходів дозволить суттєво підвищити рівень ресурсозбереження на підприємстві та зменшити викиди забруднюючих речовин, що позитивно вплине на стан навколишнього природного середовища і здоров'я населення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри ЕХТЗД, зокрема, госптематики, законів України: «Про охорону навколишнього природного середовища» №1268-ХІІ від 26.06.91 і Регіональної екологічної бюджетної програми 2024-2025 років.

Методи дослідження. Використано методи комплексного, системного науково обгрунтованного аналізу, а також методи математичної статистики та кореляційного аналізу.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підібрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено аналіз і теоретичне обгрунтування зібраного матеріалу, його узагальнення та формулювання висновків. Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи у навчальний процес представлений у додатку В.

Публікації. Викладені у МКР положення доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції: «Енергоефективність в галузях економіки України (2025)», а також у щорічних науково-технічних конференціях ВНТУ.

Подяки. Автор вдячний генеральному директору приватного підприємства «Інтер-Еко» **Гончаруку Видиму Станіславовичу** за розуміння і моральну підтримку у проведенні досліджень за темою магістерської кваліфікаційної роботи.

1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Фізико -хімічні властивості етилового спирту

Виробництво етилового спирту для потреб харчової та інших галузей промисловості базується на використанні крохмалевмісної (зерна картоплі) та цукро вмісної (бурякової, тростинної меляси) сировини.

Етиловий спирт (етанол, винний спирт) являє собою прозору, безкольорову речовину з різким запахом і характерним запахом. Етиловий спирт дуже гігроскопічний і жадно поглинає вологу з повітря і рослинних тканин, в результаті чого вони руйнуються.

Хімічно чистий етиловий спирт має нейтральну реакцію, а спирт, який виробляється має найбільшу кількість карбонових кислот, має слабо кислу реакцію. Він змішується в любых співвідношеннях з водою, ефіром, гліцерином, бензином та іншими органічними розчинниками.

Температура кипіння спирту при нормальному тиску $78,3^{\circ}\text{C}$, замерзання - 117°C , відносна густина – $d_{20}^{20}=0,79067$, $d_4^{20}=78927$, теплоємність при 20°C $2,43$ кДж/(кг*К), прихована теплота випаровування при 20°C 910 кДж/кг, теплота горіння 26665 кДж/кг. Коефіцієнт об'ємного розширення спирту приблизно в 5 раз більша, ніж у води і в середньому дорівнює $0,0011$ (в межах температур від 0 - 30°C).

Етиловий спирт і його водні розчини легко займаються і горять блідо голубим, слабо світлим полум'ям без утворення сажі.

Пари спирту шкідливі для організму людини. Допустима їх концентрація в повітрі складає 1 мг/л, токсична – 16 , мг/л.

Запах етилового спирту відчувається в повітрі при концентрації його в повітрі $0,25$ мг/л.

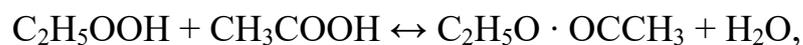
Етиловий спирт належить до гомологічного ряду одноатомних спиртів або алкоголів з загальною хімічною формулою C_2H_6O , яка вперше була встановлена в 1807 році.

В 1855 році етиловий спирт був синтезований з етилену, після чого було продовжена його формула CH_3CH_2OH відповідно цьому молекулярна маса етилового спирту становить 46,07.

Хімічні властивості етилового спирту визначається присутністю атома водню у гідроксильній групі, наявністю гідроксилу та властивостями радикалу CH_3-CH_2 .

При дії на етиловий спирт лужними металами водневий атом гідроксильної групи замінюється на метал, в результаті чого утворюються тверді зв'язки – алкоголяти, розчинність спирту. Загальна формула цих зв'язків C_2H_5OMe , де Me – метал легше всього утворюється алкоголят натрію C_2H_5ONa . Алкоголяти також утворюються при взаємодії етилового спирту з лужними металами, алюмінієм та залізом. При дії води на алкоголят знову утворюється спирт та гідрат оксиду металу.

При дії на етиловий спирт органічних або сильних мінеральних кислот, які містять кисень відбувається утворення важких ефірів (естерифікація). Так наприклад при взаємодії з оцтовою кислотою реакція йде по схемі:



в результаті чого утворюється оцтово етиловий ефір – етилацетат.

1.2 Методи отримання етилового спирту

Етиловий спирт можна отримати тільки двома різними методами.

1. Біохімічним методом, шляхом зброджування гексос або олігосахаридів дріжджами за рівнянням



2. Синтетичним методом, шляхом приєднання до етилену води в присутності каталізатора:

Отримання етилового спирту за першим з вказаних методів (біохімічним) включає два основних етапи: отримання спиртовмісної бражки і перегонку бражки з отриманням необхідного складу і якості спирту. При цьому, в залежності від використання сировини, виробляють харчовий і технічний спирт. При використанні в якості первинної сировини харчових продуктів отримують етиловий спирт, який використовується для харчових та медичних цілей, а при використанні не харчових продуктів – для технічних цілей.

Етиловий спирт який отримують синтетичним методом використовується тільки для технічних цілей [2,3].

Отриманий по першому (біохімічному) методу харчовий спирт можна отримувати з як з цукровмісної сировини (виноград, плоди і ягоди, меліси, цукрового буряку), так із крохмалевмісної сировини (картоплі, зернових культур), після попереднього оцукрення крохмалю.

Технічний спирт по першому біологічному методу отримують з деревини яка містить целюлозу, яка подібна крохмалю являє собою полісахарид ($C_6H_{10}O_5$) із якої в результаті гідролізу розбавленою сірчаною кислотою під тиском, утворюється глюкоза.

1.2.1 Отримання етилового спирту з винограду

Одним із самих простих методів отримання етилового спирту є отримання його з винограду і цукровмісних плодів і ягід.

Серед отриманих виноградних спиртів найбільшу вагу має коньячний спирт, з якого в результаті витримки в дубових бочках або в емальованих цистернах з розміченими в них дубовими заклепками отримують відповідним термінам витримки коньяки.

Коньячний спирт отримують в результаті перегонки коньячних виноматеріалів, які виробляють з білих, розових або червоних сортів винограду, які не мають ярко вираженого специфічного аромати і не мають ярко вираженого аромату інтенсивного кольору соку. Згідно діючим технологічним інструкціям на коньячне виробництво має направлятися виноград з масовою концентрацією цукру не менше 140 г/дм^3 і титруючих кислот не менше 6 г/дм^3 .

Виноград переробляють на потокових лініях, оснащених як центробіжними, так і валковими дробарками відокремлювачами. При цьому виноград спочатку роздушується відокремлюється від гребнів, а потім роздушена мезга направляється в спеціальні стікаючий прилад де робиться відокремлення суслу. Після відбору суслу по стікаючим приладам мезга поступає в преси, де відділяють дві-три пресові фракції суслу і виділяється добре віджата вижимка. Для виробництва коньячних виноматеріалів використовують тільки сусло і першу пресову фракцію суслу, які після 6-8 годинного відстоювання і освітлення на холоді при температурі не вище 10°C на протязі 12-15 годин направляють на бродіння.

Бродіння виноградного суслу роблять без застосування діоксиду сірки в резервуарах різної ємкості з попереднім введенням в нього 2% дріжджів. Бродіння виноградного суслу проводять при температурі $15-20^\circ\text{C}$, до повного збродження цукрів, відділяють виноматеріал на протязі 20-30 днів, знімають з дріжджового залишку і направляють на перегонку.

Готових коньячних виноматеріалів об'ємна доля спирту має бути не менше 8%, масова концентрація титруючих кислот не менше $4,5 \text{ г/дм}^3$, цукрів не більше $4,5 \text{ г/дм}^3$, летких кислот не більше $1,2 \text{ г/дм}^3$, загальної сірчаної кислоти не більше 15 мг/дм^3 , а допустима об'ємна доля дріжджів не більше 2%.

Перегонка коньячних виноматеріалів з отриманням коньячного спирту різко відрізняються від перегонки бражки з отриманням спирту-ректифіката. Ця відмінність полягає в тому, що при отриманні спирту-ректифікату намагаються при можливості повністю очистити його від летючих домішок, тоді як при отримання коньячних спиртів приймають міри до того, щоб зберегти в них

необхідну кількість альдегідів ефірів летючих кислот і вищих спиртів, так як при витримці спиртів вони забезпечують розвиток особливого аромату і смаку коньяк.

Для перегонки виноматеріалів на коньячний спирт використовують однозгінні і двозгінні апарати періодичної дії, а також колонні апарати неперервної дії.

На однозгінних апаратах в результаті разової перегонки виноматеріалу отримують послідовно головну, середню і хвостову фракцію дистиляту. При цьому головну фракцію, яку відбирають в кількості 1-3% від вмісту безводного спирту виділяють і направляють на ректифікацію; середню фракцію з об'ємною долею спирту 62-70% відбирають як коньячний спирт, а хвостову фракцію повертають в перегонку сировини.

На двозгінних апаратах в результаті перегонки виноматеріалу отримують спочатку спирт-сирець коньячний з об'ємною долею спирту 22-23%, який по мірі накопичування підлягає повторній перегонці з одержанням коньячного спирту і виділенням головних і хвостових фракцій.

При перегонці виноматеріалів на апаратах безперервної дії виділяють 1-3% головної фракції і отримують коньячний спирт з об'ємною долею спирту 62-70%. Спирт коньячний (молодий) повинний відповідати вимогам ТУ 10.04.05.38-88 і ГОСТ Р 51145-98, як показано в таблиці 1.1.

При переробці винограду, бродінні виноградного суслу і виготовленні різних вино матеріалів в якості відходів виділяється значна кількість цукро і спиртовмісних продуктів і з яких, згідно діючим технологічним інструкціям отримують етиловий спирт. В якості таких продуктів можна назвати цукровміну виноградну вижимку, різні дріжджові і гущові залишки, що отримані з незрілого винограду некондиційні виноматеріали, а також хворі і браковані виноматеріали і вина. Вказані продукти в разі наявності в них остаточного залишкового цукру та підлягають бродінню та перегонці з отриманням винних дистилятів, які повинні відповідати вимогам ГОСТ Р 51298-99 і викладеним в таблиці 1.1, а також спиртів етилових, виноградного сирця і ректифікованого. Спирту етилові виноградний сирець повинні відповідати вимогам ТУ 10.04.05.51-

89. Згідно ДСТУ 202.005-98, в результаті перегонки спирту сирцю з фракціонуванням або прямої перегонки спиртовмісної сировини отримують також спирт етиловий виноградний не ректифікований.

1.2.2 Отримання етилового спирту з меляси

Буряково цукрова меляса являється основною сировиною для виробництва спирту, хлібопекарських дріжджів, гліцерину, молочної та лимонної кислот.

Отримана на переробку меляса повинна мати 75% сухих речовин, суму зброджуваних речовин – 45%, загального азоту – 1,3, цукру – 0,5, при цьому мати рН вище 6,8, колір (по ФЕКу) не більше 40% до світлопропускання води.

Підготовку меляси до збродження здійснюють шляхом введення в неї сірчаної і соляної кислот до рН 5 або антисептиків не кислотої природи – хлорного вапна (0,5кг/т) формаліну 40%-го (0,15кг/т) або сульфоналу (70-100г/т). При антисептуванні мелясу розбавляють водою, при цьому добавляють живильні речовини в вигляді фосфорних та азотистих сполук. При цьому в якості джерела фосфору використовують технічну ортофосфорну кислоту в кількості 0,06% по масі мелясу добавляють карбамід (моче вину)-15-30кг або сульфат амонія-30-80кг на 1000дал спирту.

Після розбавлення водою харчових речовин отримане мелясне сусло направляють на бродіння. При бродінні сахароза меляси під дією ферменту дріжджів β -фруктофураназидази «сахарази» перетворюються в глюкозу та фруктозу, а після під дією комплексу ферментів – в етиловий спирт та вуглекислий газ. Бродіння мелясного сусла виконується одно потокове та двох потоковими способами.

Суть технологічної схеми одно поточного збродження мелясного сусла полягає в тому, що зі всієї меляси і яка підлягає збродженню готують мелясне сусло однією концентрацією (20 – 24% по цукрометру), на якому в батареї дріжд генераторів, які являють собою 5-6 ємкостей шляхом подачі чистої культури

дріжджів раси В або з апаратів цієї культури (АЧК) при постійному аеруванні під тиском розповсюджують виробничі дріжджі.

Таблиця 1.1 – Органолептичні і фізико-хімічні показники коньячного молодого і винного дистилляту

Показники	Характеристика	
	Спирт коньячний	Винний дистиллят
Колір	Без кольору або Світло солом'яний	
Смак та аромат	Характерні для коньячного спирту та винного дистилляту без сторонніх смаків і запахів	
Об'ємна доля етилового спирту, %	62 – 70	60 – 92
Масова концентрація вищих спиртів в перерахунку на ізоаміловий спирт, мг/см ³ безводного спирту	160 – 600	160 – 450
Масова концентрація альдегідів в перерахунку на оцтовий альдегід, мг/100см ³ безводного спирту	3 – 50	3 – 35
Масова концентрація середніх ефірів в перерахунку на оцтово-етиловий ефір, мг/100см ³ безводного спирту	50 – 250	30 – 200
Масова концентрація летучих кислот в перерахунку на оцтову кислоту, мг/100см ³ безводного спирту, не більше	80	80
Масова концентрація фурфуролу, мг/100см ³ , не більше	3	3

Продовження таблиці 1.1

Масова концентрація метилового спирту г/дм ³ , не більше	1,2	1,5
Масова концентрація міді мг\дм ³ , не більше	8	-
Масова концентрація загальної сірчаної кислоти, мг/дм ³ , не більше	45	45

Утворившись в дріжджі генераторі дріжджі направляються в батарею які повинні мати наступні показники: видима концентрація сухих речовин – 15-175% по цукроміру, кислотність – 0,4-0,5°, рН 5,0-5,2, вміст спирту 2,5-3,6% об., концентрація дріжджів 16-18 г/л.

Зрілі виробничі дріжджі з дріжджі генераторі потрапляють в бродильну батарею, де при не перервному перемішуванні зброджуються при температурі 28-30°С на протязі 18-20 годин затриманням дозрілою бражки. Отриману зрілу бражку подають через фільтр на дріжджові сепаратори, де отримують дріжджову суспензію яка використовується для отримання хлібопекарських дріжджів.

По дво поточній схемі зброджування меляси виробляють поділяють її на дві частини. Одну частину меляси антисептують, збагачують її харчовими речовинами та розбавляють водою до концентрації дріжджового суслу 12%.

Другу частину меляси без будь-якої підготовки розбавляють водою до концентрації 32-34% по цукроміру та отримують основне мелясне сусло, яке направляють в головний бродильний апарат батареї, де змішують його з виробничими дріжджами в співвідношенні 1:1 і зброджують отриману з суміш в батареї бродіння в отриманні зрілої бражки [3].

1.2.3 Отримання етилового спирту з зерна та картоплі

В зв'язку з тим, що крохмаль, у відмінності з сахарозою, під дією дріжджів не зброджуються, при отриманні спирту з крохмалю, який міститься в зерні і

картоплі, необхідно його оцукрення. Крохмаль оцукрюють амілолітичними ферментами солоду, для отримання солоду зерно замочують, пророщують подрібнюють і змішують з водою для отримання солодового молочка також замість солоду для оцукрення крохмалю використовують культури плісняви грибів, або концентровані ферментні препарати.

Переробку картоплі та зерна в спирт ведуть по схемі яка включає наступні технологічні процеси.

Перед подачею в виробництво зерно його очищають на повітряно-ситових та магнітних сепараторів, а картоплю очищують від домішків миючи в картоплемийках.

Очищене зерно подрібнюють на валкових, молоткових, дезінтеграторних або на других дробарках, а картоплю – на молоткових дробарках або картопле тертках.

Подрібнену сировину змішують з водою та отримують зерновий заміс або картопляну кашу. При цьому до подрібненого зерна добавляють 270-300% води, а до картопляної каші 15-20% води по масі сировини з таким розрахунком, щоб концентрації зброджуваних речовин в замісі забезпечувала скупчення в зрілій бражці спирту не більше 10% об.

Потім проходить розварювання зерна або картоплі в спеціальних апаратах при температурі 100-175°C в залежності від степеню його помелу та часу попереднього його обробки при цьому відбувається розчинення кліток ендосперм та видалення крохмалю в міжклітинний простір з наступною його клейстеризацією та розчиненням.

Розварену масу охолоджують в теплообмінниках або у вакуум охолоджувачах до 57-58 °С, після чого її оцукрюють шляхом добавлення солодового молока або розчином ферментних препаратів. Якщо оцукрену масу оцукрюють солодовим молоком, то крохмаль гідролізується на 70-75% до мальтози і глюкози і на 25-30% до декстринів, до оцукрюються декстринозою солоду або глюкоамілазою ферментних препаратів в час спиртового бродіння сусла. Сусло, отримане при оцукрюванні солодом, містить 71-76% мальтози і 24-

29% глюкози від суми зароджуваних цукрів, а оцукрене ферментними препаратами – звісно 14-21 і 79-86%. Вміст розчинених речовин в оцукреному суслі виражене в масових відсотках, повинно знаходитись в межах 16-18%, в тому числі 13-15% зброджуваних речовин, а кислотність сусла повинна бути 0,2-0,3°. Ступінь оцукрення визначають реакцією проби сусло з йодом: при пробі на йод сусло не повинно мати красний або фіолетовий колір.

Після оцукрювання основну частину отриманого сусла охолоджують до 24-26°C і направляють на батарею для зброджування, а частину неохолодженого сусла при температурі оцукрювання перекачують в дрожжанки для приготування засівних дріжджів і в збудників для вирощування дріжджів. При зброджуванні дріжджового сусла до пониження в ньому сухих речовин на 2/3 початкової концентрації отримують продовольчі дріжджі, які направляють в бродильну батарею для зброджування основного сусла.

1.2.4 Отримання етилового сусла з цукрового буряка

Цукровий буряк переробляють в спирт двома способами: дифузійним – шляхом вилучення сахарози з буряка шляхом дифузії і розпаренням.

При цьому методі отримують дифузійний сок, а при другому – розварений буряк, який потім зброджують дріжджами в зрілу бражку.

Вилучення з буряка кліткового соку, який містить цукор і інші водорозчинні речовини, шляхом дифузії можна тільки після коагуляції протиплазми клітин, який настає при температурі не менше 60°.

Технологічна схема отримання спирту з цукрового буряка шляхом дифузії включає наступні основні процеси: підготовка цукрового буряка до вилучення з неї сахарози методом дифузії, обробка дифузійного соку і зброджування, перегонка зрілої бражки. Призначену для переробки цукровий буряк спочатку мульчують на цукро різках з отриманням стружки – довгих і тоненьких смужок визначеної форми. При цьому з зменшенням розміру бурякової стружки

швидкість дифузії збільшується. Досить велика стружка небажана, так як це погіршує циркуляцію дифузійного шару.

Отриману бурякову стружку нагрівають до температури не менше 60°C і направляють її в головний апарат дифузійної батареї або в безперервно діючу дифузійну установку.

Для збродження бурякового затору приймають дріжджі раси XII, розмноження на розвареному буряку з додаванням солоду або мінерального харчування і підкисленої сірчаної кислоти до кислотності 0,7 – 0,8°. Кількість дріжджів складає 8-10%.

При переробці цукрового буряка, меляси і другого цукро- і крохмаль вмісної сировини в результаті перегонки бражки отримують спирт етиловий сирець, спирт етиловий ректифікований, спирт етиловий ректифікований з меляси високоякісної, спирт етиловий ректифікований «Пшенична сльоза», а також спирт етиловий ректифікований технічний [2,3,4].

1.3 Використання етилового спирту

Етиловий спирт являється одним з найважливіших продуктів, який використовується як основна чи допоміжна сировина в багатьох різних галузях – хімічної, електротехнічної, парфумерної, харчової, фармацевтичної, військових та інших. Більше 150 виробництв використовують спирт як сировину та допоміжний матеріал. Етиловий спирт використовують для отримання синтетичного каучуку, діетилового ефіру, оцтового ефіру, етиллактата, ацетальдегіда, хлористого етилена та багатьох інших хімічних речовин. Як розчинник спирт використовують у виробництві бездимного порошу, синтетичного волокна, штучного шовку, штучної шкіри, пластикових мас, не розбійного скла, фото та кіноплівки, лаків, фарб та інших продуктів. Етиловий спирт також використовується як моторне паливо та як антифриз для зниження точки замерзання води. В значних кількостях спирт використовується для приготування медичних препаратів, ліків та дезінфікуючих препаратів.

Етиловий спирт використовується для приготування лікєро-горілочаних виробів та вин.

А також використовується побічні продукти спиртового виробництва, такі як ефіро-альдегідна фракція та сивушне масло, які виділяються при перегонці спиртовмісних продуктів бродіння на ректифікаційній установці. Ефіро-альдегідну фракцію використовують в лакофарбу вальній промисловості. Сивушне масло використовується як цінна сировина для виробництва ряду хімічних продуктів. На базі вмісту в ньому вищих спиртів; на збагачених фабриках для флотації кольорових металів, як розчинник в лакофарбу вальній промисловості, як реактив для визначення жирності молока і для отримання ряду ароматичних речовин.

В залежності від початкової речовини і цілей використання спиртової продукції розрізняють технічний і харчовий етилові спирти.

Технічний спирт отримують з деревини (гідролізний спирт), сульфатних лугів (сульфітний спирт), з газів які містять етилен (синтетичний спирт) і використовують тільки для технічних цілей.

Харчовий спирт отримують тільки з харчових продуктів (винограду, картоплі, зернових злаків, сахарного буряка і меляси) і використовують для виготовлення алкогольних напоїв (коньяку, горілки, настоянок, лікерів), кріплення виноградних і плодово-ягідних вин, в приготуванні парфумерних препаратів, в медично-фармацевтичній промисловості і для виготовлення харчового оцету. Основними споживачами такого спирту є лікєро-горілочана (60-62% від загального його використання) і винодільна (30-35%) промисловості.

З усього об'єму виготовлених спиртовою промисловістю етилових спиртів харчового спирту використовується близько 40%, а технічного – 60%. При цьому виготовлення харчового спирту з буряка складає біля 10%, картоплі – 10%, зерна – 30% и бурякової меляси – більше 50%. При виготовленні технічного спирту гідролізного і сульфітного спирту виробляється біля 30%, а синтетичного спирту – біля 70%.

З виробляєм спиртів саму високу собівартість має етоловий спирт, який ми отримуємо з харчової сировини, і саму низьку собівартість має синтетичний спирт. При цьому собівартість синтетичного спирту складає біля 26%, сульфїтного – 42% і гїдролїзного – 70% від собівартості спирту з харчової сировини.

В зв'язку з тим, що в останній час інтенсивного виготовлення харчового спирту з бурякової меляси і виготовлення технічного спирту штучним способом і біохїмічним способом з сульфатних лугів [5].

