

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до кваліфікаційної роботи  
ступеня вищої освіти «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування технологічного процесу  
переробки вторинних ресурсів  
борошномельного виробництва**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 2 курсу,  
групи МгХТз-1-23 освітньо-професійної  
програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Вікторія Махновець

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій Кошулько

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

# ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 Харчові технології

Затверджую:

Завідувач кафедри харчових технологій

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Махновець Вікторії Геннадіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування технологічного процесу переробки вторинних ресурсів борошномельного виробництва», керівник роботи Кошулько Віталій Сергійович, к.т.н., доцент – затверджені наказом ректора від «11» листопада 2024 р. №3768.

2. Термін здачі закінченої роботи: «20» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: загальні відомості про об'єкт досліджень; нормативна, довідникова, наукова документація і література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Огляд літературних джерел за темою досліджень; 2. Матеріали та методи досліджень; 3. Результати дослідження, їх аналіз та обґрунтування; 4. Еколого-економічна оцінка ефективності технологій використання вторинних ресурсів борошномельного та зернопереробного виробництва Загальні висновки; Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу: презентація результатів кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел за темою досліджень;	18 листопада 2024 р.	
2	Матеріали та методи досліджень;	22 листопада 2024 р.	
3	Результати дослідження, їх аналіз та обґрунтування;	6 грудня 2024 р.	
4	Еколого-економічна оцінка ефективності технологій використання вторинних ресурсів борошномельного та зернопереробного виробництва	12 грудня 2024 р.	
5	Вступ, висновки, бібліографія, підготовка презентації	16 грудня 2024 р.	

Дата видачі завдання: 12 листопада 2024 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ (Вікторія Махновець)  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Віталій Кошулько)  
(підпис)

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1. Сучасні стан питання виробництва зерна та використання відходів зернопереробної та борошномельної промисловості .....	9
1.2. Загальні відомості про вторинні ресурси зернопереробної промисловості .....	11
1.3. Типова характеристика вторинних сировинних ресурсів і відходів зернопереробної продукції .....	12
1.4. Перспективи використання вторинних сировинних ресурсів борошномельного виробництва .....	15
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	18
2.1. Методичні основи та основні поняття у сфері вторинного використання ресурсів зернопереробного і борошномельного виробництва .....	18
2.2. Методика оцінки технологічних процесів за ступенем маловідходності і безвідходності .....	20
2.3. Методика визначення технологічної та економічної ефективності роботи біоенергетичної установки при роботі на відходах борошномельної (зернопереробної) промисловості .....	24
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЇХ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ...	28
3.1. Перспективні технологічні процеси переробки вторинних ресурсів борошномельного виробництва .....	29
3.2. Перспективні технологічні процеси переробки вторинних ресурсів круп'яного виробництва .....	32
3.3. Обґрунтування технологічного процесу та розробка рецептури хліба з використанням пшеничних відходів .....	36

3.4. Виготовлення теплоізоляційних матеріалів .....	39
3.5. Виробництво паливних брикетів .....	44
3.6. Розрахунок параметрів роботи енергогенеруючої установки, що працює на паливних брикетах з відходів зернопереробної (борошномельної) промисловості .....	45
3.7. Розробка та виробництво посуду з відходів зернопереробних виробництв .....	46
4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА .....	48
4.1. Вплив зернопереробної промисловості на забруднення атмосферного повітря .....	48
4.2. Забруднення водного середовища стічними водами хлібопекарських підприємств .....	52
4.3. Розрахунок економічної ефективності роботи когенераційної установки на відходах зернопереробної промисловості .....	57
ВИСНОВКИ.....	62
БІБЛІОГРАФІЯ.....	63

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 64 сторінки тексту, 22 рисунка, 6 таблиць. Загальна структура кваліфікаційного дослідження складається з 4 основних розділів.

*Метою* досліджень є аналіз та обґрунтування технологічних рішень з переробки вторинних ресурсів борошномельного (зернопереробного) виробництва.

Для досягнення поставленої мети були поставлені та успішно вирішені наступний перелік основних *завдань*:

- аналіз вітчизняного і світового досвіду перспективних технологій і способів переробки відходів борошномельного (зернопереробного) виробництва як вторинної сировини для подальшого використання;
- обґрунтування найбільш раціональних технологічних рішень та перспективи їх впровадження під час утилізації та переробки вторинних ресурсів борошномельного (зернопереробного) виробництва;
- еколого-економічна оцінка ефективності розглянутих технологій.

*Об'єктом* дослідження є процес переробки (утилізації) відходів борошномельного (зернопереробного) виробництва для різних технологічних потреб галузі харчових виробництв.

*Предметом* дослідження виступає процес обґрунтування параметрів та технологічних схем переробки відходів борошномельного (зернопереробного) виробництва.

Ключові слова: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПШЕНИЦЯ, ЗЕРНОПЕРЕРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, БОРОШНОМЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО, ВІДХОДИ.

## ВСТУП

Сучасний прогрес у харчовій промисловості та зростання виробничих потужностей підприємств у цій сфері, впровадження передових технологій та інших нововведень, неминуче призводять до збільшення антропогенного навантаження і забруднення на різні складові компоненти навколишнього середовища (НС). У зв'язку з цим, комплексне вирішення питань збалансованого розвитку економіки та покращення екологічної ситуації є ключовою державною стратегією України в галузі охорони довкілля та забезпечення сталого розвитку.

Серед основних напрямків забезпечення здорового середовища для життя людини визначаються: поліпшення якості харчових продуктів; доступ населення до якісної питної води; запобігання забрудненню повітря, водних ресурсів та ґрунту.

Це особливо стосується багатьох галузей харчової промисловості, яка є однією з ключових галузей. Рішення цієї проблеми полягає в необхідності підвищення рівня екологізації виробництв шляхом розробки та впровадження технологій, що економлять воду, безвідходних і безстічних процесів, замкнених у відношенні до навколишнього середовища.

Нині в Україні більшість технологічних процесів виробництва є багатовідходними. На жаль, у харчовій та переробній промисловості досить повільно впроваджується накопичений досвід як вітчизняний, так і міжнародний щодо утилізації та переробки відходів.

В умовах ринкової економіки постійно виникає потреба в розробці нових і вдосконаленні діючих технологічних процесів переробки сільськогосподарської продукції. Також актуальним є використання передових методів і форм організації виробництва, які підвищують ефективність і якість харчових продуктів.

Накопичений світовий та вітчизняний досвід дозволяє виділити кілька основних напрямків розвитку перспективних харчових технологій:

- впровадження сучасних енерго- та ресурсоощадних технологічних процесів, гнучких форм організації виробництва, що забезпечують швидкий перехід до створення нових харчових продуктів (ХП), які користуються високим попитом на ринку в умовах високої конкретності;

- активне використання методів швидкого освоєння виробництва нових ХП на інноваційній основі, які позиціонуються як профілактичні, оздоровчі, спеціалізовані, функціональні тощо;

- розробка та впровадження технічно досконалих систем контролю якості сировини і готової продукції, а також систем управління якістю;

- забезпечення стабільної та ефективної роботи харчових підприємств завдяки узгодженості організаційних, технологічних, еколого-економічних та соціальних чинників;

- максимально широке використання вторинних сировинних ресурсів та нетрадиційної сировини у галузі харчових виробництв (технологій);

- незупинне удосконалення технологій виробництва інноваційної продукції відповідно до світових і вітчизняних тенденцій розвитку ніші здорового харчування.



## 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Сучасні стан питання виробництва зерна та використання відходів зернопереробної та борошномельної промисловості

Одним з ключових аспектів забезпечення продовольчої безпеки в Україні є безперервне постачання продуктів харчування для населення, включаючи біологічно цінні. Це вимагає раціонального використання сільськогосподарської сировини, зменшення її втрат і підвищення ефективності виробництва в рамках агропромислового комплексу. В таких умовах важливо організувати постачання якісних продуктів не лише в сезон збору та переробки плодоовочевої сировини, а й протягом всього року, у всіх регіонах України.

Зазначимо, що Україна володіє чвертю світових чорноземів, а 56,6% усіх земель країни використовується під рілля. Крім того, Україна виробляє значну кількість зерна (табл. 1.1). Однак екологічні та економічні проблеми все більше впливають на сільське господарство країни.

Таблиця 1.1. Орієнтовне виробництво основних сільськогосподарських культур в Україні (станом на 2020 р.)