Загальна схема спиртового виробництва представлена у додатку Б. Виробництво етилового спирту з крохмалевмісної сировини має основні стадії:

- приймання і зберігання сировини та ферментних препаратів;
- підготовка сировини до переробки;
 - водно-теплова і термо ферментативна обробка сировини;
 - зброджування сусла.

1.4 Характеристика дозрілої спиртової бражки

Дозрілі бражки, отримані при термоферментативній обробці з використанням концентрованих ферментних препаратів, повинні відповідати санітарним нормам та правил безпеки, затверджених у встановленому порядку.

За фізико-хімічними показниками вони повинні відповідати її вимогам, вказаним в таблиці 1.1.

Процес зброджування при переробці крохмалевмісної сировини контролюється за величиною видимої густини бражки. Видима густина зрілої бражки складає: для пшениці – 0,0 – 0,4; жита +0,7; кукурудза –0,4; ячменю –0,7; проса –0,2; вівса –0,9; сорго +0,2; картоплі +0,2.

1.5 Сировина, напівфабрикати та матеріали

Сировина, напівфабрикати та матеріали, які використовуються для виробництва етилового спирту повинні відповідати вимогам діючих стандартів або технічних умов .

Основною крохмалевмісною сировиною для виробництва спирту є:

- пшениця згідно;
- кукурудза згідно;
- жито згідно;
- просо згідно;
- сорго згідно;
- згідно діючої нормативної документації;
- картопля згідно.

Для проведення технологічного процесу використовуються:

- вода питна згідно;
- сульфатна кислота згідно;
- сульфатна кислота акумуляторна згідно;
- хлорне вапно згідно;
- формалін технічний згідно;
- карбамід згідно;
- діамоній фосфат згідно;
- каморан МІ 100 згідно діючої нормативної документації;
- дезактин ТУ У 22920528.002-97;
- концентровані ферментні препарати за нормативною документацією виробника;
- фільтрат барди - відходи спиртового виробництва.

При виробництві спирту допускається використання, як повноцінного зерна, так і дефектного. В таблиці 1.2 проведена характеристика дефектного зерна.

Із всіх видів сировини, яка поступає для виробництва спирту, картопля найбільше відповідає технологічним вимогам: швидко розварюється, утворює достатньо рухливу розварену масу, яка містить необхідну кількість поживних

речовин для дріжджів, дає найбільш високий вихід спирту. Хімічний склад бульб картоплі змінюється в залежності від сорту, ґрунто кліматичних умов, агротехніки і умов зберігання. В таблиці 1.2 наведені фізико-хімічні показники картоплі, яка може використовуватися для переробки на спирт.

Таблиця 1.2 - Фізико-хімічні показники технічної картоплі

Найменування показників	Норми на картоплю
Метод відбору проб	
Зовнішній вигляд	Клубні повинні бути цілими, сухими без захворювань
Крохмалистість %	13 – 16
– позеленілих бульб із наростами	Без обмеження
– зів'ялих бульб	Без обмеження
– дрібних бульб, від 20 до 30 мм (за найбільшим поперечним діаметром) в % до ваги, не більше	5
– бульб з механічними пошкодженнями, глибиною більше 5мм або розрізаних і тріснутих з пошкодженням довжиною більше 20 мм. в % до ваги, не більше	2
– роздавлених бульб	Не припускається
– бульб пошкоджених сільськогосподарськими шкідниками	Без обмеження
– бульб, пошкоджених хворобами:	Без обмеження
– сухою гниллю, фітофторою і іржавістю	2
Наявність ґрунту, який прилип до бульб, % до ваги	1.5
Наявність сторонніх домішок (солома, бадилля та інші)	Не припускається

Для більш глибокого гідролізу складових частин сировини та оптимізації технології приготування бражки необхідні різноманітні за специфікою дії ферменти або їх комплекси.

Використання термостабільних амілаз дозволяє значно спростити технологію спиртових бражок та суттєво скоротити питомі витрати енергоносіїв.

Протеази сприяють гідролізу білків до амінокислот, які необхідні для життєдіяльності дріжджів, а також заважають утворенню білкового осаду на тарілках бражних колон.

Мальто генні амілази використовуються як розріджуючі та одночасно оцукрюючий засіб, що сприяє скороченню терміну бродіння.

Целюлозо літичні ферменти розщеплюють некрохмальні полі цукриди, сприяють зменшенню в'язкості замісів та підвищують вихід спирту.

Сухі спиртові дріжджі характеризуються стійкістю до алкоголю та високої температури – до 39-40 °С.

Зброджування сусла проводять при температурі 32-37°С. Оптимальна температура культивування виробничих дріжджів - 30-32°.

Термін зброджування складає 64-72 год.

Для зброджування сусла сухі спиртові дріжджі можливо задавати безпосередньо в бродильний апарат, або готувати виробничі дріжджі. Але бродильна активність цих дріжджів зберігається лише протягом 15-20 генерацій.

Дозування сухих спиртових дріжджів на 1 м³ сусла вказано на упаковці і залежить від фірми, яка їх випускає.

Сухі дріжджі в основному випускають у вакуум упаковці і завдяки цьому вони зберігають тривалий час біосинтетичну та бродильну активність.

1.6 Допоміжні матеріали

Вода. В технології отримання спирту із зерна використовують:

– питну воду - для приготування розчинів ферментних препаратів, замісу та поживних середовищ для вирощування виробничих дріжджів.

– технічну воду - для миття обладнання та в якості охолоджуючого агенту.

Оскільки питна вода безпосередньо використовується в технологічних процесах, входить до складу напівпродуктів і спирту, якість її повинна

відповідати вимогам [1]. Основні вимоги до якості питної води наведені в таблиці 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.3 - Основні вимоги до якості питної води

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Показника
Запах при 20 °С і при підігріві води до 60 °С, не більше	Дал	2
Присмак при 20 °С, не більше	Дал	2
Колірність, не більше	Градусів	20
Мутність за стандартною Шкалою, не більше	Мг/дм ³	1,5
Загальна жорсткість, не більше	мг-екв/дм ³	7
Вміст, не більше:	мг/дм ³	
Хлоридів		350
Сульфатів		500
Заліза		0,3
Марганцю		0,1
Міді		1,0
Цинку		5,0
Щільний осад, не більше		1000
Мікробіологічна чистота, в 1 мл не більше колоній		300

Необхідно зауважити, що до замісу допускається додавання до 30% фугату після спиртової барди. Використання фугату барди знижує величину рН, підвищує буферність замісу та сусла в процесі зброджування, є джерелом поживних речовин для дріжджів.

Завдяки високій антисептичній активності (вище хлорного вапна в 10-15 разів) препарат успішно використовують і для санітарної обробки внутрішніх поверхонь обладнання, трубопроводів при відсутності або замість хлорного вапна.

Являє собою композицію на основі похідних. Порошок з вмістом води не більше 0,3%, розчинний в воді, не діє на алюміній, залізо, емаль і бетон в концентрації від 0,05 до 0,5%. Містить 15,1-16,5% активного хлору.. Зберігають в закритому складському приміщенні на відстані від джерел тепла.

Формалін технічний [1-5] 37% водний розчин формальдегіду. Молекулярна маса 30,03. Застосовується для дезінфекції технологічного устаткування і трубопроводів. Формалін випускається двох марок: ФМ і ФБМ. Якщо при зберіганні випадає осад, то формалін в ємкості підігривають до температури не вище 50°C на закритому вогні і витримують в цих умовах до повного розчину осаду.

Таблиці 1.4. - Фізико-хімічні показники технічної води.

Технічна вода повинна відповідати таким вимогам:		
Значення рН, не менше		5,0
Жорсткість, не вище	мг-екв/дм ³	12
Вміст аміаку, не більше	мг/дм ³	200
Зважених речовин, не більше	мг/дм	100-150
Відсутність корозійної активності, солей важких металів (ртуті, свинцю) барію)		
Сульфатів, хлоридів, двовуглекислих солей, не більше	мг/дм ³	300-400
	мг/дм	200
Нітритів, нітратів, фосфатів, силікатів, не більше	мг О ₂ /дм ³	і
	мг О ₂ /дм ³	85-100
ХПК не більше	мг О ₂ /дм ³	40-50
БПК не більше		

Кислота сірчана технічна. Використовується для підкислення сусла для дріжджів, містить не менше 92,5% моногідрату. Не повинна мати окислів азоту, миш'яку та свинцю. Первозяться та зберігають сірчану кислоту в сталевих цистернах.

Хлорне вапно. Використовують в якості антисептику санітарної обробки технологічного обладнання, приміщень і т. п. Являє собою білий порошок з вмістом активного хлору в кількості 32-35%. Транспортують і зберігають в дерев'яній тарі або поліетиленових мішках.

Карбамід. Використовують в якості джерела азотного живлення при вирощуванні виробничих дріжджів. Виготовляється в кристалічному та гранульованому вигляді.

Кислота ортофосфорна технічна. Використовують як джерело фосфору для дріжджів. Безколірна рідина густиною 1,586, вміст H_3PO_4 не менш 70%. Транспортують в сталевих залізничних цистернах з антикорозійним покриттям, або в скляних бутлях місткістю 20-30 дм³, що вставляються в дерев'яні клітини та обкладають стружкою та соломою. Зберігають кислоту в холодних приміщеннях, враховують і дозують в перерахунку на 70%-ву.

Діамоній фосфат технічний для харчової промисловості. Додають в якості джерела азотного та фосфорного живлення. Це біла сіль, що містить не менше 50% P_2O_5 і 22% NH_3 . Розчинність при 50°C - 89,2 г/ 100см³ води. Пакують ДАФ в бітумовані крафт-мішки масою 50 кг, зберігають в сухому складі. ДАФ дозують за умовною 70% H_3PO_4 і за вмістом азоту.

Каморан MJ 100. Використовують в якості антисептику для пригнічення сторонньої мікрофлори сусла і бражки спиртового виробництва, особливо в умовах низькотемпературного розпарювання сировини. Являє собою суміш антисептику з поверхнево-активною речовиною "сурфактант" та іншими інертними інгредієнтами.

Виробляється компанією "Еллі Ліллі" (США). Норма витрат Каморана - 300 г на 1000 дал спирту.

Кукурудзяний екстракт згущений. Використовують в якості стимулятора росту дріжджів на стадіях отримання засівних і виробничих дріжджів. Це побічний продукт виробництва кукурудзяного крохмалю. Являє собою коричневу рідину середньої густини з запахом свіжого хліба; вміст сухих речовин - 48-50%. В кукурудзяному екстракті містяться в основному, амінокислоти, вітаміни, ростові речовини та інші сполуки. Питома вага - 1,3, добре розчинний в воді.

Транспортують в цистернах залізничним транспортом, зберігають в складських приміщеннях при температурі +2...+5 °С.

Фільтрат барди. Фільтрат барди отримують з після спиртової барди шляхом вилучення з неї твердої нерозчиненої фази. Барда є складною полідисперсною системою, сухі речовини в якій знаходяться у зв'язаному стані.

При переробці на спирт крохмалевмісної сировини в барду переходять сухі речовини бражки, за виключенням вуглеводів, із яких утворюється спирт, вуглекислий газ і інші леткі продукти. Зерно картопляна барда містить в середньому 92 % води та 8 % сухих речовин і має кислу реакцію з рН 4,2 - 4,6.

Сухі речовини барди складаються на 35 – 45 % із нерозчинних речовин і на 55 – 65 % – із розчинних. Відносна густина барди коливається від 1,02 до 1,08 і в середньому дорівнює 1,03. Вихід барди складає 120 – 125л і дал спирту при міцності бражки 8 – 9% об.

1.7 Приймання, транспортування, зберігання сировини та допоміжних матеріалів

Транспортування, зберігання сировини та допоміжних матеріалів повинні виконуватися згідно "Правил безпеки для спиртового та лікєро-горілочного виробництва".

На початку виробництва в сховищах накопичують необхідну для безперервного виробництва кількість зерна. По мірі його витрати запас зерна поповнюють.

Контроль за якістю при зберіганні зерна здійснюють відповідно "Інструкції по зберіганню зернового сировини на складах спиртових заводів".

Зерно очищують в заводських умовах на зерноочисних пристроях при заборі зерна з сховищ для технологічних потреб.

1.8 Матеріальні розрахунки. Норми витрат сировини

Норми витрати сировини, оцукрюючих та допоміжних матеріалів залежать від технологічної схеми виробництва, якості оцукрюючих матеріалів. Норми втрати сировини розраховуються за нормативним виходом спирту з 1 т умовного крохмалю, який для пшениці, наприклад, складає 65,7 дал. З урахуванням нормативної надбавки (0,7 дал до виходу спирту) при повній заміні солоду ферментними препаратами сумарний вихід буде становити 66,4 дал спирту з 1 т умовного крохмалю пшениці.

Приклад розрахунку витрати сировини:

Переробляється пшениця з вмістом крохмалю 52%. Для оцукрених використовують ферментні препарати мікробного походження.

На 100 дал спирту потрібна така кількість крохмалю:

$$V = \frac{100}{66,4 \cdot 0,985} = 1526 \text{ кг} = 1,529 \text{ (т)}$$

де 0,985 – коефіцієнт переводу крохмалю в умовний крохмаль. Витрата пшениці при цьому складає – $1,529:0,52 = 2,94$ т.

Витрата ферментного препарату розраховується в залежності від використаної сировини.

Наприклад, при переробці пшениці витрата ферментів Термаміл 120L та Сан-Супер 240 L, складає, відповідно, 200 см³ та 1000см³ на 1т крохмалю. Для отримання 100 дал спирту необхідно:

Термамілу 120 L - 0,31 дм⁰, Сан-Суперу 240 L - 1,53 дм³.

Витрати води на окремих стадіях технологічного процесу при переробці різної сировини та використанні ферментних препаратів [4-10]. Для розрахунків при системі з послідовним водовикористанням витрат води на 100 дал спирту може бути прийнята за середньорічними нормами, які переробці зерна становлять 146,2 м³ в тому числі питної – 44,2 м³.

Коефіцієнт зміни середньорічної норми при переробці зерна становить влітку – 1,39; взимку – 0,77.

Для приготування замісу використовують фугат після спиртової барди в кількості 25% у суміші з питною водою з колектору та гарячою водою.

Температура суміші повинна бути на рівні 50 – 60°C. Співвідношення кількостей води та помелу в даному прикладі розрахунку приймаємо 2:1. Звідси витрата води на приготування замісу для отримання 100 дал спирту становить.

$$V=2831,5-3,2 = 9060,8 \text{ (кг)}.$$

Загальна кількість замісу:

$$V=2831,5+9060,8 = 11892,3 \text{ (кг)}.$$

Температура пшениці після подрібнення приймається 20°C. Кількість тепла, введеного в заміс з помелом (Q₁), водою (Q₂) і фугатом барди (Q₃)

$$Q_1 = Q_{\text{помелу}} \cdot 1,5 \cdot 20 = 2831,5 \cdot 1,5 \cdot 20 = 84945 \text{ (кДж)},$$

де: Q - кількість помелу, кг;

1,5 - теплоємність помелу, кДж/кг-град;

20 - температура помелу, °C.

$$Q_2 = Q_{\text{води}} \cdot 4,2 \cdot 55 = 7260,8 \cdot 4,2 \cdot 55 = 1\,677\,245 \text{ (кДж)},$$

де: 4,2 - теплоємність води, кДж/кг-град;

55 - температура води, °C.

$$Q_3 = Q_{\text{фугату барди}} \cdot 4,2 \cdot 90 = 1800 \cdot 4,2 \cdot 90 = 680400 \text{ (кДж)};$$

$$Q_{\text{замісу}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 84945 + 1677245 + 680400 = 2442590 \text{ (кДж)}.$$

Вміст сухих речовин в замісі

$$w = \frac{2435.09 + 36}{11892.3} \cdot 100 = 20.7\%$$

де: 36 - кількість сухих речовин, що внесли з фугатом барди, концентрація

СР в якому 2% (1800 · 0,02). Теплоємність замісу:

$$C_{\text{замісу}} = C_{\text{сухих речовин}} \cdot 0,207 + C_{\text{води}} \cdot 0,793 = 1,74 \text{кДж/кг} \cdot \text{град} \cdot 0,207 \text{кДж/'кг-град} + 4,2 \text{кДж/кг} \cdot \text{град} \cdot 0,793 = 3,69 \text{кДж/кг-град}$$

Температура замісу в змішувачі

$$t^0 = \frac{Q}{11892.3 \cdot 3.69} = \frac{2442590}{43169} = 55.7^{\circ} \text{C}$$

В даному розрахунку для розрідження замісу на стадії його приготування задають всю нормативну кількість розріджуючого ферменту Термамил 120L. Отже, в збірник для приготування замісу необхідно додати розчин ферменту (розведений у співвідношенні 1 частина ферменту > 9 води) в кількості 0,31-10-3,1 дм³. Кількість замісу з додаванням розчину ферменту 11892,3 + 3,1 - 11895,4 кг.

Витрати гострої пари тиском 0,3 МПа, необхідної для нагрівання замісу в контактній головці від 55°C до 95°C, становлять:

$$m = \frac{11895 \cdot 3.69 \cdot (95 - 55) \cdot 1.021}{2739 - 398} = 766.2 \text{ (кг)},$$

де: 398 - ентальпія конденсату пари при 95°C, кДж/кг -град.

Кількість замісу в апараті термо ферментативної обробки

$$m=11895 + 766,2= 12661,2 \text{ (кг)}.$$

Оскільки при знаходженні маси в апаратах термо ферментативної обробки мають місце втрати тепла (перепад температури з 95°C до 91- 90°C), для підтримання температури маси 95°C необхідні додаткові витрати пари тиском 0,3МПа, в кількості:

$$m = \frac{12661,6 \cdot 3,69 \cdot (95 - 90) \cdot 1,04}{2739 - 398} = 103,8 \text{ (кг)},$$

де: 2739 - ентальпія пари при 0,3 МПа, кДж/кг-град.

Кількість замісу, що виходить з апарату ТФО:

$$m=12661,2+103,8= 12765,0 \text{ (кг)}$$

В залежності від технологічної схеми заводу охолодження сусла може здійснюватися як у теплообмінниках різної конструкції, так і за рахунок зниження тиску з одночасним оцукренням у вакуум-оцукрювачі. В даному розрахунку передбачено охолодження розрідженої маси під вакуумом з одночасним її оцукренням.

Маса з апарату ТФО по обвідній трубі, через паро сепаратор витримував поступає в вакуум-випарник. В ньому за рахунок вакууму температура маси знижується з 95°C до 54~56°C. то є оптимальною температурою для дії ферментного препарату Сан-Супер 240-Ц і її підтримують на цьому рівні.

Кількість тепла, що відводиться від сусла при зниженні температури до 28°C:

$$Q=0504.3 \cdot 3,69 \cdot (56 - 28) - 1085304.3 \text{ (кДж/кг град)}.$$

Витрата охолоджуючої води:

$$V = \frac{1085304.3}{4.2 \cdot (35 - 25)} = 25840 \text{ кг} = 25,8 (\text{м}^3)$$

де 35 і 25 - температура охолоджуючої води, відповідно, на виході та вході в теплообмінник, °С.

Витрати гострої пари ($P = 0,3$ МПа) на підігрів сусла в збірнику-пастеризаторі від 56 до 85°С:

$$m = \frac{1432.4 \cdot 3.69 \cdot (85 - 56) \cdot 1.04}{2739 \cdot 603} = 74.6 (\text{кг}),$$

де: 603 - ентальпія конденсату пари при 143°С, кДж/кг град.

Приймаємо до розрахунку середню температуру охолоджуючої води 22,5°С.

Кількість тепла, яке потрібно відвести від сусла, що охолоджують з 85°С до 22-24°С

$$Q = 1432,4 \cdot 3,69 \cdot (85 - 23) = 327704.5 \text{ (кДж/'кг-ірад)}.$$

Витрати охолоджуючої води

$$V = \frac{327704.5}{4.2 \cdot (30 - 22.5)} = 10.4 (\text{м}^3).$$

Витрати вуглеводів на спирто утворення і накопичення біомаси дріжджів при вирощуванні:

$$m = \frac{1432,4 \cdot 1,1 \cdot (16 - 5)}{100} = 173,3 (\text{кг}),$$

де: 1432,4 – кількість сусла, взятого на дріжджі, кг;

1,1 – коефіцієнт, що враховує збільшення маси в дріжджів за рахунок внесення засівних дріжджів;

16,0 – початкова концентрація сухих речовин сусла, % мас;

5,0 – концентрація сухих речовин після вирощування виробничих дріжджів, % мас. При вирощуванні дріжджів виділяється діоксид вуглецю:

$$m = \frac{173.3 \cdot 65.7 \cdot 1.002 \cdot 0.7893 \cdot 0.9554}{100} = 86.0(\text{кг}),$$

де: 1,002 - коефіцієнт, що враховує втрати спирту при перегонці бражки;
0,7893 - густина безводного спирту, кг/дм³,

0,9554 - вихід вуглецю, кг/кг спирту.

Маса виробничих дріжджів дорівнює:

$$m = 1432 - 86,0 = 1346,4 \text{ (кг)}.$$

Усього в бродильне відділення надходить:

$$m = 10504.3 + 1346.4 + \frac{10504.3 \cdot 0.5}{100} + \frac{1346.4 \cdot 2.5}{100} = 11936.8(\text{кг}),$$

де: 10504,3 - кількість сусла, кг;

1346,4 - кількість дріжджів, кг;

0,5 - кількість води для сусла, %;

2,5 - кількість води для дріжджів, %.

Вихід вуглецю становить:

$$m = 789,27 \cdot 0,9554 = 754 \text{ (кг/100дал)},$$

де: 789,27 - маса 100 дал безводного спирту, кг.

Кількість водно-спиртової рідини, що надходить від спирто вловлювача у бражку:

$$m = 11936,9 \cdot 4,5 : 100 = 537,2 \text{ (кг)},$$

де: 4,5 - кількість водно-спиртової рідини, % до об'єму бражки.

Кількість дозрілої бражки:

$$m=11936,9 - 754,1 + 537,2 = 11720 \text{ (кг)}.$$

З урахуванням втрат спирту при перегонці (0,2%) його кількість у зрілій бражці буде становити:

$$V=100 + 100 \cdot 0,002 \cdot 100,2 \text{ дал} = 1002 \text{ (дм}^3\text{)},$$

$$\text{або } 1002 : 0,78927 = 790,0 \text{ (кг)}.$$

де: 0,78927 – густина безводного спирту, кг/дм'.

Об'єм дозрілої бражки при густині 1,00993 складає:

$$V=11720 : 1,00993 = 11604,8 \text{ (дм}^3\text{)}.$$

Вміст спирту в дозрілій бражці:

$$w=1002 \cdot 100 : 11604,8 = 8,6\% \text{ об.}$$

Усього бражки надійде до браго ректифікаційного відділення з урахуванням розведення її водою при звільнених бродильних апаратів:

$$V=11604,8 + 11604,8 \cdot 0,5 : 100 = 11662,8 \text{ (дм}^3\text{)},$$

де: 0,5 — кількість промивних вод при митті, % до об'єму бражки.