Розмірність	кукурудза	пшениця	ячмінь	жито	зернова суміш	всього
<i>тон</i>	35 801 050	24 652 840	7 349 140	393 780	6 010	68 202 820
<i>%</i>	52,49	36,15	10,78	0,57	0,01	100,00

Харчова промисловість традиційно фокусується на виробництві з сировини одного основного продукту, вихід якого становить 15-30% від

початкової переробленої сировини. Інша частина, що містить значну кількість цінних і корисних речовин, не використовується у виробничому процесі і стає відходами, які часто можуть бути вторинною сировиною для виготовлення додаткової продукції.

Залучення значних обсягів ресурсів з відходів співставне розширенню сировинної бази харчової промисловості при одночасній економії витрат праці. Виробництво додаткових продуктів харчування чи інших видів продукції з вторинної сировини характеризується зменшенням витрат на одиницю кінцевої продукції, при цьому зміни витрат на сировину не відбувається. У зв'язку з цим комплексне використання сировини для харчових продуктів та відходів – одне з пріоритетних завдань для галузі харчових виробництв.

На прикладі зернопереробної промисловості на рис. 1.1 продемонстровано сучасний рівень залучення відходів вторинної сировини до подальшого виробничого процесу в Україні.

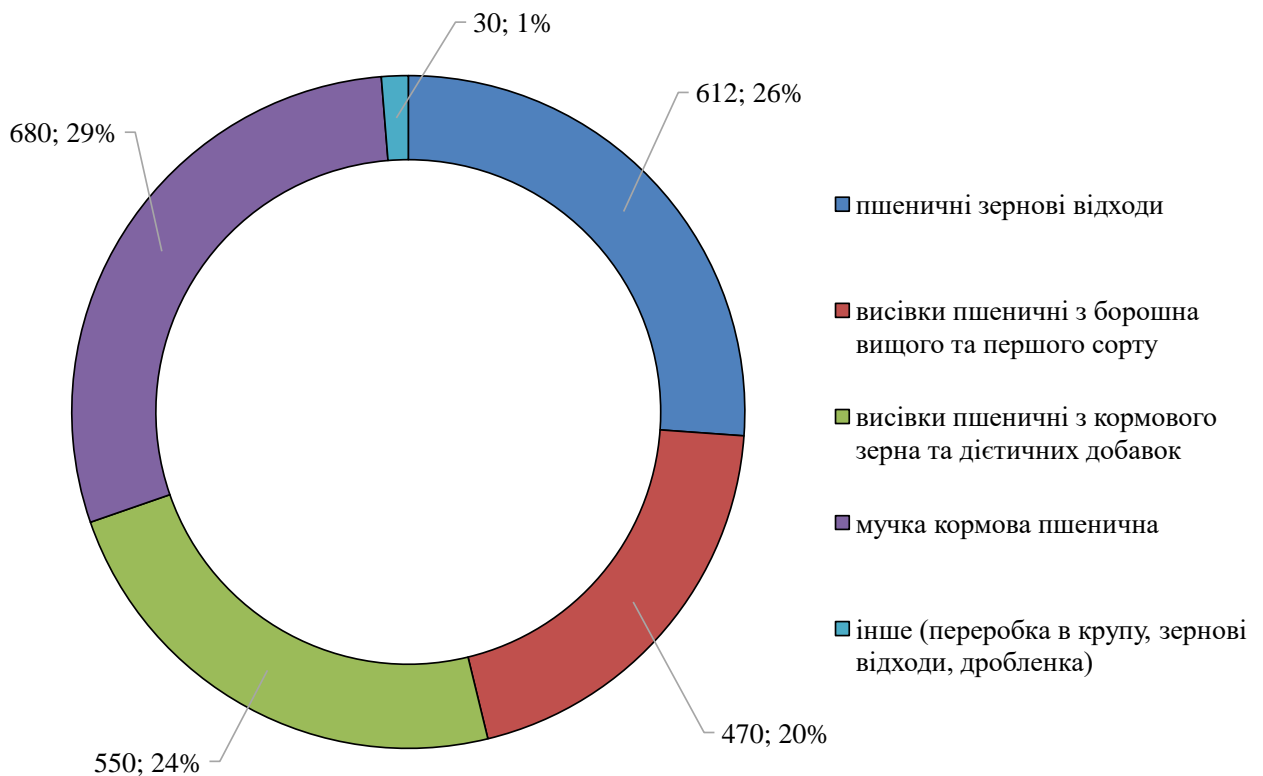


Рисунок 1.1. Структура використання відходів вторинної сировини зернопереробної галузі (тон, %).

## **1.2. Загальні відомості про вторинні ресурси зернопереробної промисловості**

У зернопереробній галузі вторинні сировинні ресурси (ВСР) утворюються під час очищення зерна від домішок і його переробки у кінцевий продукт – борошно або крупу (висівки, кормова дрібка, лузга, мучка, зародок).

ВСР рослинного походження в зернопереробній промисловості представлені твердими відходами в сипучому стані, які виникають під час первинної переробки зерна. За ступенем матеріалоемності вони в основному належать до великотонажних відходів. Щодо використання – не повністю утилізується лузга плівчастих круп'яних культур. За впливом на навколишнє середовище ці відходи є відносно нешкідливими, оскільки забруднення спостерігається при засміченні ґрунтів (звалища), недостатньому очищенні аспіраційних викидів (повітря) та недостатньому очищенні стічних вод (вода).

Аспіраційні викиди формуються під час технологічних процесів зберігання та переробки зерна на борошно і крупу, а також при виготовленні комбікормів. Технологічне обладнання, ємності (бункера) для зерна та готової продукції, а також обладнання для транспортування зерна та готової продукції аспіруються для запобігання пиленню – виділенню дрібнодисперсних органічних і мінеральних часток з обладнання. Під час аспірації повітряний потік забирає дрібні частинки до аспіраційних установок, де їх очищають у пиловловлювачах і виводять в атмосферу. Аспіраційні викиди поділяються на зернові, борошняні та круп'яні (рис. 1.2).

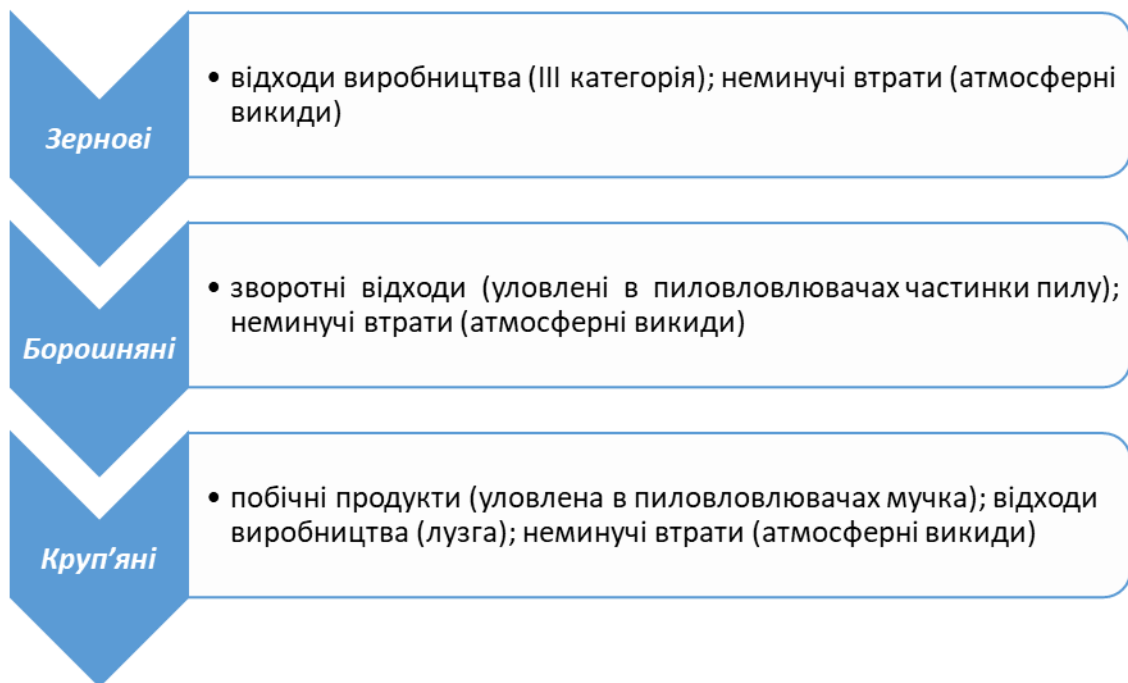


Рисунок 1.2. Джерела утворення аспіраційних відносів при забрудненні атмосферного повітря

### 1.3. Типова характеристика вторинних сировинних ресурсів і відходів зернопереробної продукції

При переробці зерна в хлібопекарське борошно і крупу утворюються наступні основні види вторинних сировинних ресурсів у вигляді (табл. 1.2):

- 1) кормових зернопродуктів;
- 2) зернових відходів;
- 3) дрібного зерна;
- 4) висівок;
- 5) кормової дрібки;
- 6) лузги;
- 7) мучки;
- 8) зародка.