При продуктивності заводу 2000 дал на добу за 24 години до бродильного відділення надійде:

$$V=11936,7 \cdot 20 = 238734 \text{ кг} = 240 \text{ (м}^3\text{)}.$$

З урахуванням того, що використовується у періодичний спосіб бродіння, на кожен добу необхідно мати бродильну апаратуру геометричною ємкістю:

$$V=240:0,8 = 300(\text{м}^3),$$

тобто 3 апарати по 100 м³. Сумарна потреба у бродильних апаратах –

$$3 \cdot (72 : 24) + 1_{\text{передаючий}} = 10 \text{ штук.}$$

При кількості суслу для засівних дріжджів 12% від його об'єму у бродильному апаратів добова потреба у ньому складає:

$$V=1432,4 \cdot 20 = 28648 \text{ кг} = 28,7 (\text{м}^3).$$

При коефіцієнті заповнення дріжджами 0,8 сумарна геометрична ємкість становить $28,7 : 0,8 = 36,0 \text{ м}^3$.

Відповідно, для зброджування трьох бродильних апаратів за добу необхідно мати 3 дріжджами ємкістю не менше $36 : 3 = 12 \text{ кг}$ кожна.

Оскільки через кожні 22-24 години дріжджами звільнююють від виробничих дріжджів і готують до наступного їх культивування. При наявності однієї дріжджами для пастеризації суслу 4 дріжджами можна обслуговувати 10 бродильних апаратів.

1.9 Приготування спиртової бражки з оцукрюванням розрідженого замісу

Зерно, що надходить на виробництво, зберігається у зерносховищах різних типів.

Всі зернові культури, які поступають на виробництво, очищують від пилу, ґрунту, камінців, металевих та інших домішок на зернових магнітних сепараторах чи зерноочисних машинах з магнітним пристроєм.

В очищеному зерні, яке іде на переробку, вміст металевих домішок не допускається, а смітних – не більше 1 %.

Очищене зерно подають на подрібнення. Подрібнення зерна проводять на молоткових дробарках, вальцових станках чи дезінтеграторах. Надходження зерна на подрібнення регулюють в залежності від потужності заводу спеціальним пристроєм, що входить в схему дробильного відділення.

Для низькотемпературної обробки зерно необхідно тонко подрібнювати, оскільки якість і рівномірність помелу, в значній мірі, обумовлює температуру та термін термо ферментативної обробки сировини і рівень втрат вуглеводів, що зброджуються. Прохід через сито з діаметром отворів 1 мм повинен становити не менше 80 %.

При переробці картоплі її миють, очищують від камінців, соломи, ґрунту. Залишкова кількість забрудненості не повинна перевищувати 0,25%.

Помиту картоплю подрібнюють на молоткових дробарках чи картопляних терках. Ступінь подрібнення повинен характеризуватися повною відсутністю частинок, які залишаються після промивки кашки водою на ситі з розміром отворів 3 мм.

Подрібнене зерно подається в збірник замісу, де при постійному перемішуванні проходить приготування замісу. В змішувач безперервно подають гарячу воду та фільтрат барди в кількості 20-30% до об'єму води для замісу. Співвідношення подрібненого зерна та води становить 1:2,5 – 1:3.5. Температуру замісу підтримують у межах 40 – 70°C. При такій температурі відбувається часткова крохмалю сировини. В'язкість замісу зростає. Необхідну температуру замісу підтримують шляхом змішування певних об'ємів холодної і гарячої води. Для підтримування потрібної кількості води з необхідною температурою встановлюють витратомір, я також засоби автоматичного регулювання.

Для ефективного змішування помелу з водою використовують перемішуючий пристрій.

Для розрідження замісу та забезпечення його транспортування по трубопроводах, в змішувач задають термостабільний розріджуючий ферментний препарат α -амілазу.

Для кращого дозування та контакту з замісом концентровані ферментні препарати розбавляють питною водою у співвідношенні: 1:5; 1:10. У змішувачі, завдяки дії розріджуючого ферменту, проходить частковий гідроліз крохмалю, в'язкість замісу зменшується.

Частково розріджений заміс із змішувача насосом подають в контактну головку, де він підігрівається до температури 90-100°C.

Підігріта маса із контактної головки направляється в апарат термоферментативної обробки, де вона витримується при температурі 70-93°C. При постійному механічному перемішуванні.

Час перебування замісу у апараті термо ферментативної обробки при оптимальній температурі в ньому залежить від виду сировини і технологічних особливостей подальших технологічних операцій приготування спиртової бражки.

Співвідношення тривалості і температури обробки повинно забезпечити ефективну пастеризацію замісу та його мікробіологічну чистоту.

В апараті під дією температури, механічного перемішування та розріджуючого ферменту, в основному, закінчується клейстеризація та розрідження крохмалю.

Розварена та розріджена маса поступає в оцукрювач, де при температурі 56-60°C змішується з оцукрюючим ферментом в кількості 100 % від норми. Термін оцукрення складає 20-60 хв.

В оцукрюванні завершується розрідження залишків крохмалю та проходить його оцукрення до зброджуваних вуглеводів.

Ферментний препарат ефективно гідролізує декстрини різної молекулярної маси, що утворилися в процесі розрідження, до цукрів, що зброджуються. Повноту оцукрювання крохмалю контролюють кожну годину.

У фільтраті сусла визначають: концентрацію сухих речовин – цукроміром, кислотність – титруванням, повноту оцукрення - візуально. Процес оцукрення закінчується в бродильному апараті під дією цього ж ферменту.

Для вирощування виробничих дріжджів використовують сусло, яке при потребі відбирають до його охолодження в теплообміннику. Частину сусла, що залишилася, перекачують насосом з оцукрювача в теплообмінник типу "труба в трубі" і далі в бродильний апарат. В теплообміннику сусло охолоджують до температури "складки".

З метою забезпечення мікробіологічної чистоти середовища в вакуум-оцукрювач при потребі вводять розчин антисептику

Фільтрат сусла з розчином йоду перед зброджуванням (проба на йод) має колір від червоно-коричневого до синьо-фіолетового [9-15].

Приготування виробничих дріжджів можливо проводити двома способами:

- розведення чистої культури;
- розведення виробничих дріжджів із використанням сухих спиртових дріжджів.

Процес вирощування виробничих дріжджів при періодичному культивуванні складається із наступних стадій;

- приготування розчину допоміжних матеріалів;
- розведення чистої культури дріжджів;
- збагачення сусла поживними речовинам;
- пастеризація сусла;
- охолодження сусла;
- додаткове оцукрювання сусла;
- підкислення сусла;
- охолодження сусла до температури складки;
- вирощування виробничих дріжджів.

Чисту культуру дріжджів вирощують у пробірках на суслі-агарі або суслі-желатині. Пробірки стерильно закривають пробками і заливають або парафіном. Додатково до пробірок із чистою культурою додається запаяна ампула із стерильним суслим, яке призначене для змивання дріжджів з поверхні сусли-агару.

Термін зберігання чистих культур дріжджів складає два місяці за умов зберігання пробірок у сухому прохолодному місці при температурі 8-10°C.

Розводити чисту культуру дріжджів необхідно в окремому чистому приміщенні при закритих дверях і вікнах. При відсутності такого приміщення ці операції можливо проводити у переносному настільному боксі.

Перед початком роботи стіл (бокс), руки, ніж, ампулу із склом і пробірку із чистою культурою дріжджів необхідно протирати 60 % розчином спирту.

В пробірку із чистою культурою дріжджів поблизу полум'я газової чи спиртової горілки вливають із ампули, стерильне солодове сусли. Пробірку вміщують в термостат на 2-3 години при температурі 30°C. Коли сусли розбродиться, то дріжджі з поверхні агару змивають легкими обертами пробірки між долонями. Після цього сусли із дріжджами поблизу полум'я горілки переливають з пробірки в колбу ємкістю 0,5 л із стерильним суслим концентрацією 8-10 % сухих речовин за цукроміром. Колбу закривають ватною пробкою попередньо обпаленою в полум'ї горілки.

Через 20-24 години дріжджове сусли переливають в колбу ємкістю 5 літрів із стерильним суслим, концентрацією 10-12 % сухих речовин, підкисленого сірчаною кислотою до кислотності 0,5 мл 1 н. NaOH на 20 мл сусли або бражки. Колбу із суслим поміщають в термостат при температурі 30°C і через 20-24 години переливають її вміст в бутиль ємкістю 20 літрів із стерильним підкисленим суслим.

Після зброджування сусла протягом 20-24 годин дріжджі в стерильних умовах переводять в апарат чистої культури - АЧК з попередньо підготовленим стерильним підкисленим суслем.

Через 24 години дріжджі із АЧК переводять в дріжджі в підготовлене пастеризоване і підкислене до кислотності і 0.55-0.65 мл 1 н. NaOH на 20 мл сусла. Концентрація сусла становить 12-15 % сухих речовин.

При відсутності АЧК на заводах готують чисту культуру в 3-4 бутілях ємкістю 20 літрів на одну дріжджі.

В дріжджах накопичення виробничих дріжджів закінчується за 14-24 години, в залежності від раси дріжджів, які використовують.

Виробничі дріжджі готові до зброджування сусла, коли концентрація сухих речовин (СР) в дріжджах знижується на $\frac{2}{3}$ від початкової концентрації сусла. Кількість виробничих дріжджів повинна становити 8-10 % від об'єму бродильного апарату.

Для розведення чистої культури дріжджів із пробірки до бутіля використовують сусло, яке готують в лабораторних умовах. Це сусло готується із подрібненого зерна, яке змішують з водою у співвідношенні 1:3. Замість розварюють, розріджують та оцукрюють ферментами. Кінець оцукрення встановлюється за йодною пробою. В сусло додають в якості живильної речовини - карбамід із розрахунку 0,3-0.5 г на один літр сусла. Готове сусло фільтрують через щільну тканину, концентрація фільтрату повинна складати 8-10 % СР за цукроміром. Стерилізують сусло в автоклаві при 0,5 МПа (0,5 кгс/см²) протягом 30 хвилин. При відсутності автоклаву стерилізацію сусла можливо проводити на відкритому вогні чи електроплитці. В цьому випадку сусло, яке знаходиться в колбі кип'ятять 20 хв. Кип'ятіння повторюють через добу. Готове стерильне сусло охолоджують до кімнатної температури і засівають дріжджі в стерильних умовах.

Замість для бутилів готують із помелу зерна і води з розрахунку 1:4 при температурі 30-35°C. В заміс задають розріджуючий ферментний препарат. Підігрівають до температури 85-90°C і витримують протягом двох годин. Розріджене сусло розхолоджують до 58-60°C, після чого вносять оцукрюючий фермент. Процес оцукрення проходить на протязі однієї години. В сусло, як поживну речовину, задають карбамід із розрахунку 300-600 г/м³ сусла. Сусло стерилізують протягом 30-40 хвилин, охолоджують до 50-55°C і підкислюють сірчаною кислотою до кислотності 0,55-0,65 мл Ін. NaOH на 20 мл сусла. В процесі розведення дріжджів не припускається наростання кислотності, а кількість мертвих клітин не повинна перевищувати 3%.

Для приготування виробничих дріжджів в дріжджах використовують сусло, яке подають безпосередньо із оцукрювача. Для повного оцукрення замісу в дріжджах додатково задають від 5 до 10 % внесеного за нормою оцукрюючого ферменту.

Культивування термо толерантних дріжджів К-8І та ХП-Т ведуть при температурі 28-32°C, а мезофільних (ХІІ раса) - при 26-30°C.

Підкислене сусло в дріжджах охолоджують до температури складки 30-32°C.

Сухі спиртові дріжджі змішують з 10 -15 л сусла, витримують їх 10-15 хвилин. задають в дріжджах і перемішують. Дріжджі додають із розрахунку 0,15-0,2 кг на 1м³ сусла в залежності від їх торгової марки та рекомендацій виробника.

Дріжджі генерування ведуть при температурі 30-32°C, а в літній період,

коли підвищується температура води, що іде на охолодження, припускається підвищення температури до 34°C.

Виробничі дріжджі готові, коли концентрація сирової речовини сусла знижується на 2/3 від початкової концентрації.

Зрілі виробничі дріжджі передають до бродильного апарату, а 1/3 їх відбирають на приготування нових виробничих дріжджів в наступну дріжджах, яку готують в такій же послідовності. Кількість виробничих дріжджів, які задають в бродильний апарат, повинна складати 8-10 % від об'єму цього апарату.

При появі інфекції виробничі дріжджі відбирають із дріжджах в АЧК чи бутиль, де підкислюють її сірчаною кислотою до кислотності 2,7-3,0 мл 1 н. NaOH на 20 мл сусла і витримують їх 30-40 хвилин. Після такої обробки засівні дріжджі випускають із АЧК в дріжджах, де заздалегідь готують дріжджове сусло. Кислотність дріжджового сусла в цьому випадку повинна бути 0,5-0,6 мл 1 н. NaOH на 20 мл сусла. Після очищення об'єм засівних дріжджів збільшують до 15 % [13-18].

Зброджування сусла може бути проведено як періодичним, так і безперервним способами.

При зброджуванні сусла періодичним способом розріджене і охолоджене до температури 24-30⁰С сусло подають до промитого та пастеризованного бродильного апарату. Після заповнення суслим конусної частини бродильного апарату подають виробничі дріжджі. Можлива подача виробничих дріжджів і до потоку охолодженого сусла.

Після подачі виробничих дріжджів до бродильного апарату, комунікації одразу ж пропарюють з метою уникнення інфікування. Термін заповнення бродильного апарату повинен становити не більше 8 годин. Термін бродіння рахується від початку залива, а бродильного апарату до початку перегонки дозрілої бражки.

Зброджування сусла вважається закінченим, коли концентрація сировини речовини змінюється протягом 24 годин бродіння не більше ніж на 0,1-0,2 % і відповідає нормативам для сировини, що використовується в технологічному процесі. Вміст не зброджених вуглеводів становить не більше 0,45 г/100 мл бражки.

Основним показником оперативного контролю процесу бродіння є видима концентрація сухих речовин в зрілій бражці. Але величина цього показника залежить від багатьох факторів. Практично встановлено, то при дотримуванні нормального технологічного режиму вона має більш або менш постійну величину для кожної сировини, в тому числі для пшениці – 0,0 – 0,4; для жита – 0,7.

В процесі зброджування сусла завжди мають місце втрати спирту з газами бродіння. Величина втрат спирту, що виноситься з бродильного апарату з вуглекислим газом, залежить від швидкості газу, вмісту спирту в бражці, температури бродіння і може досягати 0,8 % від його кількості в бражці.

Для вловлювання спирту з газів бродіння використовують спиртовловлювачі різних конструкцій, де вуглекислий газ промивається водою. Водно-спиртову рідину із спиртовловлювача приєднують до бражки, що надходить на перегонку. Концентрація спирту у водно-спиртовій рідині, що виходить із спиртовловлювача, не повинна перевищувати 1,5-2,5 % об.

Регулювання температури в бродильних апаратах проводять подачею холодної води в охолоджуючі пристрої.

Для прискорення процесу бродіння та при переробці плівкової сировини, яка утворює в'язке сусло, можуть додаватися у бродильний апарат додаткові комплексні ферментні препарати.

У бродильний апарат задають виробничі дріжджі і їх об'єм повинен становити не менше 8 – 10% від об'єму сусла, що зброджується. Для прискорення процесу бродіння кількість виробничих дріжджів може бути збільшена до 15% і вище.

При досягненні регламентованих відбродів дозріла бражка подається на перегонку в браго ректифікаційне відділення.

Зброджування сусла із зерна третьої і четвертої категорії дефектності проводять, як правило, в суміші із сусликом, отриманим із зерна чи картоплі нормальної якості або зерна першого та другого ступеню дефектності.

Самостійно зброджувати таку сировину дозволяється лише у випадку повної відсутності кращої сировини.

При переробці суміші, бродильні апарати своєчасно заповнюються дріжджами і суслем доброї якості, а потім приливається сусло із дефективної сировини.

Технологія приготування замісу, розварювання, розрідження, оцукрення та зброджування дотримується така, як і при переробці якісної сировини.

Приготування сусла для виробничих дріжджів із дефектної сировини не припускається.

1.10 Приготування спиртової бражки при оцукренні розріджених замісів в бродильному апараті

Розріджуючий фермент в залежності від тривалості та температури термо ферментативної обробки замісу може задаватись частинами" - у змішувач та апарати ТФО. Заміс із змішувача насосом подають в контактну головку, де він миттєво нагрівається до температури 95-100°C і подається в апарат для термо ферментативної обробки. Температура в апараті ТФО підтримується на рівні 78-95°C в залежності від тривалості процесу розрідження.

Після закінчення розварювання та розрідження заміс поступає в теплообмінник на охолодження до температури 28-30°C.

Охолоджений розріджений заміс поступає в бродильний апарат. Одночасно в бродильний апарат задають розрахункову кількість розведеного з водою у співвідношенні 1:10 оцукрюю чого ферментного препарату. Після заповнення конусної частини бродильного апарату задають виробничі дріжджі. Дозволяється задавання оцукрюю чого ферментного препарату в дріжджах безпосередньо перед передачею виробничих дріжджів до бродильного апарату. За такою технологією

оцукрення замісу необхідно використовувати термо толерантні раси дріжджів і підтримувати температуру бродіння 34-35°C для кращого оцукрювання замісу.

Приготування виробничих дріжджів проводять аналогічно пункту 2.6.

Виключення становить підготовка сусла для виробничих дріжджів. Гарячий заміс із апарату термоферментативної обробки другого ступеню подається безпосередньо в дріжджах. Заміс охолоджують до температури 58-65°C, задають ферментні препарати для оцукрення і оцукрюють масу при періодичному перемішуванні сусла.

По закінченні оцукрення (проба на йод) сусло охолоджують до температури 50-52°C, підкисляють до кислотності п.5-0,6 мл 1 н. NaOH на 20 мл сусла або до рН 2,9-4,2 [6].

2 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ТА ПРИРОДООХОРОННІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Спиртова галузь Вінниччини, яка сьогодні переживає не кращі часи, становить всього 14 спиртзаводів, з них 12 входили до складу вінницького об'єднання "Поділля спирт". В рамках затвердженої Кабінетом міністрів України програми реформування та розвитку спиртової галузі на 2020-2023 роки, відбулася «мала приватизація» і всі спиртзаводи Вінниччини отримали своїх нових власників. На сьогоднішній день, на повну потужність працює лише Немирівський спиртзавод, придбаний у Фонду державного майна України компанією "Nemiroff", яка інвестувала у реконструкцію і модернізацію підприємства великі фінансові ресурси. Компанія "Nemiroff" інвестувала від \$1,2 млн до \$1,5 млн в модернізацію придбаного заводу, зокрема в обладнання, технології та персонал для того, щоб зробити виробництво відповідним до стандартів компанії [1, 2].

ТОВ «Nemiroff» – горілчана компанія харчової промисловості, заснована 1992 року в Україні. Сьогодні це провідний світовий виробник високоякісного алкоголю і один з лідерів світового ринку алкоголю, відомий в 80-ти країнах світу. Близько 40% всієї експортованої з України горілки - виробництва Nemiroff. Компанія входить в топ-3 постачальників горілки в магазинах безмитної торгівлі Duty Free в світі. Виробництво і розлив продукції Nemiroff здійснюється на власних потужностях заводу в місті Немирові (Вінницька область України), а також за ліцензійною угодою на сучасних виробничих комплексах в РФ і Білорусі (ВАТ «Росспиртпром», ВАТ «Башспірт», РУП «Мінськ Кристал»). У 2024 році компанія Nemiroff завершила модернізацію Немирівського спиртзаводу, потужності підприємства становлять 9 тис. дал на місяць, що повністю закриває потреби в харчовому спирті лікєро-горілчаного заводу компанії [2].

Загальний вигляд промислового майданчику і мапа розміщення Немирівського спиртового заводу представлені на рисунках 2.1-2.3 [1].

Промисловий майданчик Немирівського спиртового заводу розташований за адресою: Вінницька область, Немирівський район, місто Немирів, вулиця Горького, будинок 31 і загалом налічує 27 джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [1].



Рисунок 2.1 - Центральний вхід Немирівського спиртового заводу.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд промислового майданчику Немирівського спиртового заводу

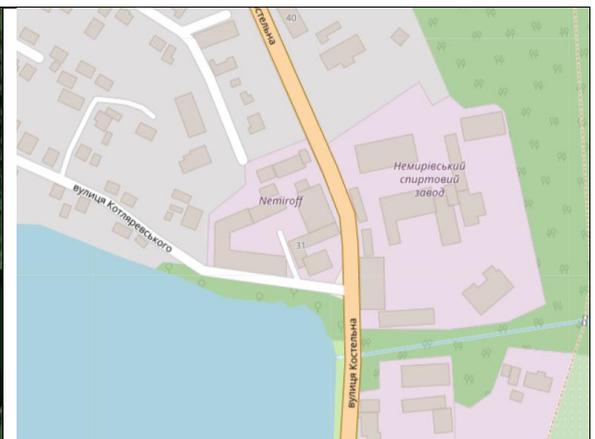


Рисунок 2.3 – Мапа розміщення Немирівського спиртового заводу

Основними джерелами виникнення забруднюючих речовин є спиртовий завод з котельнею та допоміжними дільницями. Основними забруднюючими речовинами є: оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид заліза, оксид марганцю, пил мучний, пил зерновий, спирт етиловий, хлор, пари дизпалива, діоксид вуглецю, формальдегід. Викиди забруднюючих речовин на підприємстві здійснюються через вихлопи циклонів, вентиляційні труби, дефлектори, димові труби. Найбільші викиди забруднюючих речовин в атмосферу – від котельні: вуглецю оксид і діоксид вуглецю. Частково викиди на підприємстві носять неорганізований характер. Перевищень гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони підприємства та в контрольних точках не виявлено [3].

Спиртовими заводами Вінницької області виробляється зернова та мелясна барда і лише незначна частина якої використовується для кормів. На Немирівському спиртовому заводі, що переробляє зерно, утворюється після спиртова барда, яка містить практично всі компоненти вихідної сировини, окрім крохмалю. До того ж, барда збагачується залишковими спиртовими дріжджами, що збільшує її кормову цінність. Технологія виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини (зерна) реалізована на Немирівському спиртовому заводі представлена на рисунку 2.4.

Технологія етилового спирту ґрунтується на ферментативному гідролізі крохмалю, який міститься в рослинній сировині, і зброджуванні дріжджовими мікроорганізмами утворених цукрів (а також цукрів з меляси і цукрового буряку) в спирт, тобто, це – біохімічна технологія [4, 5]. Головні технологічні процеси:

- 1) розварювання рослинної сировини з водою;
- 2) охолодження розвареної рослинної маси і обробка крохмалю ферментами солоду для утворення цукрів;
- 3) зброджування цукрів дріжджами;
- 4) відгін з бражки спирту і його ректифікація.

В процесі виробництва спирту утворюються побічні продукти – вуглекислий газ, сивушна олія, ефіри та альдегіди, а також відходи – барда

(залишок після відгону спирту з бражки). Барди утворюється в 11-12 разів більше, ніж вихід спирту [4, 5].