Таблиця 1.2. Загальна характеристика побічних продуктів борошномельного виробництва

№	Відходи	Загальна характеристика
1	Зернові відходи	відходи очищення зерна, великі домішки і підсів, що містять не більше 2% зерна; лузга жорстка; соломисті частинки, пил аспіраційний оббивний чорний.
2	Кормовий зернопродукт	побічний продукт борошномельного виробництва, що містить від 2 до 85% зерна, у тому числі від 2 до 20% основного зерна; решту становить сміттєва і зернова домішка: залежно від вмісту зерна ділиться на 5 категорій. У круп'яному виробництві цьому продукту відповідають відходи I і II категорій, що містять від 2 до 50% зерна, і зернова суміш, яка містить від 50 до 85% основного зерна та зернової домішки.
3	Дрібне зерно	зерно основної культури, що відбирається при очищенні пшениці та інших с.-г. культур в кількості до 5%, не відповідає вимогам технології по крупності.
4	Кормова дрібка (січка)	побічний продукт переробки дернових і бобових с.-г. культур в крупу, що складається з ненавмисно подрібнених частинок ядра крупніше 1,5 мм.
5	Лузга	продукт луцення плівчастих культур, що складається з квіткових плівок (рис, просо, овес, ячмінь) або плодових оболонок (гречка) з високим вмістом клітковини і мінеральних речовин.
6	Висівки	побічний продукт помелу пшениці або жита, що складається з частинок оболонок і алеїронового шару з домішкою часток зародка і ендосперму.
7	Мучка	побічний продукт переробки зерна, що утворюється переважно в процесі шліфування і складається з тонко подрібнених частинок всіх анатомічних частин зернівки, що проходять через отвори діаметром 1,5 мм.
8	Зародок	побічний продукт борошномельного виробництва (пшеничний зародок) і виробництва кукурудзяної крупи (кукурудзяний зародок), який одержується сепаруванням подрібненого зерна за щільністю і складається' переважно з цілого і дробленого зародка зерна з домішкою частинок оболонок і ендосперму.

Аспіраційні відходи (зерновий пил) містять велику кількість спор грибів, бактерій, комах, кліщів та їхніх залишків. Загальна бактеріальна забрудненість зернового пилу коливається від 10 000 до 47 000 тис./г, а кількість мікроскопічних грибів варіює від 200 до 300 тис./г. У той час як вміст бактерій у цілих зернах пшениці не перевищує 1 000 тис./г, а кількість грибів становить 3-5 тис./г. Аспіраційні відходи, що утворюються під час очищення зерна (зерновий пил), мають низьку кормову цінність і зазвичай не використовуються в чистому вигляді.

Аспіраційні борошняні відходи за своїм складом мало відрізняються від складу ядра зерна. Вміст мінеральних частинок у борошняних відходах не перевищує 0,7%. Ці відходи повторно використовуються в технологічних процесах, тому їх вважають зворотними відходами. На круп'яних заводах аспіраційні відходи мають склад, схожий на мучку.

Норми утворення вторинних сировинних ресурсів у зернопереробній промисловості регулюються Правилами організації та ведення технологічного процесу на борошномельних і круп'яних заводах. Вони ґрунтуються на анатомічному та морфологічному складі зернівки з урахуванням технічних можливостей виділення основного продукту (борошнистих частинок ендосперму, круп'яного ядра) та неминучих втрат з побічними продуктами і відходами, які є вторинними сировинними ресурсами. Ці норми є стабільною величиною, що підтверджено НД.

Діючі в даний час нормативи утворення ВСП за різних видів помелу пшениці в борошно хлібопекарське і макаронне наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Норматив утворення вторинних сировинних ресурсів при виробництві пшеничного борошна, %

Найменування помелу	Борошно	ВРС			
		Висівки	Мучка кормова	Кормові зернопродук	Відходи з механічними втратами
Трьох сортний хлібопекарський з м'якої пшениці	73	19,1	5,0	2,2	0,7
Двох сортний хлібопекарський з м'якої пшениці	78	19,1	-	2,2	0,7
Односортний хлібопекарський з м'якої пшениці	72	19,1	6,0	2,2	0,7
Обойний хлібопекарський з м'якої пшениці	96	1,0	-	2,0	0,7
Трьох- і двох сортний макаронний помел з твердої пшениці і склоподібної м'якої пшениці	75	19,1	3,0	2,2	0,7

#### 1.4. Перспективи використання вторинних сировинних ресурсів борошномельного виробництва

Висівки, мучка і зернові відходи повністю використовуються при виробництві кормів. Для цієї мети йде 2/3 всієї лузги. Спалюванням утилізується близько 4% лузги.

Залучення ВРС в господарський обіг представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Ступень залучення відходів вторинної сировини борошномельного і круп'яного виробництва у господарський обіг, %

Найменування ВРС	Всього	В тому числі		Продукція
		на промислову переробку в галузі	на корм у с.-г. та інших галузях	
<i>Борошномельне виробництво</i>				
кормові зернопродукти	100	-	66,7	корма
висівки	100	14,3	57,7	корма, хлібопечення, дієтичний продукт
мучка кормова	100	-	66,7	фітин, інозит, корма, олія
<i>Круп'яне виробництво</i>				
зернові відходи	100	19,8	53,4	корма
лузга	100	55,1	7,9	корма, паливо, мікробіологічне і фармацевтичне виробництво
мучка кормова	100	-	66,7	фітин, інозит, корма, олія

Побічні продукти борошномельного виробництва, такі як кормовий зернопродукт, висівки пшеничні, мучка кормова пшенична, пшеничний зародок та висівки житні, до недавнього часу повністю використовувалися для кормових цілей. Наразі до 15% пшеничних висівок від загальної кількості застосовується у хлібопеченні та як дієтичний продукт.

Пшеничні висівки, що є цінним джерелом харчових волокон та інших важливих речовин для харчування населення, все більше використовуються в хлібопеченні у вигляді готових сумішей з пшеничним сортовим борошном (новий вид борошна).

Інший напрямок використання пшеничних висівок полягає в отриманні дієтичних висівок та пшеничних зародкових пластівців для харчових цілей.

Використання нового виду борошна також є доцільним при приготуванні житньо-пшеничних сортів хліба.



У круп'яному виробництві вторинна сировина та відходи переважно використовуються для кормових цілей (до 88%): їх постачають комбікормовій промисловості, виготовляючи кормові суміші за власною рецептурою або за замовленням споживача, або відпускають у натуральному вигляді населенню. Зернові відходи подрібнюються і змішуються з мучкою, а дрібне зерно реалізується за ціною зерна. Рисову і гречану лузгу, що становить 12% усіх відходів круп'яного виробництва, не використовують: всі рисові та гречані заводи вивозять її на звалище. Спалювання рисової лузги на звалищі утворює кірку на поверхні землі, роблячи ґрунт непридатним для землеробства, що є неприпустимим. Раніше поставки лузги гідролізній промисловості мали місце, але тепер вони порушені, а виготовлення будівельних виробів і паливних брикетів не практикується.

Утилізація жорсткої лузги, що забруднює території навколо крупо заводів, є першочерговою проблемою. При нинішньому спаді виробництва та неповному обліку обсягів випуску крупи щорічне виробництво жорсткої лузги становить 40 тис. т. Перспективним є використання лузги в мікробіологічній та фармацевтичній промисловості.

Використання мучки в корм – це найменш клопіткий спосіб її залучення, але й найменш прибутковий.

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Методичні основи та основні поняття у сфері вторинного використання ресурсів зернопереробного і борошномельного виробництва

У технологічному процесі переробки первинної сільськогосподарської продукції та додаткових виробничих матеріалів отримується основна і побічна продукція, а також побічні відходи виробництва.

Під поняттям «основна продукція» розуміється сутність кінцевого продукту для якого створене і здійснюється дане виробництво:

- в якості сировини для виробництва промислової продукції;
- в якості кормів або їх компонентів для сільськогосподарських тварин;
- в якості добрив, палива, будівельних матеріалів і ін.

У ряді випадків для промислової переробки залучається вторинна сировина, що поставляється з інших підприємств або галузей народного господарства.

Для оцінки діяльності підприємства (галузі) по залученню вторинної сировини в господарський обіг встановлюють наступні нормативні показники:

- рівень використання вторинної сировини;
- рівень залучення вторинної сировини в господарський обіг.

Ці показники відносяться до групи так званих якісних показників.