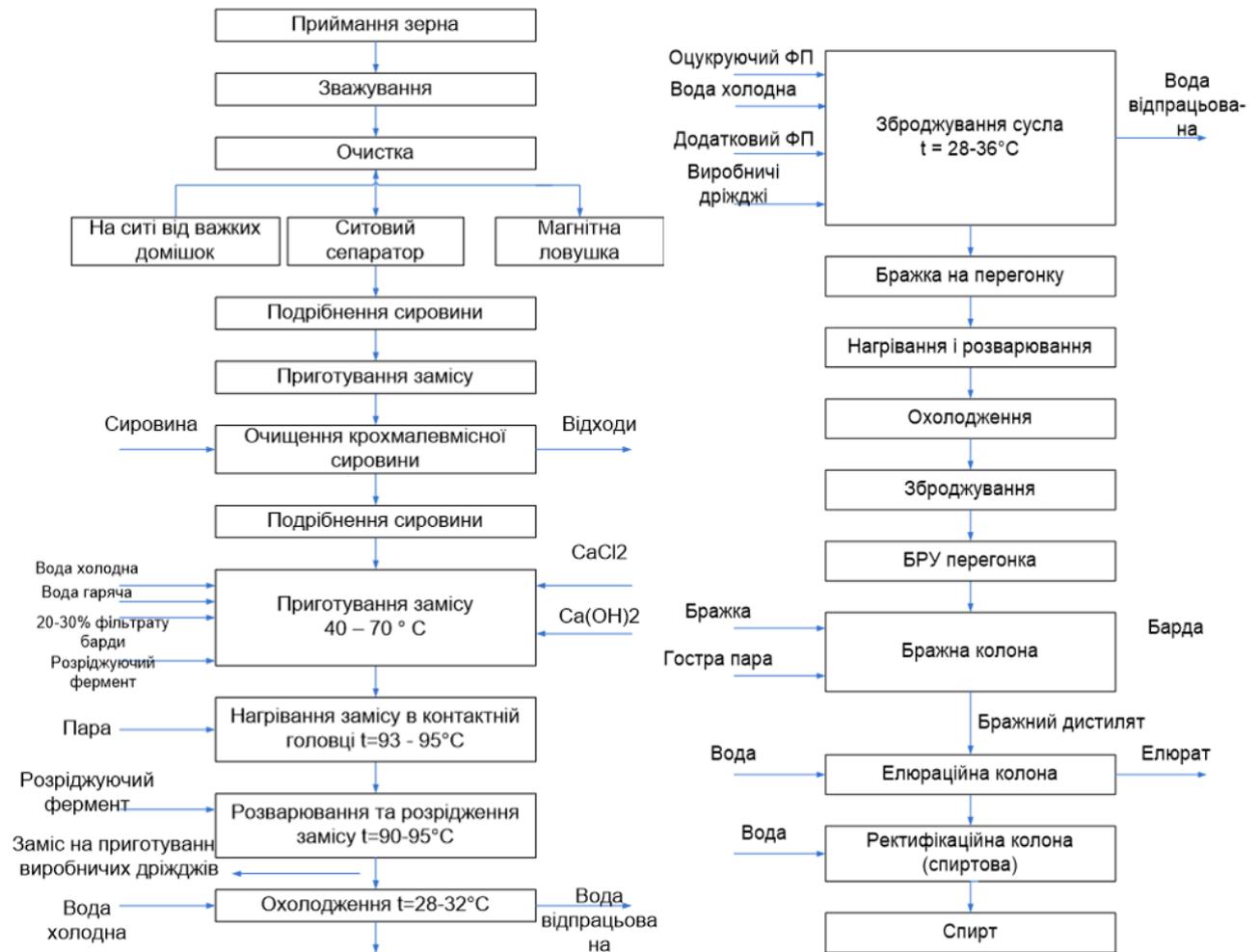


Рисунок 2.4 - Загальна схема спиртового виробництва

Стічні води спиртової промисловості, що зливаються на поля фільтрації, відкриті водойми, швидко загнивають, виділяють неприємні запахи, а також є причиною розмноження комах. Ці забруднення розповсюджуються в межах повітряного басейну досить нерівномірно, їхня концентрація у повітрі в окремих районах може досягати загрозливих для здоров'я населення розмірів. Крім того, з бардою втрачаються корисні речовини, що в ній містяться. Не своєчасна утилізація барди, тривале зберігання на території заводу, скидання на поля фільтрації, де природним шляхом (повільно) відбувається механічне, хімічне і біологічне очищення, призводить до зараження і забруднення ґрунтових вод, водойм і атмосферного повітря. Згідно з Державними санітарними правилами

планування та забудови населених пунктів [6] і Правилами безпеки для спиртового та лікєро-горілочного виробництва [7], санітарно-захисна зона (СЗЗ) підприємства з виробництва харчового спирту має бути не меншою 100 м [6, 7].

Основними забруднюючими речовинами є: оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид заліза, оксид марганцю, пил мучний, пил зерновий, спирт етиловий, хлор, пари дизпалива, діоксид вуглецю, формальдегід.

На існуюче положення перевищень гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони підприємства та в контрольних точках не виявлено.

Викиди забруднюючих речовин на підприємстві здійснюються через вихлопи циклонів, вентиляційні труби, дефлектори, димова труба. Частково викиди на підприємстві носять неорганізований характер. Найбільші викиди забруднюючих речовин в атмосферу – від котельні: вуглецю оксид, діоксид вуглецю.

Доставка зерна на спиртзавод виконується автотранспортом. Розгрузка проводиться на авто ГУАР-15. В результаті виділяється в атмосферу пил зерновий (дж. № 3). Пневмотранспортом зерно подається на сепаратор ЗСМ-50, де відбувається очистка. В процесі сепаратора виділяється в атмосферу пил зерновий.

Після цього зерно змільчується на дробарках, куди подається вода, перемішується і поступає у чани замісу. Від дробарок виділяється в атмосферу пил зерновий. При подрібненні зерна утворюється пил борошна. Питомий викид в атмосферу зернового пилу з аспіраційним повітрям є мінімальним і складає 0,010-0,012 кг/тонну зерна, за рахунок використання пилогазоочисних установок.

В процесі замочування зерно відмивається від пилу та бруду, а також насичується водою до вологості 35-40 %, при цьому утворюється забруднена вода.

На стадії водно-теплової обробки технологічного процесу виробництва спирту етилового ректифікованого виділяються пари етилового спирту.

В процесі зброджування цукристих речовин виділяються гази та пари бродіння, що складаються переважно (98-99,8 %) CO_2 з домішками парів спирту. У процесі виробництва етилового спирту відбувається виділення етанолу, діоксиду вуглецю, формальдегіду.

Котельня є джерелом виникнення забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря. Основне призначення котельної, крім опалення, є виробництво пару на технологічні потреби виробництва. В котельній (дж. № 1, 26) встановлені котлоагрегати ДКВР-10/13 (2 шт., в роботі - 1). Паливо – природний газ. Річна витрата газу – 7100 тис. м^3 [9, 10, 11].

В результаті згорання газу в атмосферу виділяються оксиди вуглецю та азоту.

Зварювальна дільниця також є джерелом викидів які викидаються в атмосферне повітря. Для зварювальних робіт використовується електродугове зварювання, електроди марки АНО-4 (дж. № 17), річна витрата – 720 кг/рік. При виконанні робіт в атмосферу виділяються оксиди марганцю та заліза.

Ванна з дизпаливом. Для промивання деталей застосовують ванну з дизпаливом (дж. № 21-25) в процесі роботи в атмосферу виділяються пари дизпалива [12,13-20].

2.1 Джерело № 1. Котельня

В котельні експлуатуються котли ДЕ-16,14ГМ - 2 шт., ДЕ-6,5-14 - 1

Всі котли працюють на спалюванні палива котельного коксо-хімічного змішаного (мазут). З димовими газами в атмосферу викидаються діоксиди азоту, оксид вуглецю, сажа, п'ятиоксид ванадію, а також парникові гази: N_2O , CH_4 .

Склад котельні: котел ДЕ -16, ДЕ – 6,5-14.

Вид палива – мазут (паливо котельне коксо-хімічна суміш)

Річна витрата – 5700 т/рік

Режим роботи – $330 \times 24 = 7920$ год/рік.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від котельні проводився згідно методики визначення «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок», ГДК 34.02.3.05-2002.

При спалюванні мазуту в атмосферу викидаються оксиди азоту, сірки, вуглецю, твердих частинок і мазутної золи, а також N_2O та CH_4 [14, 15].

2.1.1 Види і кількість викидів речовин в атмосферу.

В котельні експлуатуються котли ДЕ – 16., 14 ГМ – 2шт., ДЕ-6,5-14 – 1шт. Всі котли працюють на спалюванні палива котельного коксо-хімічного змішаного (мазут). З димовими газами в атмосферу викидаються речовини які наведені у таблиці 2.1 [16, 17, 18].

2.1.2 Розрахунки викидів ЗР з котельні.

Для перерахунку складу палива на робочу масу застосовуються множники згідно сертифікатів на поливо котельне (коксо-хімічна суміш), представлених підприємством.

Склад робочої маси мазуту такий:

Вуглець – $85,50 (100 - 2,0 - 0,15)/100 = 83,66\%$

Водень – $11,20 (100 - 2,0 - 0,15)/100 = 10,96\%$

Кисень та азот – $0,80 (100 - 2,0 - 0,15)/100 = 0,78\%$

Сірка – $1,2 (100 - 2,0 - 0,15)/100 = 1,17\%$

Зола – $0,12 (100 - 2,0 - 0,15)/100 = 0,12\%$

Ванадій – $333,3 (100 - 2,0)/100 = 327,4\%$

Теплота згорання $Q_{H_i} = 8710 \text{ ккал/кг} \cdot 0,0041868 = 36,47 \text{ МДж/кг}$ [19, 20].

Таблиця 2.1 – Речовини які викидаються з джерела № 1 – котельні

Нормативи викидів ЗР			
2021 – 2022		ГДВ	
г/с	т/рік	г/с	т/рік
Діоксид азоту – 301			
0,612	17,462	0,612	17,462

Діоксид сірки			
4,444	126,711	4,444	126,711
Оксид вуглецю – 337			
0,109	3,118	0,108	3,118
Сажа – 328			
0,240	5,840	0,240	5,840
П'ятиоксид ванадію – 110			
0,112	3,191	0,112	3,191

Валовий викид оксидів азоту.

Показник емісії оксидів азоту $(k_{NOx})_0$, без урахування первинних заходів дорівнює 140 г/ГДж

$$k_{NOx} = (k_{NOx})_0 \cdot fn \cdot (1 - \eta_1)(1 - \eta_{11} \cdot B), \text{ г/ГДж.} \quad (2.1)$$

η_1 – ефективність первинних заходів зі зменшення викиду оксидів азоту становить 0,4(Д. 1).

$$\eta_{11} = 0; B = 0.$$

$$k_{NOx} = 140 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ (г/ГДж),}$$

$$E_{NOx} = 10^{-6} \cdot k_{NOx} \cdot Q_i^f \cdot B = 10^{-6} \cdot 84 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 17,462 \text{ (т/рік),}$$

$$E_{NOx}^{cek} = \frac{17,462 \cdot 10^6}{3600 \cdot 0,612} = 0,612 \text{ (г/с).}$$

Валовий викид сірчистого ангідриду

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot k_{SO_2} \cdot Q_i^e \cdot B \text{ (т/рік),} \quad (2.2)$$

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^e} \cdot \frac{2S^1}{100} \cdot (1 - \eta_1)(1 - \eta_{11} \cdot B), \text{ (г/ГДж)} \quad (2.3)$$

$\eta = 0,05$ – ефективність зв'язування сірки; $\eta_{11} = 0; B = 0$

$$k_{\text{so}_2} = \frac{10^6}{36,47} \cdot \frac{2 \cdot 1,17}{100} \cdot (1 - 0,05) = 609,542 \text{ (г/гДж)},$$

$$E_{\text{so}_2} = 10^{-6} \cdot 609,542 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 126,711 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{\text{so}_2}^{\text{сек}} = \frac{126,711 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 4,444 \text{ (г/с)},$$

Валовий викид оксиду вуглецю

$$E = 10^{-6} \cdot k_{\text{co}} \cdot Q_i^{\text{г}} \cdot B \quad (2.4)$$

k_{co} – показник емісії оксиду вуглецю

$$k_{\text{co}} = 15 \text{ (г/гДж)},$$

$$E_{\text{co}} = 10^{-6} \cdot 156 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 3,118 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{\text{co}}^{\text{сек}} = \frac{3,118 \cdot 10^6 \cdot 0,042}{3600 \cdot 7920} = 0,109 \text{ (г/с)}$$

Валовий викид твердих частинок (сажа):

$$k_{\text{mv.}} = \frac{10^6}{Q_i^{\text{г}}} \cdot a_{\text{вин}} \cdot \frac{A^1}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} \cdot (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{mv.s}}, \text{ г/гДж} \quad (2.5)$$

$$k_{\text{mv.}} = \frac{10^6}{36,47} \cdot 1 \cdot \frac{0,12}{100 - 0} \cdot (1 - 0) = 32,904 \text{ (г/гДж)},$$

$$E_{\text{тв.}} = 10^{-6} \cdot k_{\text{mv.}} \cdot Q_i^{\text{г}} \cdot B = 10^{-6} \cdot 36,47 \cdot 32,904 \cdot 5700 = 6,840 \text{ (т/рік)},$$

(2.6)

$$E_{\text{тв.}}^{\text{сек}} = \frac{6,840 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 0,240 \text{ (г/с)}.$$

Валовий викид ванадію

$$k_V = \frac{C_V}{Q_i^r} \cdot (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_{zy}(V)), \text{ (Г/ГДж)}, \quad (2.7)$$

$$C_V = 327,4 \text{ мг/кг}; \quad \eta_{oc} = 0,05; \quad \eta_{zy}(V) = 0$$

$$k_V = \frac{327,4}{36,47} \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0) = 8,528 \text{ (Г/ГДж)},$$

$$E_V = 10^{-6} \cdot 36,47 \cdot 8,528 \cdot 5700 = 1,773 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{сек\ V} = \frac{1,773 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 0,062 \text{ (Г/с)}.$$

Показник емісії п'ятиоксиду ванадію

$$K_{V_2O_5} = 1,8 \cdot k_V = 1,8 \cdot 8,528 = 15,35 \text{ (Г/ГДж)}. \quad (2.8)$$

Валовий викид п'ятиоксиду ванадію

$$E_{V_2O_5} = 10^{-6} \cdot 15,35 \cdot 5700 = 3,191 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{сек\ V_2O_5} = \frac{3,191 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 0,112 \text{ (Г/с)}.$$

Валовий викид оксиду діазоту

$$k_{N_2O} = 0,6$$

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot k_{N_2O} \cdot Q_i^r \cdot B = 10^{-6} \cdot 0,6 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 0,125 \text{ (т/рік)},$$

(2.9)

$$E_{N_2O}^{сек} = \frac{0,125 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 0,004 \text{ (г/с)}.$$

Валовий викид метану

$$k_{CH_4} = 3,0$$

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot k_{CH_4} \cdot Q_i^r \cdot B = 10^{-6} \cdot 3 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 0,624 \text{ (т/рік)}, \quad (2.10)$$

$$E_{CH_4}^{сек} = \frac{0,624 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 0,022 \text{ (г/с)}.$$

Валовий викид вуглекислого газу

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 76663 \cdot 36,47 \cdot 5700 = 15937 \text{ (т/рік)},$$

$$E_{CO_2}^{сек} = \frac{15937 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7920} = 558,9 \text{ (г/с)}.$$

2.2 Джерело №2 – Мазутосховище

Для зберігання і прокачки мазуту на виробництво на підприємстві експлуатується насосна і 2 мазутні ємності об'ємом по 1000м^3 .

В атмосферу виділяються пари вуглеводнів.

Викиди вуглеводнів, що поступають в атмосферу при перекачці мазуту.

$$П_{вугл.} = V \cdot q^t \cdot 10^{-6} \quad (2.11)$$

V – об'єм мазуту, що поступає за рік

$$V = G \cdot \gamma; \gamma = 1,015 \text{ т/м}^3; G = 5700 \text{ (т/рік)}, \quad (2.12)$$

$$V = \frac{5700}{1,015} = 5616 (\text{м}^3).$$

q^t – втрати мазуту ($\text{г}/\text{м}^3$) при завантаженні та зберіганні мазуту – $16 \text{ г}/\text{м}^3$

$$P_{\text{вузл.}}^{\text{рік}} = \frac{5616 \cdot 16}{10^6} = 0,090 (\text{т}/\text{рік}).$$

Час розвантаження ємностей $t = \frac{5616}{25} = 225$ (год/рік).

25 – продуктивність ($\text{м}^3/\text{год}$) насоса перекачки марки П6-ППВ

$$P_{\text{вузл.}}^{\text{сек}} = \frac{0,090 \cdot 16}{3600 \cdot 225} = 0,111 (\text{г}/\text{с}).$$

Розрахунки викидів від спиртового виробництва

Виробництво етилового спирту зернового – 750000 дал/рік

Режим – $300 \times 24 = 7200$ год/рік

Потреба в зерні – 25000 тонн/рік.

Періодичний розлив мазуту при перекачці палива потрапляє на землю і забруднює територію заводу і частково може проникати в ґрунт під дією опадів [17-20].

2.3 Джерело №3-7 – Приймання зерна

В таблиці 2.2 показані викиди в атмосферу від джерел забруднень № 3-7

Дільниця приймання зерна, очистка його, транспортування в технологічний процес.

Дільниця приймання зерна, очистка його, транспортування в технологічний процес.

В атмосферу виділяється пил зерновий.

Зерно поступає автотранспортом середньої грузопідйомності 8т.

Річна кількість розвантаження:

$$L = \frac{25000}{8} = 3125 \text{ розвантажень.}$$

Таблиця 2.2 – Нормативи викидів ЗР від джерел № 3-7

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020 – 2021		ГДВ	
Пил зерновий – 10417				
3	0,151	0,623	0,151	0,623
4	0,026	0,225	0,026	0,225
5	0,068	1,763	0,068	1,763
6	0,052	1,348	0,052	1,348
7	0,072	0,622	0,072	0,622

Час розвантаження однієї одиниці автотранспорту, включаючи час виділення – 20 хв.

$$T = \frac{3125 \cdot 20 \cdot 1,1}{60} = 1146 \text{ (год).}$$

Концентрація пилу в повітрі, що відходить від обладнання при розгрузлі складає $1,3 \text{ г/м}^3$

$$M^{\text{сек.}}_{\text{пил}} = 1,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 0,39 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \cdot 0,3 = 0,151 \text{ (г/с).}$$

0,3 – коефіцієнт викиду в атмосферу після осідання в бункері

$$M^{\text{рік}}_{\text{пил}} = \frac{0,151 \cdot 1146 \cdot 3600}{10^6} = 0,623 \text{ (т/рік).}$$

Джерело № 4

Викиди від зерноочисної машини БЦС-50 визначені експериментальними мірами і становлять:

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{сек.}} = 0,026 \text{ (г/с);}$$

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{рік.}} = \frac{0,026 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,225 \text{ (т/рік).}$$

Джерело № 5

Експериментальні виміри викидів після зерноочистки (камнеуловлювача) становлять:

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{сек.}} = 0,068 \text{ (г/с);}$$

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{рік.}} = \frac{0,068 \cdot 300 \cdot 24 \cdot 3600}{10^6} = 1,763 \text{ (т/рік).}$$

Джерело № 6

Експериментальні виміри викидів пилу від установки транспортування зерна порціями, шнеками становлять:

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{сек.}} = 0,052 \text{ (г/с);}$$

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{рік.}} = \frac{0,052 \cdot 300 \cdot 24 \cdot 3600}{10^6} = 1,348 \text{ (т/рік).}$$

Джерело № 7

Експериментальні виміри викидів пилу від пилоочисної установки в цеху концентрату квасного суслу становлять:

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{сек.}} = 0,072 \text{ (г/с);}$$

$$M_{\text{пил.зерна}}^{\text{рік.}} = \frac{0,072 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 3600}{10^6} = 0,622 \text{ (т/рік).}$$

2.4 Джерело № 8-14 – Апаратний цех

Від обладнання апаратного цеху в атмосферу виділяється етиловий спирт, етилацетат, оцтова кислота, ацетальдегід.

В таблиці 2.3 показано кількість речовини яка викидається від джерел № 8-14.

Таблиця 2.3 – Нормативи викидів ЗР від джерел № 8-14

Номер джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020 – 2021		ГДВ	
Спирт етиловий – 1061				
8	0,029	0,750	0,029	0,750
9	0,160	4,140	0,160	4,140
11	0,007	0,184	0,007	0,184
12	0,064	1,650	0,064	1,650
13	0,046	1,200	0,046	1,200
14	0,023	0,600	0,023	0,600

Викиди від дріжджогенератора. Питомий викид спирту етилового – 1 г/дал спирту.

$$M_{\text{спирт.ет}}^{\text{сек.}} = 1 \cdot 750000 \cdot 10^{-6} = 0,750 \text{ (т/рік)}.$$

$$M_{\text{спирт.ет.}}^{\text{сек.}} = \frac{0,750 \cdot 10^6}{3600 \cdot 7200} = 0,029 \text{ (т/рік)}.$$

Джерело № 9

Викиди від бродильних апаратів.

Питомі викиди:

- спирт етиловий – 5,52 г/дал спирту
- етилацетат – 0,002 г/дал спирту

$$M_{\text{спирт.ет.}} = 5,52 \cdot 750000 \cdot 10^{-6} = 4,14 \text{ т/рік; } 0,160 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{етилацетат}} = 0,002 \cdot 750000 \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ т/рік}; 0,0006 \text{ г/с}$$

Джерело № 10

Викиди від ємності гарячої барди.

Питомі викиди:

- кислота оцтова – 0,06 г/дал спирту
- ацетальдегід – 0,002 г/дал спирту

$$M_{\text{кислота оцтова}} = 0,006 \cdot 750000 \cdot 10^{-6} = 0,0045 \text{ т/рік}; 0,0002 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{ацетальдегід}} = 0,002 \cdot 750000 \cdot 10^{-6} = 0,0015 \text{ т/рік}; 0,00006 \text{ г/с}$$

Джерело № 11

Викиди від брагоректифікаційної установки.

Питомі викиди:

- спирт етиловий – 244,8 г/1000 дал спирту

$$M_{\text{спирт ет.}} = 244,8 \cdot 750 \cdot 10^{-6} = 0,184 \text{ т/рік}; 0,007 \text{ г/с}$$

Джерело № 12

Викиди від спиртосховища.

Питомі викиди:

- спирт етиловий – 2,2 г/тис. дал спирту

$$M_{\text{спирт ет.}} = 2,2 \cdot 750 \cdot 10^{-3} = 1,650 \text{ т/рік}; 0,064 \text{ г/с}$$

Джерело № 13

Викиди від спиртоприймального відділення.

Питомі викиди:

- спирт етиловий – 1600 г/1000 дал спирту

$$M_{\text{спирт ет.}} = 1600 \cdot 750 \cdot 10^{-3} = 1,200 \text{ т/рік}; 0,046 \text{ г/с}$$

Джерело № 14

Викиди від спиртовідпускнуго відділення (мірне відділення).