Рівень використання ВС характеризує повноту використання даного виду ВС у власному виробництві та розраховується за формулою:

$$Y_{\text{ВИК}} = \frac{V_{\text{ВИК}}}{V_{\text{УТВ}}}, \quad (2.1)$$

де  $V_{\text{ВИК}}$  – об'єм (маса) використання вторинної сировини у власному виробництві, в натуральних одиницях виміру;  $V_{\text{УТВ}}$  – об'єм(маса) утворення вторинної сировини.

В обсягах використання та обсягах утворення враховуються обсяги вторинної сировини, яку отримано з інших підприємств (галузей). У більшості випадків рівень використання збігається з рівнем промислової переробки.

Рівень залучення вторинної сировини в господарський обіг розраховується за формулою:

$$Y_{\text{залуч.}} = \frac{V_{\text{ВИК.}} + V_{\text{ПОСТ.}}}{V_{\text{УТВ.}}}, \quad (2.2)$$

де  $V_{\text{ПОСТ.}}$  – об'єм (маса) відходів або вторинної сировини, що поставляється іншим підприємствам.

Економічним критерієм використання ВС є економія первинної сировини. У харчовій і переробній промисловості розділяють пряму економію первинної сировини за рахунок використання вторинної і так звану «умовну». Більшість вторинних сировинних ресурсів галузей промисловості використовують у тваринництві як корм для худоби, що дозволяє зекономити кормовий буряк, фуражний ячмінь, пшеницю, соняшник, незбиране молоко та ін. Таким чином, з ВСР харчової промисловості отримують продукцію, яка не є для неї основною і яка дає економію первинної сировини в інших галузях. У цьому випадку слід говорити про «умовну» економію первинної сировини.

Другий варіант – отримання з ВСР галузі такої продукції, як з первинної сировини. Схематично це можна зобразити наступним чином:

Умовна економія

ПС → основна продукція;

ВС → додаткова продукція.

Пряма економія

ПС+ВС → основна продукція

## 2.2. Методика оцінки технологічних процесів за ступенем маловідходності і безвідходності

При створенні безвідходних технологій необхідна їх комплексна еколого-економічна оцінка.

Під час практичної реалізації технологічного процесу, як правило, дослідники та технологи обмежуються саме економічною оцінкою створення нових технологій. В той же час, оцінка екологічної складової процесу виробництва практично відсутня. Вирішення даного питання обмежується внаслідок: 1) відсутності єдиного методичного підходу; 2) низького рівня підготовленості галузі харчових виробництв до еколого-економічного аналізу господарської діяльності підприємств.

Прийнято вважати, що загальним критерієм екологічної оптимальності технологічної схеми переробки сільськогосподарської сировини є показник мінімізації впливу виробництва на навколишнє середовище:

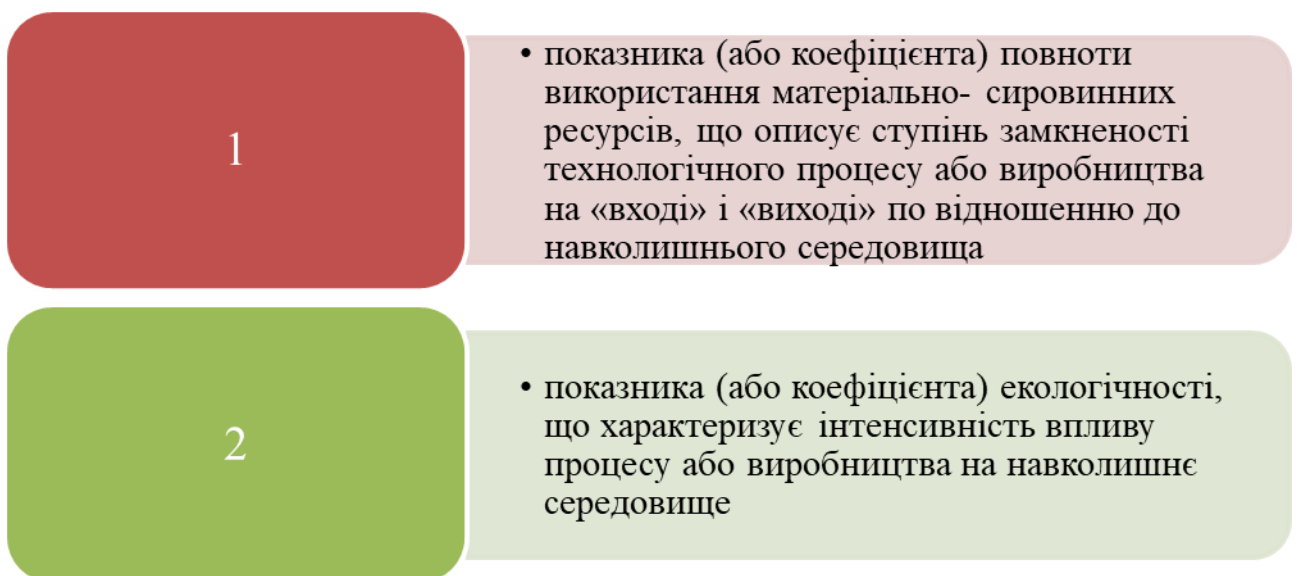
$$\sum Mqi Vqi + \sum Sqi \rightarrow \min , \quad (2.3)$$