Питомі викиди:

- спирт етиловий – 800 г/1000 дал спирту

$$M_{\text{спирт ет.}} = 800 \cdot 750 \cdot 10^{-6} = 0,600 \text{ т/рік}; 0,023 \text{ г/с}$$

Періодичний злив води, яка утворюється при мийці технічного обладнання та технічного приміщення.

Рекомендації: 1 – заборонити прямо випускати воду в річку; 2 – посилити контроль якості води після очистки.

2.5 Джерело № 15 – Заправка балонів вуглекислотою

Розрахунок викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря при заправці балонів.

$$M = q \cdot V_0 \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

q – концентрація забруднюючих речовин, визначена експериментальними мірами

$$q = 0,0007 \text{ (г/м}^3\text{)}.$$

V_0 – об'ємна витрата газоповітряної суміші, м³/с

$$V_0 = 1,22 \text{ (м}^3\text{/с)},$$

$$M = 0,0007 \cdot 1,22 \cdot 10^{-3} = 0,0008 \cdot 10^{-3} \text{ (г/с)};$$

$$M = \frac{0,0008 \cdot 3600 \cdot 2640}{10^6} = 0,008 \text{ (т/рік)}.$$

Рекомендації: частіше проводити контроль системи, звертати увагу на конструкцію системи.

Питома норма водоспоживання на 1 т:

- підземної води – 9,4 м³;
- поверхневої – 5,5 м³.

Забор води на річну програму:

- підземної води – 450 т*9,4 = 4230 м³;
- поверхневої – 450 т *5,5 = 2475 м³.

Всього: 6705 м³.

2.6 Джерело № 16 – Мехобробка

Від експлуатації металообробних верстаків в атмосферу виділяється пил металевий та абразивний, що показано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Нормативи викидів забруднюючих речон від джерела № 16

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020-2021		ГДВ	
16	Пил неорганічний з вмістом SiO ₂ – 2909			
	0,022	0,100	0,022	0,100
	Пил абразивний – 10431			
	0,0001	0,025	0,0001	0,025

2.7 Джерело № 17 – Зварка

Витрата електродів типу АНО-4 – 2,5 т/рік

Режим роботи – 1275 год/рік

Питомі викиди:

- оксид заліза – 5,41 г/кг
- оксид марганцю – 0,59 г/кг

Оксид заліза

$$M = 5,41 \cdot 2500 \cdot 10^{-6} = 0,014 \text{ т/рік}; 0,003 \text{ г/с}$$

Оксид марганцю

$$M = 0,59 \cdot 2500 \cdot 10^{-6} = 0,0015 \text{ т/рік}; 0,0003 \text{ г/с}$$

Газове різання металу

Довжина різа – 2000 пог. м/рік

Час різання – 1060 год/рік

Товщина матеріалу – $\delta = 10$ мм

Питомі викиди виділення забруднюючих речовин:

- оксид заліза – 4,37 г/пог. м
- марганцю оксид – 0,13 г/пог. м
- азоту оксид – 2,20 г/пог. м
- вуглецю оксид – 2,18 г/пог. м

Діоксид азоту

$$M = 2,20 \cdot 2000 \cdot 10^{-6} = 0,004 \text{ т/рік}; 0,001 \text{ г/с}$$

Всього викиди становлять:

Оксид заліза – 0,023 т/рік; 0,005 г/с

Марганцю оксид – 0,0018 т/рік; 0,0004 г/с

Діоксид азоту – 0,004 т/рік; 0,001 г/с

Вуглецю оксид – 0,004 т/рік; 0,001 г/с

При зварюванні і різанні металу в тмосферу виділяється оксид заліза , оксид марганцю, оксид вуглецю, діоксид азоту показані в таблиці 2.5 [14,20]

Таблиця 2.5 – Нормативи викидів ЗР від джерела № 17

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020 – 2021		ГДВ	
17	Оксид заліза – 123			
	0,005	0,023	0,005	0,023
	Оксид марганцю – 143			
	0,0004	0,0018	0,0004	0,0018
	Діоксид азоту – 301			
	0,001	0,004	0,001	0,004
	Оксид вуглецю – 337			
	0,001	0,004	0,001	0,004

2.8 Джерело № 18 – Деревообробка

Від експлуатації деревообробних верстаків в атмосферу виділяється пил деревини.

Викиди пилу деревини по експериментальних вимірах становлять: 0,091 г/с. Режим роботи цеху – 600 год/рік.

$$M_{\text{пил.дерев.}} = \frac{0,091 \cdot 600 \cdot 3600}{10^6} = 0,197 \text{ т/рік}; 0,091 \text{ г/с}$$

Таблиця 2.6 - Нормативи викидів ЗР від джерела № 18

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020 – 2021		ГДВ	
18	Пил зерновий – 10417			
	0,091	0,197	0,091	0,197
	Пил деревини - 10293			
	0,091	0,197	0,091	0,197

2.9 Джерело № 19 – Відкрита стоянка

При заїзді-виїзді автотранспорту на лінію в атмосферу виділяється діоксид азоту, оксид вуглецю, вуглеводні.

Зальний річний, середньодобовий та максимальноразовий викид ЗР в атмосферу від автомобілів підприємства по організованому площадочному джерелу № 19 визначається з врахуванням слідуєчих даних:

Середньодобовий коефіцієнт випуску автомобілів на лінію ($\alpha_{\text{в}}$) складає: по вантажних – 0,6. Середня тривалість роботи двигуна за цикл заїзду в парк дорівнює. Час інтервалу усереднення ($t_{\text{у}}$) – 20 хв.; Тривалість періоду виходу автомобілів на лінію: $\text{Асп} \cdot \alpha_{\text{в}} = 2$ години.

2.10 Джерело № 20 – Профілакторій

При заїзді-виїзді на ремонт автотранспорту в атмосферу виділяється оксид вуглецю, діоксид азоту, вуглеводні, які приведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Нормативи викидів ЗР від джерела № 20

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2016 – 2017		ГДВ	
20	Діоксид азоту – 301			
	0,0075	0,007	0,0075	0,007
	Оксид вуглецю – 337			
	0,232	0,222	0,232	0,222

2.11 Джерело № 21-25 – АЗС

При зберіганні навропродуктів, злив їх в ємності, заправці автотранспорту в атмосферу викидаються пари бензину та дизпалива показані в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Нормативи викидів ЗР від джерел №21-25

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2020 – 2021		ГДВ	
	Бензин – 2704			
21	0,0018	0,057	0,0018	0,057
23	0,6.10	0,16.10	0,6.10	0,16.10
24	0,0008	0,5.10	0,0008	0,5.10

2.12 Джерело № 26 – Котельня

В котельні експлуатується паровий котел Е – 1/9. В атмосферу виділяються діоксиди азоту, сірки, парникові гази показані в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – нормативи забруднюючих речовин від джерел № 26

№ джерела викиду	Нормативи викидів ЗР			
	2016 – 2017		ГДВ	
26	Діоксид азоту – 301			
	0,035	0,306	0,035	0,306
	Діоксид сірки			
	0,257	2,023	0,257	2,023

2.13 Промислові стічні води спиртового виробництва

Стічні води в спиртовій промисловості поділяють на три основні групи:

1) промислові води, що утворюються безпосередньо при використанні води в технологічних операціях. Ці води забруднені усіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах даного виробництва.

2) промислові води від допоміжних операцій та процесів, які утворюються під час поверхневого охолодження технологічної апаратури та енергетичних агрегатів. Такі води в основному характеризуються підвищеною температурою.

3) промислові води після санітарно-гігієнічної дезінфекції приміщень, трубопроводів, машин і апаратів. Такі стічні води забруднені лугами та іншими токсичними сполуками. Їх бажано відводити кількома самостійними потоками, але на більшості спиртових заводах їх відводять загальним потоком. Об'єднуючи забруднені стічні води на заводах спиртової промисловості, слід враховувати можливість взаємодії компонентів різних вод з виділенням значної кількості газоподібних речовин (вибухонебезпечних та інших), а також утворенням осадів, токсичних, канцерогенних речовин тощо.

На різних підприємствах склад і кількість стічних вод істотно розрізняються. В таблиці 2.10 наведено характеристику стічних вод спиртових підприємств, на яких в якості сировини використовують мелясу [4, 8].

Воду класифікують за забрудненням за величиною біохімічного споживання кисню (БСК) на 4 категорії, які відображають рівень органічного забруднення. Ці категорії визначають якість води, де вищі значення БСК вказують на значне забруднення.

Категорія 1 (чиста вода): Має низький рівень БСК, що свідчить про відсутність або мінімальну наявність органічних забруднень.

Категорія 2 (слабозабруднена вода): БСК трохи вище, вказує на незначне забруднення.

Категорія 3 (забруднена вода): Має помірно високий рівень БСК, що вказує на суттєве забруднення органічними речовинами.

Таблиця 2.10 - Характеристика стічних вод спиртових заводів

Показники	Категорія стічних вод				Барда первинна	Барда вторинна
	перша	друга	третя	четверта		
Температура, С	30-60	20-100	80-100	20-90	95-98	25-30
Запах, бали	0-3	3-5	4-7	3-64	5,0	5,0
рН	7,0-8,0	8-12	4,4-6,4	5,5-6,2	5,0-5,5	4,5-5,0
Прозорість, см	12-30	10-25	15-25	0-2	0	0
Сухий залишок, г/л	0,35-0	13-20	0,3-0,6	0,45-10,0	70-85	50-65
ХСК, мг О ₂ /л	5-40	10-40	60-350	1000-4000	49000-66900	20000-48000
БСК _{повн} , мг О ₂ /л	5-12	5-80	180-300	950-4500	44000-59000	18000-4:000
БСК ₅ , мг О ₂ /л	2-10	2-40	100-2500	600-3700	29000-48000	15500-29900
Азот загальний, мг/л	-	-	-	-	2500-3860	940-2500
Леткі кислоти, мг/л	-	-	-	-	2300-3900	300-720

Категорія 4 (дуже забруднена вода): Характеризується високим значенням БСК, що свідчить про значне забруднення, яке може бути небезпечним для водних екосистем.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

У відповідності до методики ОНД-86 здійснюється математичне моделювання атмосферного повітря за вмістом забруднюючих речовин, що є досить простим та дає змогу проводити обчислення як «вручну», так і за допомогою пакетів прикладних програм, що автоматизують розрахунок. Розрахунок проводиться в програмному середовищі Mathcad, яке дозволяє автоматизовано проводити обчислення та виводити графіки залежностей концентрації забруднюючих речовин в повітрі від відстані до джерела здійснення викиду [19-21].

3.1 Розрахунок приземних концентрацій ЗР викидів стаціонарних джерел по осі факелу

Розрахунок приземних концентрацій забруднюючих речовин викидів стаціонарних джерел по осі факелу здійснюється за методикою ОНД-86 для Немирівського спиртового заводу.

Джерело викиду – апаратний цех

Вхідні дані

H , м – висота джерела викиду над рівнем землі, $H=19$ м;

D , м – діаметр устя джерела викиду, $D=2.86$ м;

V , м³/с – витрата газоповітряної суміші, $V=0.01$ м³/с;

$T^{\circ}C$ – температура газоповітряної суміші, що виходить з устя джерела викиду, $T^{\circ}=26$ °C;

T_1 – середня максимальна температура навколишнього середовища у найбільш жаркий місяць року, для України $T_1= 25^{\circ}C$;

M , г/с – маса ЗР, що викидається в атмосферу за одиницю часу, $M=0,332$ г/с.

Газоповітряна суміш складається з випарів етилового спирту та повітря.

Розраховуємо максимальне значення приземної концентрації ЗР C_m (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиничного точкового джерела з круглим

устям, що досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані x_m від джерела:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (3.1)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, для території Країни $A=180$;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання ЗР в атмосферному повітрі, $F=1$ для газів та мілкодисперсних аерозолів;

m , n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду;

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. Для всієї Вінницької області, де перепади висот не перевищують 50 м на 1 км, $\eta=1$;

ΔT (°C) – різниця між температурою газоповітряної суміші та температурою навколишнього середовища, $\Delta T = 1^\circ\text{C}$.

Розраховуємо середню швидкість виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду (м/с):

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}, \quad (3.2)$$

$$\omega_0 = 1.557 \cdot 10^{-3} \text{ (м/с)},$$

де V , м³/с – витрата газоповітряної суміші, $V=0,01$ м³/с;

D , м – діаметр устя джерела викиду, $D=2,86$ м.

Для визначення коефіцієнтів m і n розраховуємо f , v , v^1 , f_1 :

$$f = \frac{1000 \cdot \omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1.92 \cdot 10^{-5}, \quad (3.3)$$

$$v = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} = 0.052, \quad (3.4)$$

$$v^1 = 1.3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} = 3.046 \cdot 10^{-4}, \quad (3.5)$$

$$f_1 = 800 \cdot (v^1)^3 = 0.116. \quad (3.6)$$

Оскільки $f \leq 100$, коефіцієнт m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} = 1.15. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт n у випадку $f \leq 100$ та при $0.5 < v < 2$ визначається за формулою:

$$n = 0.532 \cdot v^2 - 2.13 \cdot v + 3.13 = 3.02. \quad (3.8)$$

Отже, максимальне значення приземної концентрації ЗР C_m (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиничного точкового джерела з круглим устям, що досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані x_m від джерела:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (3.9)$$

$$C_m = 2.668 \text{ мг/м}^3,$$

Розраховуємо відстань до джерела викиду, при якому приземна концентрація досягає максимального значення при несприятливих метеорологічних умовах:

$$x_1 = d \cdot H \cdot \frac{5 - F}{4}, \quad (3.10)$$

де H , м – висота джерела викиду над рівнем землі, $H=19$ м;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання ЗР в атмосферному повітрі, $F=1$ для газів та мілкодисперсних аерозолів;

d – безрозмірний коефіцієнт, що при $f < 100$ та при $0.5 < v < 2$, визначається за формулою:

$$d = 4.95 \cdot v \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad d = 0.262, \quad (3.11)$$

$$x_1 = 4.973 \text{ м.}$$

Розраховуємо значення небезпечної швидкості вітру на рівні флюгера (≈ 10 м над рівнем землі), при якій досягається найбільше значення приземної концентрації ЗР. При $0.5 < v < 2$ визначається за формулою:

$$u = v, \quad u = 0.052 \text{ м/с.} \quad (3.12)$$

Розраховуємо максимальне значення приземної концентрації ЗР при несприятливих метеорологічних умовах та швидкості вітру:

$$c = r \cdot C_m, \quad (3.13)$$

$$c_4 = 267,037$$

Розраховуємо відстань від джерела викиду, на якій при швидкості вітру u (м/с) та несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація ЗР досягає максимального значення:

$$x_7 = p \cdot x, \quad (3.14)$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від співвідношення швидкості вітру в навколишньому середовищі до максимальної швидкості вітру (u/v). При $0.25 < \frac{u}{v} < 1$:

$$p = 8.43 \cdot (1 - g)^5 + 1, \quad (3.15)$$

$$p = 4.03 \quad x_7 = 20.042 \text{ м},$$

Розраховану приземну концентрацію ЗР C (мг/м³) в атмосфері по осі факелу на різних відстанях від джерела викиду та наведено на рисунку 3.1

$$x = \begin{pmatrix} 18 \\ 19 \\ 20 \\ 25 \\ 30 \\ 35 \\ 40 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} x_1 = d \cdot H \cdot \frac{5-F}{4} \cdot i \\ x_1 = 4.973i \\ l = \frac{x}{x_1} \\ s_1 = 3 \cdot l^4 - 8 \cdot l^3 + 6 \cdot l^2 \\ C = s_1 \cdot C_1 \end{matrix} \quad C = \begin{pmatrix} 0.267 \\ 0.267 \\ 0.267 \\ 0.255 \\ 0.229 \\ 0.200 \\ 0.173 \end{pmatrix}. \quad (3.16)$$

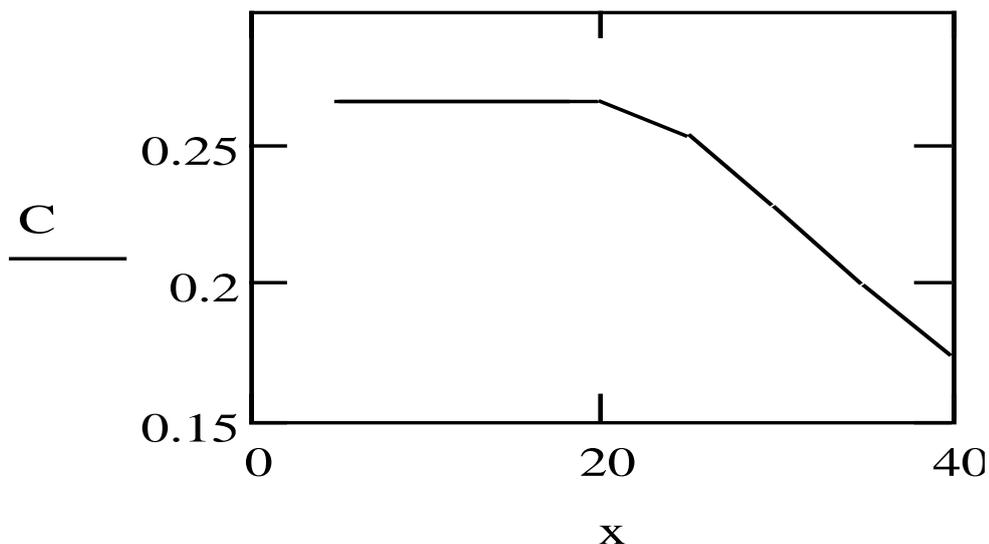


Рисунок 3.1 – Залежність приземної концентрації ЗР від відстані та джерела викиду.

3.2 Розрахунок приземних концентрацій ЗР викидів групи джерел та побудова карти розсіювання

При одночасній присутності в атмосферному повітрі декількох (n) речовин, що володіють ефектом сумачії шкідливої дії, для кожної групи вказаних речовин розраховується безрозмірна сумарна концентрація q. Безрозмірна концентрація визначається за формулою (3.14)

$$q = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n}; \quad (3.14)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n (мг/м³) - розрахункова концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі в одній і тій же точці місцевості;

ГДК₁, ГДК₂ ..., ГДК_n (мг/м³) - відповідні максимально разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі [5-8].

Побудова карти рисунок 3.2 здійснюється з використанням програми ОНД86.

Речовина: – пил органічний ГДК, мг/м³: 0,1

Коефіцієнт осідання: 1,0

Таблиця 3.1 – Джерела викиду пил органічний

№	Викид, г/с	Сm, од. ГДК	Xm, м	Um, м/с
3	0,000260	0,0022	57,0	0,5

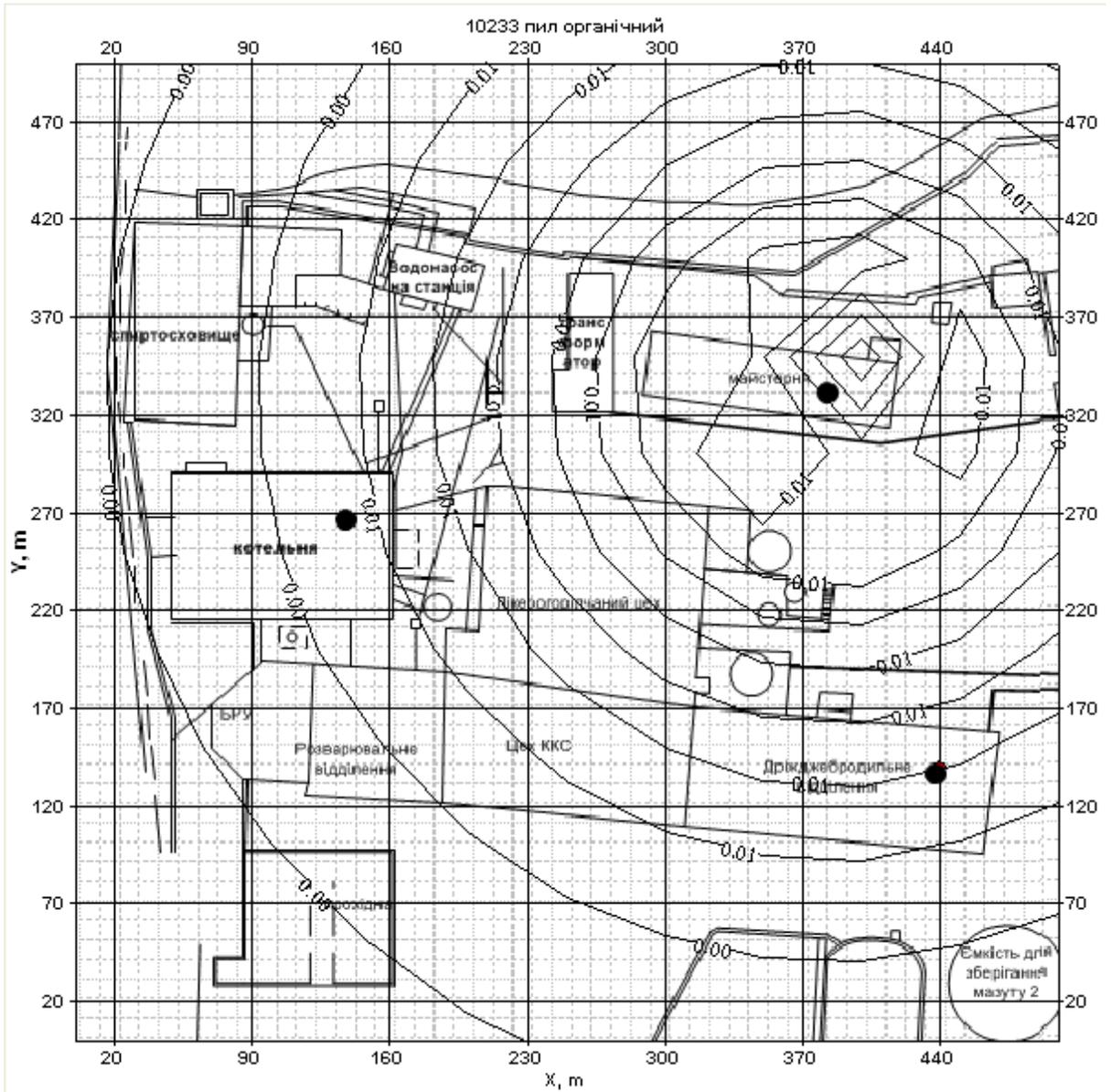


Рисунок 3.2 - Карта розсіювання пилу органічного

4 ЕКОЛОГІЧНА МОДИФІКАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО

Ефективний розвиток спиртового виробництва та забезпечення якості продукції на високому рівні неможливі без вирішення комплексу еколого-економічних проблем. Основним напрямком екологізації є створення максимально безвідходного виробництва за рахунок вдосконалення і модернізації технологічних процесів.

На сьогоднішній день в спиртовій промисловості склалася достатньо складна екологічна ситуація з утилізацією основного відходу виробництва – зернової барди. За рік 82 спиртових заводи України в процесі виробництва спирту отримують близько 4,5 млн. тонн барди, яка в натуральному вигляді не має попиту на ринку, і її, відповідно, потрібно утилізувати іншим способом [18,19].

Спиртова промисловість практично не має очисних споруд. Післяспиртова барда не може бути використана безпосередньо на корм худобі через високий вміст мінеральних солей, карамелей, меланоїдів. У більшості підприємств м'ясна та зернова барда скидається у відстійники, які займають великі земельні площі. В цих відстійниках (полях фільтрації) відбувається фільтрація стічних вод через шар ґрунту. Та фільтраційна й пропускна здатність ґрунту швидко виснажується, відстійники переповнюються. Екологія спиртової промисловості досягла катастрофічного стану. Причиною цього стало те, що в процесі створення цих виробництв не передбачалося будівництво споруд по очищенню й переробці відходів [16-20].

Вихід барди складає 1100...1200 % від об'єму одержаного спирту. У ній міститься 7,5...8,5 % сухих речовин, з яких 26...30 % протеїну, який через 2-3 доби після отримання барди і викиду її на поля фільтрації, починає розкладатися з виділенням небезпечних і отруйних речовин. Але, враховуючи фізико-хімічний склад сирової барди, її можна віднести до цінних білкових продуктів харчування для сільськогосподарських тварин. Не дивлячись на це, зернову барду

використовують дуже нераціонально. В деяких випадках її згодовують тваринам в натуральному вигляді, проте зважаючи на короткий термін зберігання і сильного зниження поголів'я худоби, таке використання післяспиртової барди не є ефективним, оскільки це дозволяє утилізувати тільки невелику її частину. Іншу ж барду потрібно направляти на поля фільтрації.

Ефективним способом утилізації післяспиртової барди на закордонних заводах є її висушування з подальшим гранулюванням. Це дозволяє значно поліпшити екологічну ситуацію навколо заводу, а крім того підвищити ефективність спиртового виробництва – виручка від реалізації сухої гранульованої барди дозволяє покрити 30-40 % виробничих витрат і понизити собівартість спирту на 20-30 %.

Враховуючи досвід західноєвропейських виробників спирту, рекомендується і на наших заводах переводити барду в сухий стан для підвищення ефективності її використання. Суха барда придатніша до тривалого зберігання, крім того, її можна використовувати для виготовлення комбікормів. Таким продуктом є суха гранульована барда, відома у всьому світі як DDGS (Distillers Dried Grainwith Solubles). Цей продукт є цінним білковим кормом і має великий попит на світовому ринку.

Впровадження виробництва DDGS на спиртзаводі дасть можливість не тільки поліпшити екологічну ситуацію і уникнути санкцій санепідстанції і органів екологічного контролю, але і отримати додатковий прибуток від реалізації кормового продукту.

За оцінками експертів, основними споживачами продукту DDGS будуть представники тваринництва – фермерські господарства, птахофабрики, а також приватні і колективні господарства. У країнах ЄС споживання білкових кормів складає близько 450 кг на тонну фуражного зерна, в Україні ж цей показник складає всього лише 85 кг. Через гострий брак білкової сировини щорічна перевитрата зерна в Україні складає близько 1,5 млн. тонн. Як наслідок, щорічно скорочується поголів'я худоби і птиці.

Впровадження даного проекту забезпечить виробництво близько 15 тис. тонн конкурентоспроможного цінного білкового корму тільки на одному заводі з добовою потужністю 6000 дал спирту.

Найбільшими споживачами білкового корму DDGS є країни Північної Африки, Центральної і Південно-Східної Азії. Ринкова вартість 1 тонни гранул сухої барди в цих регіонах складає 100.140 USD.

Одним з перспективних ринків гранул з сухої барди можуть бути і західноєвропейські паливні компанії, споживачі барди, як альтернативне біопаливо. У найближчі 5 років перспективи ринку продукту DDGS, як біопалива практично безмежні. Виходячи з теплофізичних характеристик гранул DDGS, орієнтовна вартість 1 тонни продукту на ринку біопалива може скласти від 120 до 160 USD залежно від сезону.

4.1 Принципова технологічна схема виготовлення сухої гранульованої барди

Технологічний процес отримання продукту DDGS полягає в концентрації зернової барди, висушуванні отриманого концентрату і гранулюванні останнього.

Всю апаратурно-технологічну схему виробництва гранул DDGS можна умовно розбити на 4 стадії: стадія декантування сирої барди, упарювання фугата, сушка вологого залишку і гранулювання сухої барди (рисунок 4.1).

Декантування барди відбувається розділенням барди на рідку (фугат) і дисперсну (вологий залишок) фазу, яка здійснюється з використанням декантерних центрифуг.

Упарювання фугату барди проводиться до вмісту 40 % сухих речовин.

Сушка суміші вологого залишку з концентрованим фугатом здійснюється на роторно-трубчастих сушках.

Остання стадія виробництва - гранулювання сухої барди.

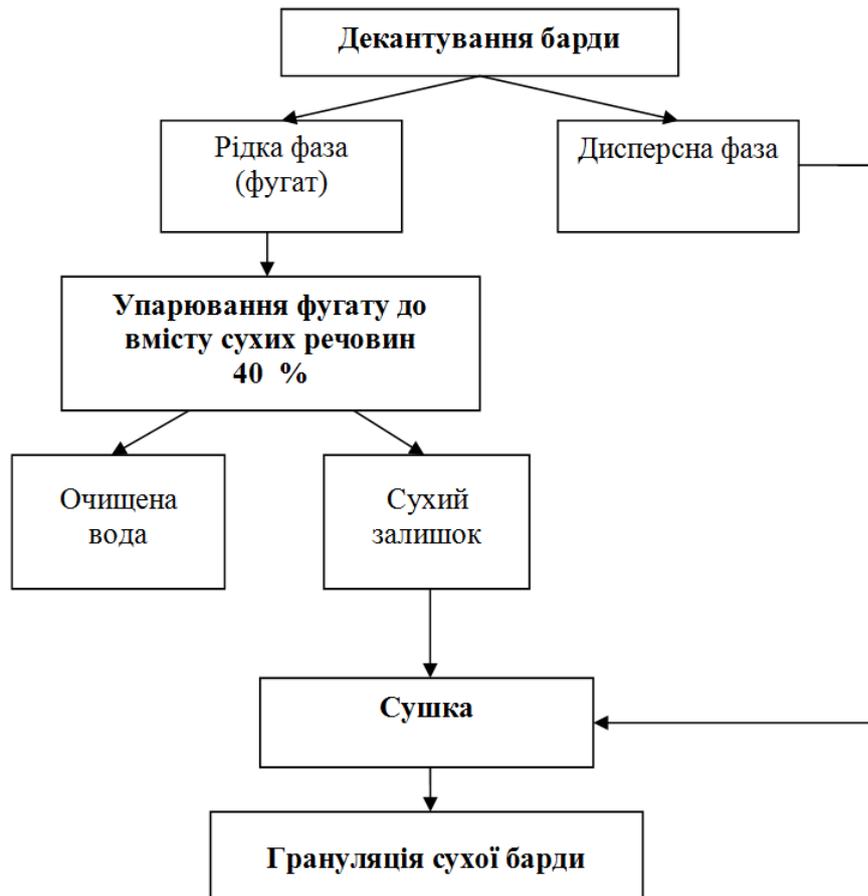


Рисунок 4.1 – Схема виготовлення сухої гранульованої барди

4.2 Основні напрями використання гранульованої барди

Висушена барда є цінною речовиною і може бути використана як корм або паливо. Але такий продукт має ряд недоліків, за яких його використання буде неефективним. По-перше, він має низьку насипну вагу, що підвищує вартість транспортування до споживача прийде з дуже високою ціною. По-друге, суха барда наполовину складається з пилоподібної фракції, що сильно ускладнює її використання.

Щоб усунути ці недоліки, рекомендується гранулювати суху барду відповідно до міжнародних стандартів. За допомогою гранулювання можна понизити питомий об'єм в 3,5-4 рази, підвищивши насипну щільність до 600-650 кг/м³. Це дасть можливість зменшити транспортні витрати у декілька разів і

транспортування гранульованої барди на великі відстані сильно на вартість продукту не вплине. Гранульована барда при зберіганні займає значно менше місця в складах, чим негранульована, отже, підвищується місткість складів. Гранули зручніші в експлуатації, ніж пилоподібний продукт.

Дуже важливо те, що завдяки пресуванню термін зберігання сухої барди зростає з одного місяця до шести. Крім того, при гранулюванні сухої барди з метою використання її в якості корму для тварин можна вводити до її складу інші компоненти, наприклад різні вітаміни і добавки, тобто отримувати повноцінні готові комбікорми і таким чином підвищувати цінність готового продукту.

Завдяки високому вмісту білка та інших цінних і корисних речовин (жири, клітковина, деякі вуглеводи), це цінний сухий корм для тварин [16-20].

Встановлено, що в раціон великої рогатої худоби доцільно додавати висушену барду, яка містить всі корисні речовини рідкої барди, але кормова цінність якої вища на 30 % завдяки більшій засвоюваності білка. Фізико-хімічний склад натуральної, упареної та сухої барди наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-хімічний склад натуральної, упареної і сухої барди

Вигляд барди	СР, %	Структура сухих речовин					
		Азот			Протеїн	Білок	Зола
		загальний	білковий	небілковий			
Натуральна	7,5-8,5	4,2	3,1	1,1	26,25	19,37	5,7
Упарена	15-16	4,2	3,2	1,0	26,25	20,00	5,36
Суха	86-60	4,86	3,2	1,66	26,68	24,00	5,38

За органолептичними і фізико-хімічними показниками DDGS відповідає загальноприйнятим вимогам, приведених в таблиці 4.2.

У пошуках альтернативного використання гранульованої післяспиртової барди фахівцями були проведені дослідження теплофізичних властивостей продукту DDGS. Виходячи з результатів експерименту, приведених в таблиці 5.3,

можна зробити висновок, що гранули з сухої барди мають достатньо високу теплоту згорання і низьку зольність, і можуть використовуватися як біопаливо - другий напрям [15-19]. Теплофізичні властивості зернової барди наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Фізико-хімічні показники сухої гранульованої післяспиртової барди

Найменування показника	Характеристики
Зовнішній вигляд	Розсипний продукт або гранули
Колір	Від ясно-жовтого до коричневого
Запах	Хлібний-дріжджовий, властивий зерновій сировині і дріжджам, без стороннього запаху
Масова частка вологи, %, не більше	10,0
Для гранульованих продуктів %, не більше	11,0
Масова частка сирого протеїну, не менше	25,0 (30,0)
	18,0
Масова частка вуглеводів (на СР), не більше	25,0
Масова частка золи (на СР), не більше	10,0
Діаметр гранул, мм, не більше	10,0
Металомангітна домішка: частинки розміром до 2 мм включно в 1 кг продукту, міліграм, не більше	30,0
Токсичність	Не допускається

Примітка: СР – суха речовина

Таким чином, суха гранульована післяспиртова барда є екологічно чистим біопаливом з високою теплотворною здатністю, порівнянно з щільними видами деревини і деревним вугіллям.

Третій напрям – організація виробництва біогазу в процесі біологічної очистки післяспиртової барди.

Біогаз є продуктом бродіння (метанової ферментації) органічних відходів будь-якого походження. Ефективною з точки зору енергозбереження та охорони довкілля є біологічна очистка післяспиртової барди метаноутворюючими бактеріями з отриманням біогазу. Залежно від вмісту метану енергоємність біогазу становить 23-25 МДж/м³, тобто 70 % від енергоємності природного газу.

Таблиця 4.3 – Теплофізичні властивості зернової барди

Показники		Барда гранульована	Деревина
Вологість	W %	8,285	35
Зольність	A %	1,7	0,6
Леткі речовини	V %	81,39	85
Теплота згоряння: по сухій речовині (CP)	кДж/кг	20 158	18800

Біологічна очистка післяспиртової барди дає змогу додатково отримати від 1800 до 3000 м³ біогазу на 1000 декалітрів спирту, що еквівалентно 40 % потреб у природному газі спиртового заводу. Водночас на 70-90 % можна зменшити забруднення стічних вод, отримати високоякісне органічне добриво та створити автономне виробництво біоетанолу із замкнутим циклом енерго- та водоспоживання.

Четвертий напрям - розміщення біореакторів і метантенків для зброджування органічних відходів на базі спиртового заводу (виробництво біоетанолу).

У випадку розміщення біореакторів і метантенків для зброджування органічних відходів на базі спиртових заводів, сировина для одержання біогазу утворюватиметься на місці. Біогаз зручний для використання, оскільки його можна легко транспортувати на великі відстані. Застосування біогазу не тільки сприяє обмеженню неконтрольованих викидів метану в атмосферу Землі, який призводить до парникового ефекту, а й ліквідує гниючі органічні відходи і джерела токсинів, гельмінтів, хвороботворних мікроорганізмів. Біогазова установка об'ємом реактора 3 м³ дає на добу 4-6 м³ (при дотриманні технологічного процесу 8-12 м³) біогазу [20-22].

Етанол виробляється методом зброджування цукрів (глюкози, сахарози та деяких інших) у безкисневому середовищі спиртовими дріжджами. Раніше майже весь етанол, виготовлений таким шляхом, використовувався для виробництва алкогольних напоїв, і лише невеликі обсяги, отримані хімічними методами, застосовувалися у промисловості. Етанол є абсолютизованим етиловим спиртом.

Виробництво етилового спирту (ВКД – високооктанова киснево-вмісна добавка), що являє собою кінцевий продукт із вмістом етанолу до 99,3 – 99,7 % та одержують біоконверсією вуглеводневмісної відновлюваної сировини.

Технологія розроблена УкрНДІ Спиртбіопром та впроваджена у виробництво на Немирівському спиртовому заводі. Сама технологія ґрунтується на азеотропному зневодненні спиртово-водної суміші із використанням циклогексану, як розділюючого агента [11]. В Україні планується використання бензинів з вмістом ВКД до 2 % об'ємних. При цьому ВКД використовують як добавку, що підвищує октанове число пального.

Програмою "Етанол" передбачена організація виробництва ВКД як добавки до бензинів на спиртових заводах, що переробляють мелясу, та на деяких зернових заводах загальною продуктивністю понад 350 тис. т на рік. Це дозволить отримувати близько 6 млн. т сумішевих бензинів.

Отже, ефективність використання біоетанолу доведено, економічний ефект застосування біоетанолу полягає у зниженні вартості палива, спиртові заводи України в змозі виробляти біоетанол, при виробництві біоетанолу повинна бути забезпечена економічна зацікавленість НПЗ у його застосуванні [17-20].

4.3 Перспективний план заходів у сфері поводження з відходами спиртового виробництва

На сьогоднішній день в спиртовій промисловості склалася достатньо складна екологічна ситуація з утилізацією основного відходу виробництва –

зернової барди. Спиртова промисловість практично не має очисних споруд. Післяспиртова барда скидається у відстійники, які займають великі земельні площі. В цих відстійниках (полях фільтрації) відбувається фільтрація стічних вод через шар ґрунту. Та фільтраційна й пропускна здатність ґрунту швидко виснажується, відстійники переповнюються. Причиною цього стало те, що в процесі створення цих виробництв не передбачалося будівництво споруд по очищенню й переробці відходів.

На підприємстві здійснюється комплекс заходів, направлених на охорону навколишнього середовища, дотримання вимог екологічної безпеки, інших нормативів та лімітів використання природних ресурсів. Основними природоохоронними заходами, які можна запровадити на підприємстві є:

- проведення поточного ремонту карт полів фільтрації з метою підвищення їх фільтрувальної здатності;
- проведення ремонту бардополів для видалення рідких відходів;
- впровадження енергозберігаючої технології виробництва сухої гранульованої барди і повної біологічної очистки всіх забруднених стічних вод на Немирівському спиртовому заводі;
- використання гранульованої післяспиртової барди в якості біопалива;
- організація на базі спиртзаводу виробництва біогазу, який в основному використовується для обігріву;
- брикетування барди;
- розміщення біореакторів і метантенків для зброджування органічних відходів на базі спиртового заводу (виробництво біоетанолу);
- виробництво кормових дріжджів;
- комплексна екологічна система очистки стічних вод: побудова очисних споруд для стовідсоткового очищення каналізаційних скидів, біологічні ставки доочистки, ставки оборотних вод

З метою охорони атмосферного повітря на підприємстві встановлені нормативи гранично допустимих викидів в атмосферу, проведена інвентаризація джерел викидів забруднюючих речовин.

Водокористування здійснюється у відповідності до індивідуальних балансових норм водоспоживання і водовідведення. Проводяться заходи щодо постійного контролю за якістю артезіанських та поверхневих вод.

На підприємстві розроблено реєстрову карту об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів, затверджену начальником Державного управління екології та природних ресурсів. Шкідливі відходи виробництва утилізуються або передаються відповідним організаціям.

На підприємстві «Немимрівський спиртовий завод» проводиться цілеспрямована робота по ефективному використанню сировинних, паливно-енергетичних ресурсів, більш широкого використання комплексної переробки сировини, впровадження маловідходних технологій.

Всі ці заходи дають можливість зменшити шкідливий вплив виробництва на навколишнє середовище.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНОЇ БАРДИ

5.1 Виготовлення сухої після спиртової гранульованої барди

Впровадження природоохоронних технологій, як правило, вимагає великих матеріальних затрат і не дає прибутку підприємству.

Розрахуємо економічний ефект від впровадження технології виготовлення сухої після спиртової гранульованої барди на підприємстві Немирівський спиртзавод.

Розрахуємо щорічний дохід B_p підприємства від реалізації продукції до та після впровадження виготовлення сухої гранульованої барди, як кормова добавка для тварин за формулою 5.1:

$$B_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} \cdot N_i, \quad (5.1)$$

де C_{pi} – ціна реалізації виробу i -го найменування в даному році, грн.;

N_i – кількість виробів i -го найменування, які були (будуть) реалізовані в даному році, шт.;

n – кількість найменувань видів виробів.

Ціна реалізації рідкої барди – 5 грн за тонну. Обсяг реалізації барди 228750 т/рік. Отже, щорічний дохід підприємства від реалізації рідкої барди, як корм для с/г тварин, складає:

$$B_{p.p.б} = 5 \cdot 228750 = 1143750 \text{ (грн/рік)}.$$

Але улітку, коли худобу переводять на зелені корми, колгоспи та населення для годівлі худоби, не дуже охоче беруть барду. Виникає проблема її збереження, адже цей продукт швидко псується. Збут барди ускладнюється, спорудити сховища біля заводу нема як, оскільки підприємство розташоване у центрі міста. Отже, виручка від реалізації (B) рідкої барди складає:

$$B = 1143750 \cdot 3/4 = 857812,5 \text{ (грн)}.$$

В літній період року обсяги реалізації рідкої барди падають на 1/4, тому підприємству потрібно сплачувати великі кошти за розміщення відходів, а це збитки.

$$S_1 = 1/4 \cdot 1143750 = 285937,5 \text{ (грн)},$$

$$S_2 = 1/4 \cdot 1035000 = 258750 \text{ (грн)},$$

де 1143750 грн – дохід підприємства від реалізації рідкої барди за рік;

1035000 грн – сума збору за розміщення барди.

$$\Pi = 1143750 + 285937,5 = 1429687,5 \text{ (грн)}.$$

Отже, в літній період року чистий прибуток від реалізація рідкої барди від'ємний, що означає збитки (розміщення відходів).

$$\text{ЧД} = 857812,5 - 1429687,5 = -571875 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахуємо щорічний дохід підприємства від реалізації сухої барди як кормова добавка для тварин: ціна 1 тонни сухої гранульованої барди 600 грн, а обсяг виробництва – 230 т/рік. Дохід підприємства складає:

$$B_{p.c.b} = 600 \cdot 230 = 138000 \text{ (грн./рік)}.$$

Чистий щорічний дохід ЧД підприємства від реалізації продукції до та після впровадження запропонованої рекомендації розраховується за формулою 5.2:

$$\text{ЧД} = B_p \cdot \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (5.2)$$

де β – чинна ставка податку на додану вартість, %. В 2009 році $\beta = 20$ %.

Розрахуємо чистий щорічний дохід ЧД підприємства від реалізації продукції (рідка барда) до впровадження технології виготовлення сухої барди:

$$\text{ЧД}_{c.b} = 1143750 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 915000 \text{ (грн./рік)}.$$

Чистий щорічний дохід ЧД підприємства від реалізації продукції (гранульована барда) після впровадження технології виготовлення сухої барди:

$$\text{ЧД}_{c.b} = 138000 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 110400 \text{ (грн./рік)}.$$

Витрати підприємства V_o на виробництво і реалізацію продукції (гранульована барда) (або фінансові результати від звичайної діяльності до

оподаткування) після впровадження запропонованої рекомендації складає 2000000 грн.

Розрахуємо величину податку на прибуток Π_n , що його щорічно сплачує підприємство після впровадження технології виробництва сухої барди за формулою 5.3:

$$\Pi_n = \frac{(\text{ЧД} - B_o) \cdot \lambda}{100}, \quad (5.3)$$

де ЧД – чистий дохід підприємства в даному році, грн.;

λ – ставка податку на прибуток, %.

$$\Pi_n = \frac{(110400 - 2000000) \cdot 25}{100} = -472400 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахуємо щорічні загальні витрати підприємства V_T після впровадження запропонованої рекомендації за формулою 5.4:

$$V_T = B_o + \Pi_n, \quad (5.4)$$

де B_o – витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції, (або фінансові результати від звичайної діяльності до оподаткування), грн.;

Π_n – податок на прибуток, що його повинно сплачувати підприємство в даному році, грн.

$$V_T = 2000000 + (-472400) = 1527600 \text{ (грн/рік)}.$$

Чистий прибуток Π_i , що його щорічно буде отримувати підприємство після впровадження технології виробництва сухої гранульованої барди можна розрахувати за формулою 5.5:

$$\Pi_i = \text{ЧД} - V_T, \quad (5.5)$$

де ЧД – щорічний чистий дохід підприємства від реалізації продукції, грн.

V_T – щорічні витрати підприємства, грн.

$$\Pi_i = 110400 - 1527600 = -1417200 \text{ (грн/рік)}$$

Розрахуємо економічний ефект E_Φ від впровадження запропонованої рекомендації за формулою 5.6:

$$E_\Phi = \Pi_{i(d)} - \Pi_{i(n)}, \quad (5.6)$$

де $\Pi_{i(d)}$ – величина щорічного чистого прибутку, що його отримувало підприємство до впровадження запропонованої рекомендації, грн./рік;

$\Pi_{i(n)}$ – величина щорічного чистого прибутку, що його буде отримувати підприємство після впровадження запропонованої рекомендації, грн./рік.

$$E_{\phi} = 915000 - 110400 = 804600 \text{ (грн/рік)}.$$

Щоб оцінити економічну ефективність впровадження рекомендацій доцільно розрахувати такі показники:

- індекс дохідності одночасних витрат на впровадження рекомендації – ІД;
- період окупності одночасних витрат – ПО;

Індекс дохідності ІД одночасних витрат на впровадження рекомендації розраховують за формулою 5.7:

$$ID = \frac{E_{\phi}}{B}, \quad (5.7)$$

де E_{ϕ} – економічний ефект від впровадження рекомендації, грн.;

B – одночасні витрати на впровадження рекомендації, грн.

Впровадження рекомендації вважається економічно ефективним, якщо показник ІД $\geq (0,2...0,33)$ [18-20].

$$ID = \frac{804600}{2000000} = 0,4.$$

Індекс дохідності більший 0,2-0,33. Отже, запровадження технології виготовлення сухої гранульованої барди, як корм для тварин є економічно ефективним.

Період окупності ПО витрат на впровадження рекомендації розраховують за формулою 5.8:

$$PO = \frac{B}{E_{\phi}}. \quad (5.8)$$

Впровадження рекомендації вважається економічно ефективним, якщо показник ПО $\leq (3...5)$ років.

$$PO = \frac{2000000}{804600} = 2,486.$$

Отже, період окупності запропонованої технології 2-3 роки, що є економічно ефективним.

Таким чином, можна зробити висновок, що впровадження виробництва гранульованої барди з подальшою її реалізацією як білкова кормова добавка, дозволяє не тільки переробити великі об'єми рідкою барди і уникнути екологічних санкцій, але і отримувати додатковий прибуток

Економічно ефективно буде організація на підприємстві виробництво біоетанолу, уразі зміни сучасної державної політики в галузі альтернативних джерел енергії. Підприємство отримуватиме пільги, квоти на постачання продукції, несплата певних податків та підтримка держави у можливному експорті біоетанолу закордон, так як впроваджено в країнах Європи.

5.2 Розрахунок собівартості одержання біогазу із після спиртової барди

Вихід біогазу з рік, враховуючи вміст в сухої органічної речовини в біомасі розраховується за формулою:

$$V_{BG} = (COP_{PCB} + COP_{II} + COP_{CB}) \cdot k \cdot \tau, \text{ м}^3 \quad (5.9)$$

де V – річний вихід біогазу, м^3 ; τ – вихід біогазу з 1 кг органічної речовини: $265 \text{ дм}^3/\text{кг COP}$; k – коефіцієнт зброджування органічної речовини (0,5).

Оскільки, з першого реактора рідка фракція подається на доочищення в анаеробному UASB-реакторі, то на цій стадії ми теж одержали біогаз, тому

$$V_{BG} = (COP_{PCB} + COP_{II} + COP_{CB} + COP) \cdot k \cdot \tau, \text{ м}^3 \quad (5.10)$$

$$COP_{PCB} = M_{PCBp} \cdot \rho, \text{ кг}; \quad COP_{II} = M_{IIp} \cdot \alpha, \text{ кг}; \quad COP_{CB} = M_{CBp} \cdot \beta, \text{ кг},$$

де M_{PCBp} , M_{IIp} , M_{CBp} – річна маса PCB, посліду та СВ відповідно ρ , α , β – кількість COP в кг PCB, посліду та СВ відповідно.

$$\begin{aligned} \text{Звідси: } V_{BG} &= (136800 \cdot 55,71 + 5700 \cdot 187,39 + 12000 \cdot 3,39 + 2788517) \cdot 0,5 / 1000 \cdot 265 \\ &= 1526194, \text{ м}^3 \end{aligned}$$

5.3 Аналіз техніко-економічних показників

Режим роботи підприємства – безперервний (підприємство працює 365 днів на рік протягом 24 годин на добу, двозмінний режим роботи).

Тому ефективний фонд робочого часу становить:

$$T_{\text{ef}} = 365 \cdot 24 = 8760, \text{ год/рік} \quad (5.11)$$

Основні техніко-економічні показники підрозділу представлені у табл.5.1.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники

Показник	Значення показників підприємства	
	Одиниця вимірювання	Значення
1. Річний випуск продукції:		
- Біогазу	м ³ /рік	1526194
- органічного добрива	т/рік	40897
Показник	Значення показників підприємства	
	Одиниця вимірювання	Значення
2. Чисельність персоналу по списках	осіб	12
3. Середньорічний виробіток робітника;	м ³ /особу	127 182,8
4. Середньорічна зарплата на одного робітника	грн.	139 467
2 Капіталовкладення		
- усього;	грн.	54 300 000
- на одиницю продукції;	грн./м ³	35,58
6. Загальна собівартість продукту:		
- усього;	грн.	7 866 989
- на одиницю продукції;	грн./м ³	5,15
7. Ринкова вартість продукту;	грн./м ³	10,73
8. Відносний прибуток на одиницю продукції;	грн./м ³	5,58
9. Рентабельність продукту;	%	108
10. Строк повернень капіталовкладень;	років	1,92

5.4 Розрахунок вартості сировини і енергії на технологічні потреби

Розрахунок витрат сировини базується на нормах витрат, встановлених галузевими нормативами, стандартами та технологічними регламентами підприємств, обраним технологічним рішенням. Результати розрахунків представлені в табл.5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок вартості сировини

Сировина та матеріали, грн..		Витрати на рік		Витрати на одиницю продукції		
		Кількість, т	Сума, грн.	Кількість, т	Ціна, грн./м ³ (т)	Сума, грн..
Основна сировина:	ПСБ	136800	2617000	0,09	20	1,71
	Послід	5700	1026000	3,7·10 ⁻³	180	0,67
Разом:		142500	3643000	0,0937	-	2,38

Розраховані величини для різного обладнання внесено до табл.5.3.

Вартість спожитої енергії розраховують за формулою:

$$T_e = E \cdot C = 236817,3 \cdot 1,707 = 404247,13, \text{ грн} \quad (5.12)$$

де С – ринкова вартість електроенергії для підприємств. Розрахунок вартості енергії на технологічні потреби приведені у табл.5.4.

Таблиця 5.3 - Розрахунок потреби в електроенергії на технологічні потреби

Обладнання	Потужність, кВт	Кількість, од	Коефіцієнт попігу	Загальна потужність обладнання, кВт	Коефіцієнт збільшення потужності	Ефективний час роботи, год/рік	Загальні витрати електроенергії, кВт/рік
Основне обладнання							
Метантенк	3	1	0,9	3	1,1	8541	31317
UASB - реактор	3	1	0,9	3	1,1	8541	31317
Змішувач	0,8	1	0,9	0,8	1,1	6	5,9
Декантер	1,2	1	0,9	1,2	1,1	1540	2258,7
Газгольдер	0,3	2	0,9	0,6	1,1	8612	6315,5
КНС	4	2	0,9	8	1,1	8541	83512
Радіальний відстійник	0,8	2	0,9	1,6	1,1	8631	13809,6
Допоміжне обладнання							
Фронтальний навантажувач	1,2	1	0,9	1,2	1,1	60	88
Побрибнювач гною	1,5	1	0,9	1,5	1,1	90	133,7
Шнековий конвеєр	1,2	3	0,9	3,6	1,1	255	1122
Усього на основне і допоміжне обладнання							182167,3
Невраховане електрообладнання							54650
Разом							236817,3

Таблиця 5.4 - Розрахунок вартості енерговитрат

Енергоносії	Витрати на рік		Витрати на одиницю продукції		
	Кількість, од	Сума, грн.	Кількість, од	Ціна, грн./од	Сума, грн.
Електроенергія	236817,3кВт	404247,13	0,16 кВт	1,707	0,26

5.5 Розрахунок заробітної плати персоналу

Кількість працівників приймаємо 12 чоловік (1 – директор, 1 технолог, 4 – оператори, 3 – інженери апаратники, 2 – лаборанти, 1 – бухгалтер). Заробітна плата персоналу, який обслуговує БГУ наведена в табл.5.5.

Таблиця 5.5 - Розмір середньомісячної заробітної плати персоналу біогазової станції

№ п/п	Посада працівника	Кількість працівників	Розмір заробітної плати
1	Директор	1	16 500
2	Технолог	1	14 500
3	Оператор	4	10 800
4	Інженер-апаратник	3	8 500
5	Лаборант	2	10 200
6	Бухгалтер	1	15 200

За даними наведеними в табл.5.5 розраховуємо середньорічний фонд оплати праці:

$$Z_p = n \cdot (Z_d + Z_t + 4 \cdot Z_o + 3 \cdot Z_i + 2 \cdot Z_l + Z_b) + \Phi_p, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

де Z_p – річний фонд оплати праці, грн; n – кількість місяців в році, одиниць; Z_d – заробітна плата директора, грн; Z_t – заробітна плата технолога, грн; Z_o – заробітна плата оператора, грн; Z_i – заробітна плата інженера-апаратника, грн; Z_l – заробітна плата лаборанта, грн; Z_b – заробітна плата бухгалтера, грн; Φ_p – фонд премій та заохочень, грн..

$$\text{Звідси: } Z_p = 12 \cdot (16500 + 14500 + 4 \cdot 10800 + 3 \cdot 8500 + 2 \cdot 10200 + 15200) + 50000 = 1673600, \text{ грн.}$$

5.6 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість розраховують на підставі калькуляції, яку складають або за елементами (для підприємства в цілому), або за статтями (для окремого підрозділу) (табл.5.6).

Таблиця 5.6 - Калькуляція собівартості готової продукції

Стаття калькуляції	Витрати на річне одержання біогазу, грн.	Витрати на од.продукції (1м ³), грн.
Сировина та матеріали	3 643 000	2,386984
Енерговитрати	404 247	0,264873
Заробітна плата персоналу	1 673 600	1,096584
Відрахування на соціальне страхування від зарплати персоналу	694 544	0,455082
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1 000 000	0,655225
Разом цехова собівартість	7 415 391	4,858747
Загальнозаводські витрати (3% цехової собівартості)	222 462	0,145763
Виробнича собівартість	7 637 853	5,00451
Позавиробничі витрати (3% виробничої собівартості)	229 136	0,150136
Повна собівартість	7 866 989	5,154645

Отже, собівартість 1м³ біогазу з ПСБ становить 5,15 грн.

ВИСНОВКИ

Екологія спиртової промисловості знаходиться у катастрофічному стані. Спиртові заводи практично не мають очисних споруд. Причиною цього стало те, що в процесі створення цих виробництв не передбачалося будівництво очисних споруд по очищенню і переробці відходів. Основним напрямком екологізації спиртової галузі є створення максимально безвідходного виробництва за рахунок вдосконалення і модернізації технологічних процесів.

Ефективний розвиток спиртового виробництва та забезпечення якості продукції на високому рівня неможливі без вирішення комплексу еколого-економічних проблем. Основним напрямком екологізації є створення максимально безвідходного виробництва за рахунок вдосконалення і модернізації технологічних процесів.

Для підвищення рівня екологічної безпеки відходів Немирівського спиртового заводу необхідно налагодити процес утилізації після спиртової барди шляхом її висушування з подальшим гранулюванням. Висушена барда є цінною речовиною і може бути використана як корм або паливо. Кормові гранули з барди - це екологічний та економічний корм, що містить багато корисних речовин і покращує продуктивність тварин. Вони легко перетравлюються, підходять для великої рогатої худоби, свиней і птахів, сприяють зростанню маси та поліпшенню молочної продуктивності, легко зберігаються та транспортуються, можуть бути додатком до інших кормів.

Це дозволить значно поліпшити екологічну ситуацію навколо заводу, а крім того підвищити ефективність спиртового виробництва. Прибуток від реалізації сухої гранульованої барди дозволить покрити 35-40% виробничих витрат і понизити собівартість спирту на 20-30%.

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи дана екологічна характеристика спиртового виробництва, проаналізовано місця викиду шкідливих речовин і видано рекомендації по їх зменшенню та оцінено

напрямки використання та утилізації хімічних відходів виробництва спирту етилового ректифікованого.

Проведений аналіз екологічної безпеки спиртового виробництва та його продукції дозволяє зробити висновки:

- рівень якості спирту етилового ректифікованого відповідає світовим стандартам;

- екологічна безпека продукції забезпечується максимальною екологізацією виробництва;

- моделювання зони розсіювання забруднюючих речовин довело, що функціонування досліджених джерел викидів не призводить до перевищення гранично допустимих приземних концентрацій пилю органічного;

- модифікація та використання хімічних відходів виробництва спирту етилового ректифікованого дозволить підвищити економічну та екологічну ефективність заходів з охорони навколишнього природного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Спирт етиловий – Сімферополь: «Тавріда», 2000, 27 2с.
2. Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини, Україна, Київ, 2000, 140 с.
3. Техноекологія [Текст] : навч. посібник для студ. вищих навч. закладів / Київський національний ун-т будівництва і архітектури ; уклад. В. М. Удод [та ін.]. - К.
4. Франчук, Григорій Михайлович. Урбоекологія і техноекологія [Текст] : навч.-метод. посібник / Г. М. Франчук [и др.] ; Національний авіаційний ун-т. - К. : НАУ, 2004.
5. Бліщ Р. О. Інтенсифікація технологічних процесів виробництва спирту активацією гідролітичних ферментів [Текст] : дис..к.т.н/: 05.18.07 / Бліщ Р.О.; Національний ун-т "Львівська політехніка". - К., 2003.
6. Клименко Л. Техноекологія. – Сімферополь: Таврія. – 2000. – 542 с.
7. Техноекологія [Текст] : навч. посіб. для підготов. спец. 7.070801 "Екологія та охорона навколишнього середовища" / Бондар О. І. [та ін.] ; [за ред. В. М. Боголюбова]. - Херсон : Олді-плюс, 2011. - 314 с.
8. Васильєва, Олена Олександрівна. Організація виробництва [Текст] : навч. посіб. 6.051701 "Харчові технології та інженерія" спеціалізація "Технологія харчування" / О. О. Васильєва ; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. - Донецьк : [ДонНУЕТ], 2010. - 155 с.
9. Жолнер, Іван Дмитрович. Розробка та впровадження енерго- та ресурсозберігаючої технології спирту етилового технічного з вуглеводвмісної сировини [Текст] : дис... канд. техн. наук: 05.18.07 / Жолнер Іван Дмитрович ; Національний ун-т харчових технологій. - К., 2003.
10. Технологія спирту. В.О. Маринченко, В. А. Домарецький, П. Л. Шиян, В. М. Швець, П. С. Циганков, І. Д. Жолнер. / Під ред. проф. В. О. Маринченка. – Вінниця: “Поділля-2000”, 2003. – 496 с.

11. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навч. Посібник. – К.: Либідь, 2003. – 208 с.
12. Мельник Л.М. Наукове обґрунтування і розробка технології адсорбційного очищення та зневоднення спиртових розчинів природними сорбентами: д. д-ра техн. наук: 05.18.07 / Мельник Л.М.; Нац.ун-т харч. технологій. - К., 2005
13. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології. – К.: Фітоцентр, 1998. – 257 с.
14. Зубик, Степан Васильович. Техноекологія [Текст] : джерела забруднення і захист навколишнього середовища: Навч. посіб. для студ. спец. вищ. і середніх спец. навч. закл. / С. В. Зубик ; Інститут менеджменту та економіки "Галицька Академія". - Івано-Франківськ : Полум'я, 2004. - 450 с
15. Техноекологія [Текст] : навч. посібник / Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича. - Чернівці : Рута, 2008.
16. Техноекологія [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. А. Воденніков, Г. Б. Кожемякін, В. Р. Румянцев, І. О. Кутузова ; Запоріж. держ. інж. акад. - Запоріжжя : Вид-во ЗДІА, 2010. - 226 с.
17. Біологічне паливо в Україні: економічні передумови та перспективи розвитку / О.В. Івасюк // Економіка АПК. – 2008. - № 9. – С. 58-61.
18. Спиртова галузь: на шляху до інноваційного розвитку / А. Українець, Л. Хомчак, П. Шиян, О. Олійничук // Харчова і переробна промисловість. – 2007. - № 2. – С. 16-19.
19. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. – 3-тє вид., випр. і доп. – К.: Т-во „Знання” КОО, 2004. – 309 с.
20. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія та практикум. Навч. Посіб. – К.: Лібра, 2004. – 368 с.
21. Сафронов Т. А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів,. 2-ге видання, стереотипне. – Львів: „Новий Світ-2000”, 2004. – 248 с.
22. Васильківський І. В., Тітов Т. С., Сидорук Т. І., Шеверук О. В. Екологічна безпека відходів Немирівського спиртового заводу // Матеріали Міжнародної

науково-технічної конференції: «Енергоефективність в галузях економіки України (2025)», Вінниця, 19-21 листопада 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025.

URI:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26533/2>

1831

Додаток А.
ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
 Назва роботи: Наукове обґрунтування екологічної безпеки спиртового
заводу

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
 (кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
 системою StrikePlagiarism 27,0 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

зав. каф. ЕХТЗД, проф. Іщенко В.А.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І.В.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку



(підпис)

Матусяк М.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник



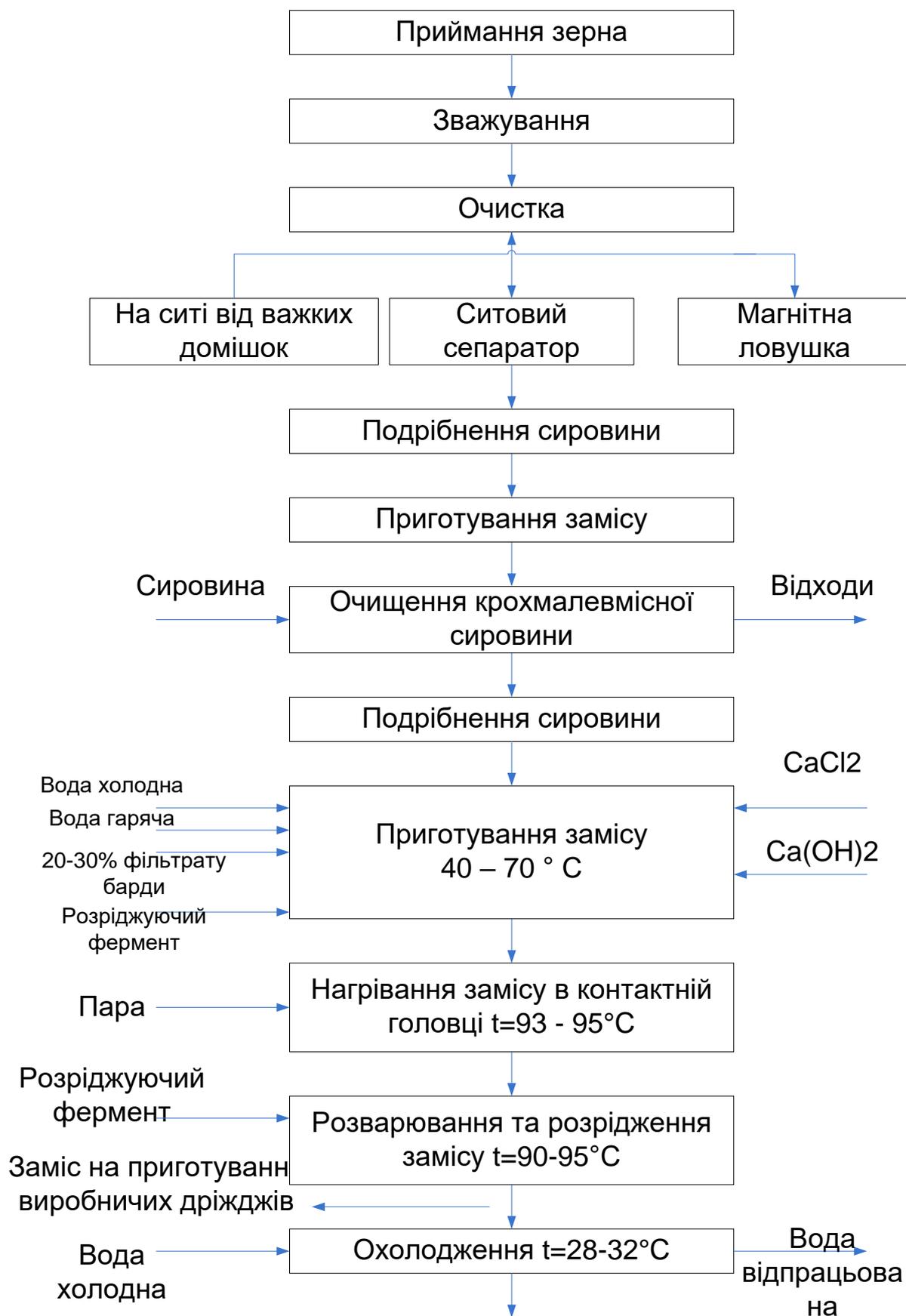
Васильківський І.В.

Здобувач

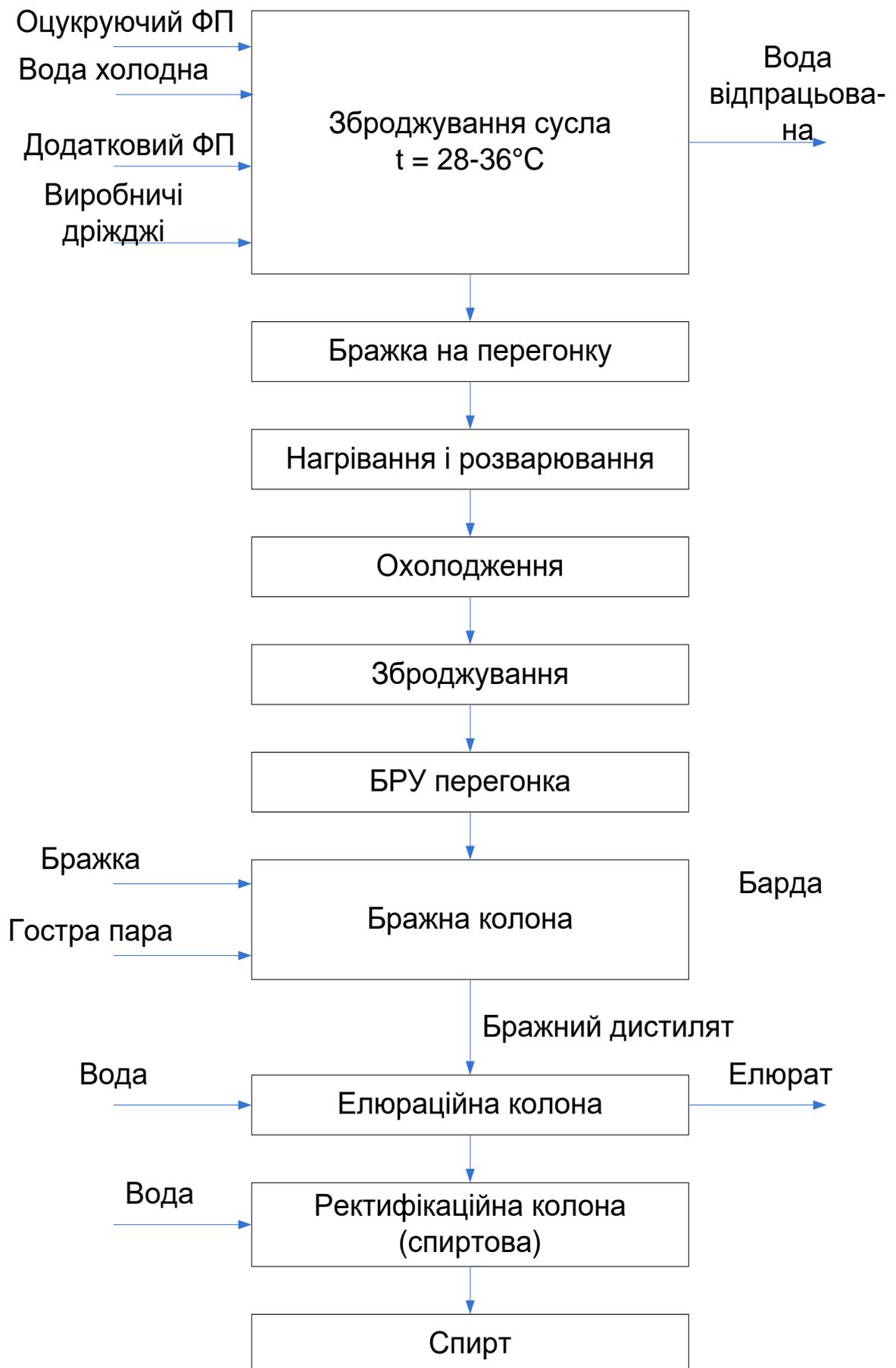


Шеверук О.В.

Додаток Б. Загальна схема спиртового виробництва



Продовження додатку Б



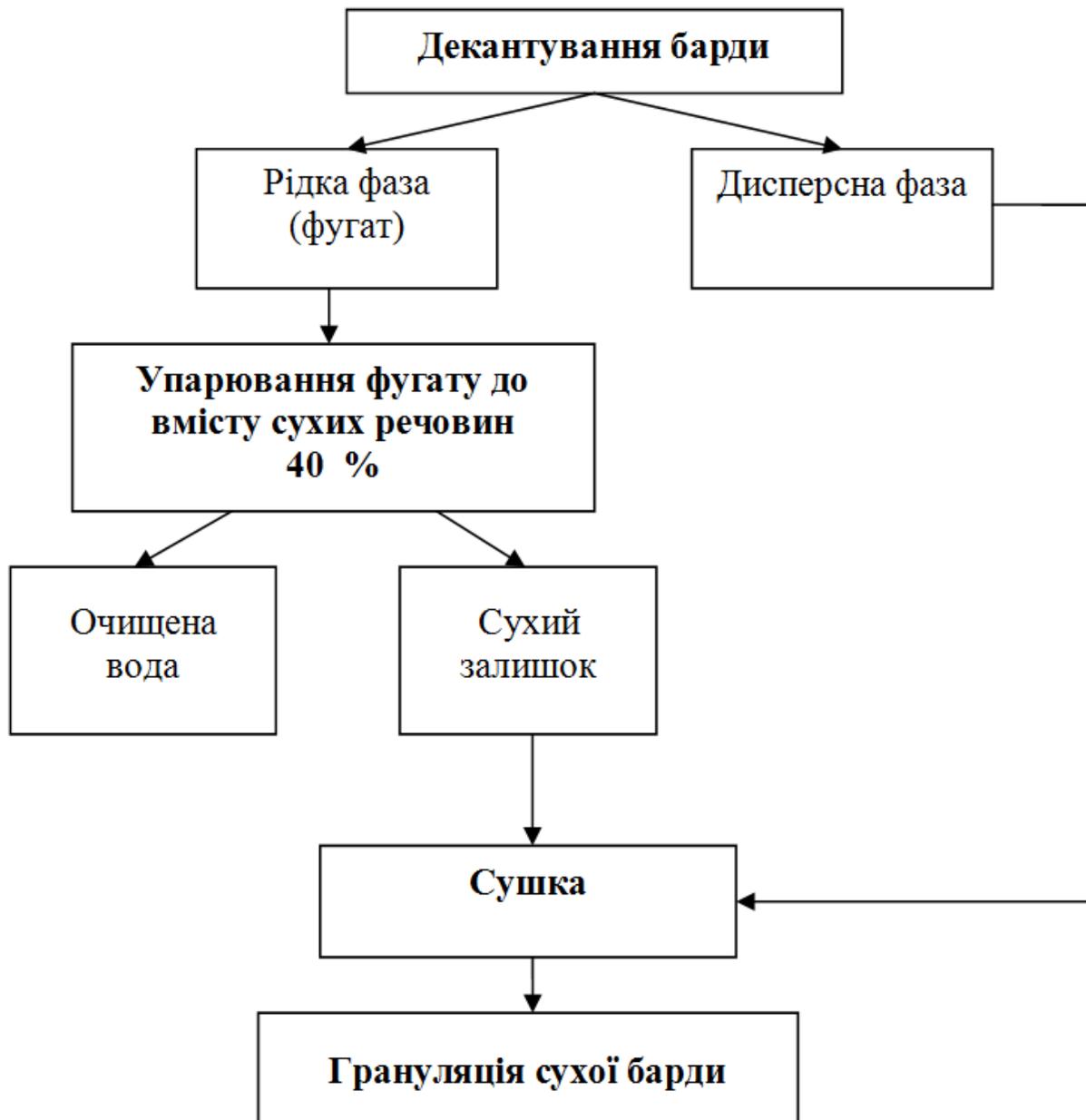


Рисунок Д.4 – Схема виготовлення сухої гранульованої барди

Додаток В

Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декаан ФБЦЕІ, к.т.н., доцент

Меть І. М.

« 9 » грудня 2025 р.

АКТ

впровадження результатів

магістерської кваліфікаційної роботи студента групи ТЗД-24м

*Шеверука Олександра Васильовича*на тему: «Наукове обґрунтування екологічної безпеки спиртового заводу»
у навчальний процес

Комісія у складі: професора Іщенка В. А., професора Петрука В. Г., професора Кватернюка С. М., склали цей акт про те, що на кафедрі екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного технічного університету під час виконання практичних занять з дисципліни «Проектування екологічно чистих виробництв» впроваджено результати, розроблені магістрантом Шеверуком Олександром Васильовичем:

1. Удосконалена модель екологічного контролю, яка дасть змогу підвищити ефективність контролю скидів, викидів та відходів підприємств спиртової галузі.

2. Розроблена методика планування природоохоронних заходів для підприємств спиртової промисловості, яка базується на використанні показника еколого-економічної ефективності.

« 5 » грудня 2025 р.

Голова комісії:



д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД,
Заслужений природоохоронець України
Петрук В.Г.

Члени комісії:




Завідувач кафедри ЕХТЗД, к.т.н., професор
кафедри ЕХТЗД Іщенко В. А.

д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД,
Кватернюк С.М.

Додаток Д. Ілюстративна частина

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
СПИРТОВОГО ЗАВОДУ**

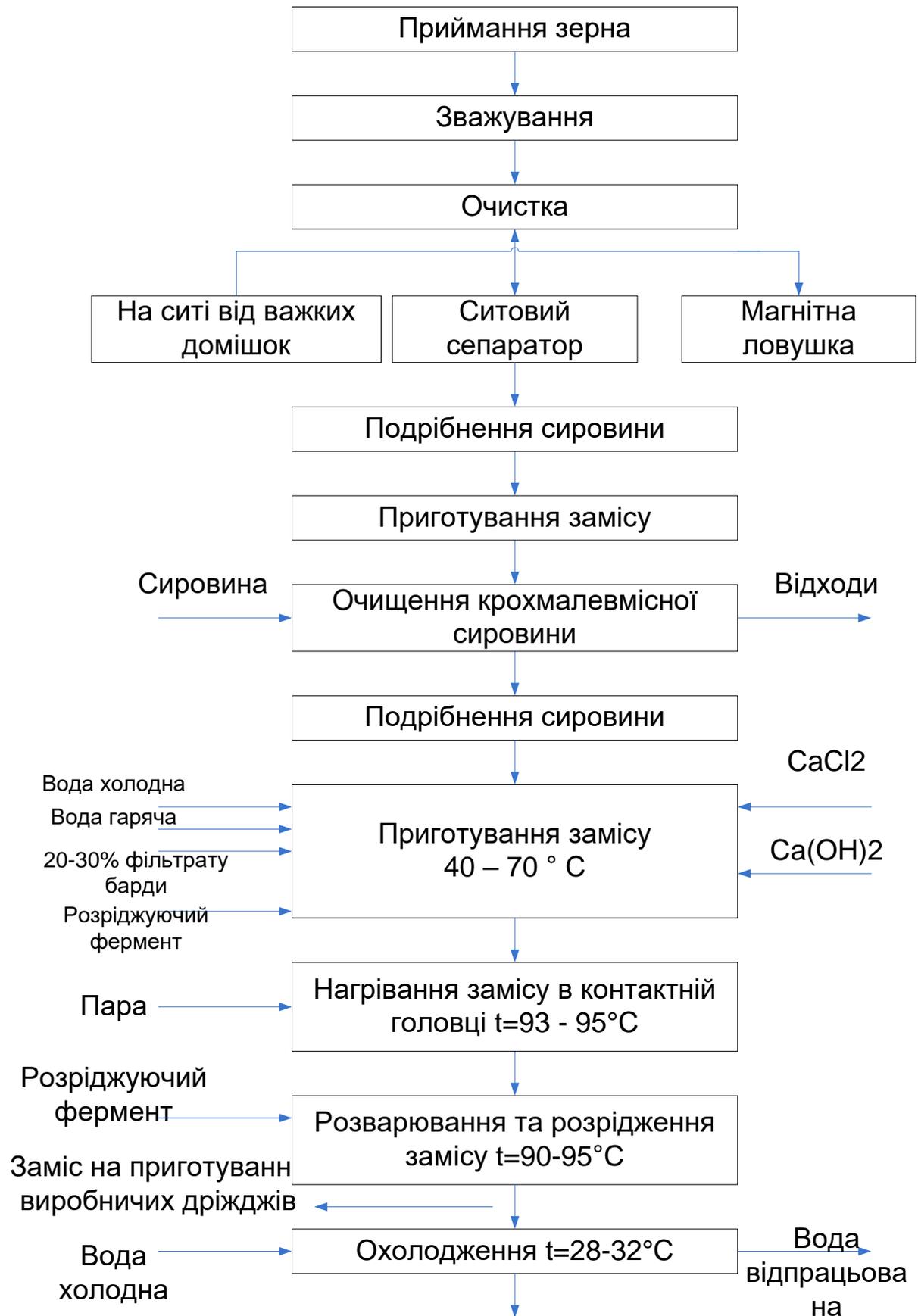
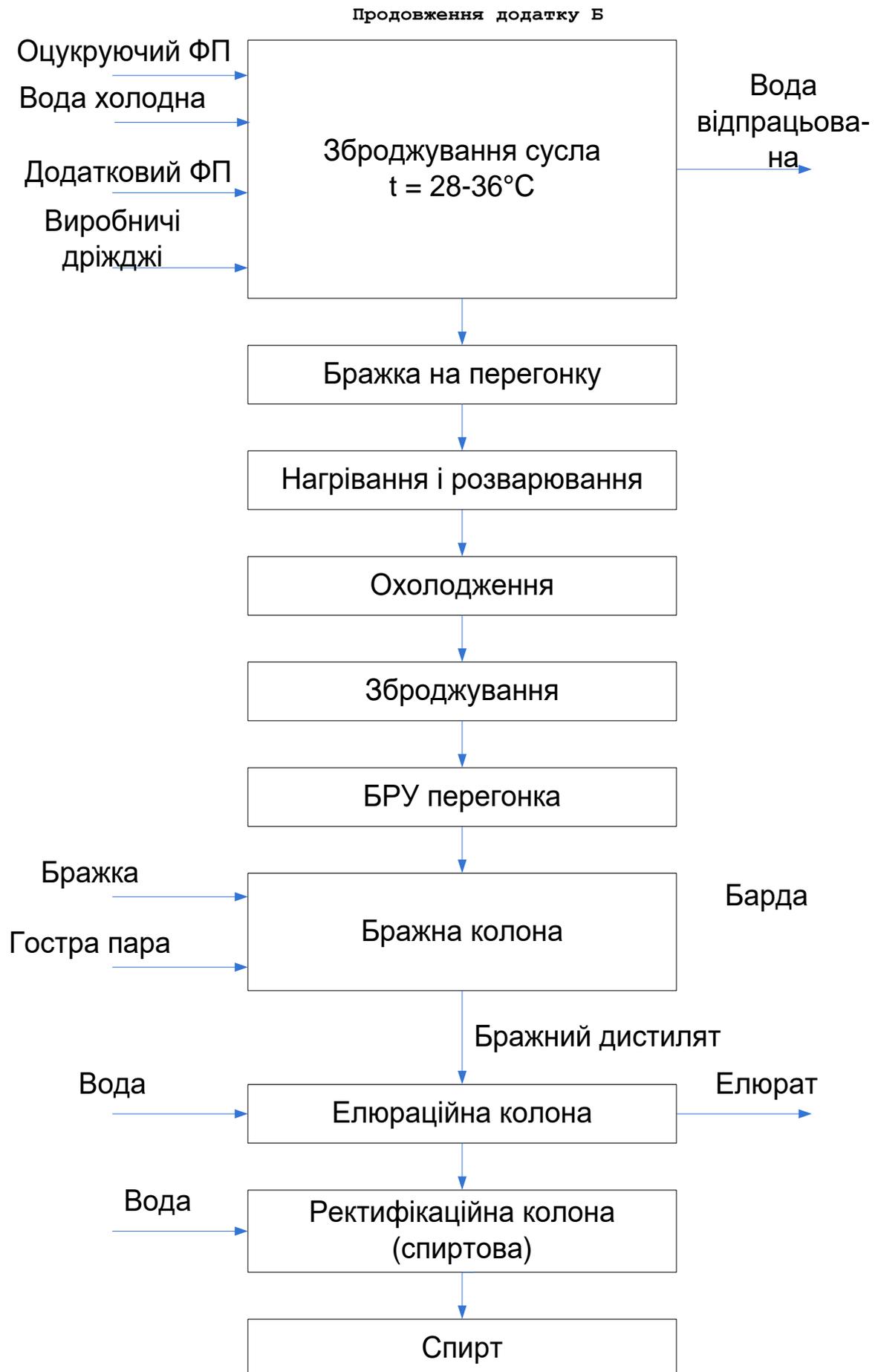


Рисунок Д.1 - Загальна схема спиртового виробництва



Продовження рисунку Д.1 - Загальна схема спиртового виробництва.

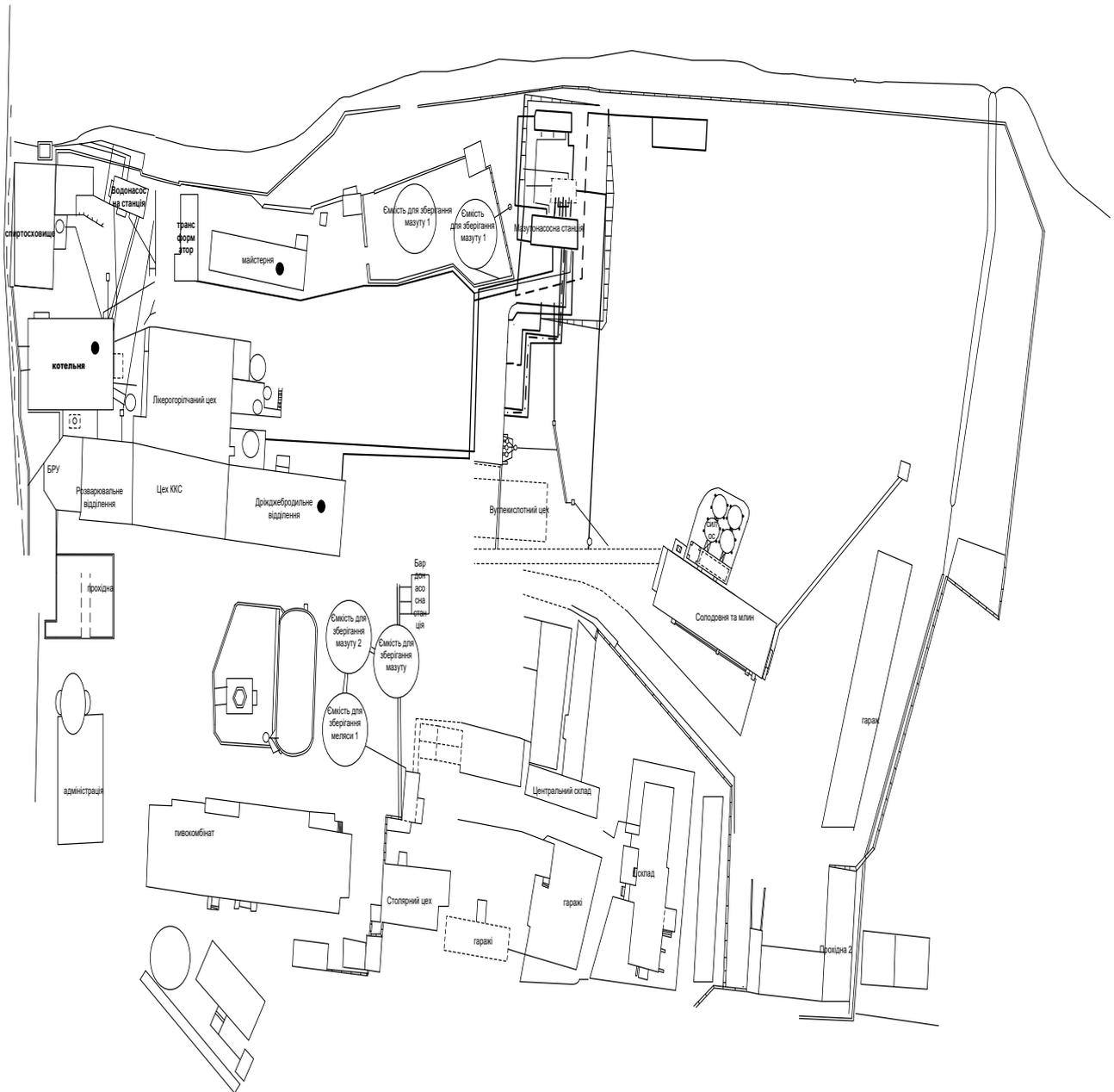


Рисунок Д.2 - Карта-схема Немирівський спиртовий завод

Таблиця Д.1 - Характеристика стічних вод спиртових заводів

Показники	Категорія стічних вод				Барда первинна	Барда вторинна
	перша	друга	третя	четверта		
Температура, С	30-60	20-100	80-100	20-90	95-98	25-30
Запах, бали	0-3	3-5	4-7	3-64	5,0	5,0
рН	7,0-8,0	8-12	4,4-6,4	5,5-6,2	5,0-5,5	4,5-5,0
Прозорість, см	12-30	10-25	15-25	0-2	0	0
Сухий залишок, г/л	0,35-0	13-20	0,3-0,6	0,45-10,0	70-85	50-65
ХСК, мг O ₂ /л	5-40	10-40	60-350	1000-4000	49000-66900	20000-48000
БСК _{повн} , мг O ₂ /л	5-12	5-80	180-300	950-4500	44000-59000	18000-4:000
БСК ₅ , мг O ₂ /л	2-10	2-40	100-2500	600-3700	29000-48000	15500-29900
Азот загальний, мг/л	-	-	-	-	2500-3860	940-2500
Леткі кислоти, мг/л	-	-	-	-	2300-3900	300-720

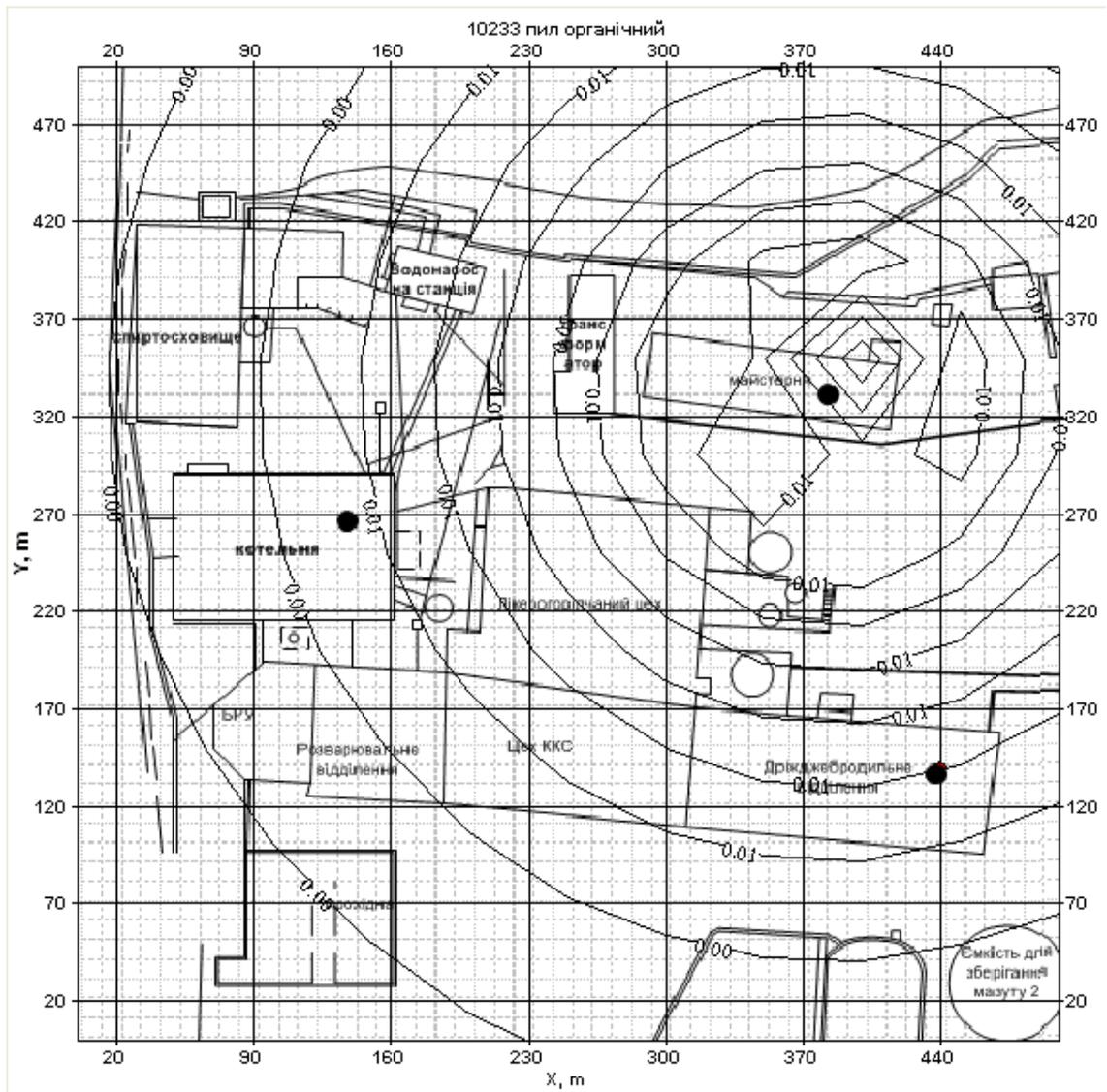


Рисунок Д.3 - Карта розсіювання пилу органічного