де  $M$  – оцінка одиниці  $q$ -го споживаного ресурсу  $i$ -м природокористувачем;  $Vqi$  – річний обсяг ресурсу;  $Sqi$  – втрати  $i$ -го природокористувача (виробничого об'єкта) в результаті забруднення природи і виснаження  $q$ -го ресурсу.

Визначення кількісних критеріїв оцінки технологічних процесів

виробництва за різними ступенями (маловідходні та безвідходні) є необхідною передумовою для подальшого процесу удосконалення оцінки впливу на зовнішні компоненти довкілля. На сьогодні здебільшого проводиться якісна оцінка цих технологічних процесів. Зокрема, таким критерієм може бути рівень безвідходності харчового виробництва, який залежить безпосередньо від масштабів споживання тих чи інших природних ресурсів і кількості відходів, які утворюються внаслідок господарсько-економічної діяльності підприємства з урахуванням ступеню їх небезпеки.

Рівень або коефіцієнт безвідходності (*Кб*) виробництва характеризується як інтегральний показник. Він враховує технологічний процес виробництва з точки зору відповідності передовим (сучасним) нормативним вимогам щодо раціонального ресурсокористування. Коефіцієнт безвідходності складається з наступних елементарних складових:



Таким чином:

$$K_{\sigma} = \varphi(K_n * K_{ek}), \quad (2.4)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт повноти використання матеріально-сировинних ресурсів;  $K_{ek}$  – коефіцієнт екологічності.

Ступінь замкненості технологічного процесу харчових виробництв по відношенню до компонент довкілля визначається відношенням маси виробленої харчової продукції до витрачених на її отримання матеріально-сировинних ресурсів – сільськогосподарської продукції. До виробленої відноситься основна продукція, побічна продукція, що виготовляється на даному підприємстві з відходів, а також накопичений обсяг відходів, які реалізуються на інші види виробництв або галузей економічної діяльності, де вони можуть слугувати початковою сировиною для одержання продукції, або готовою продукцією – наприклад корм. З урахуванням цього коефіцієнт повноти використання матеріальних ресурсів ( $K_n$ ) розраховують за формулою:

$$K_n = \frac{\sum H_q V_n - V_H}{\sum H_q V_n}, \quad (2.5)$$

де  $H_q$  – фактична витрата сировини, матеріалів, енергії на одиницю виробленої продукції;  $V_n$  – обсяг виробництва продукції;  $V_H$  – обсяг невикористаних відходів.

Технологія харчових виробництв зазвичай є багатостадійною, і типові виробництва можуть бути доповнені різними процесами переробки відходів. Тому кількісна оцінка ступеня мало- і безвідходності може бути здійснена для конкретного виробництва з урахуванням процесів, пов'язаних із отриманням основної продукції, використанням вторинних ресурсів, а також уловлюванням і знешкодженням відходів.

Коефіцієнт повноти використання сільськогосподарської сировини та матеріальних ресурсів визначається на основі складеного для кожного варіанту технологічного процесу рівняння ресурсного балансу. Цей баланс відображає кількісний рух усіх видів сировини, матеріалів тощо, а також обсяги утворення та використання відходів, побічних продуктів і втрат. Ці

коефіцієнти повинні розраховуватися для кожного виду продукції та для технологічних процесів, ліній і схем виробництва стандартних продуктів, що дозволяє проводити порівняльну оцінку різних варіантів виробництва однакових харчових продуктів.

Коефіцієнт екологічності ( $K_{ек}$ ) в даних умовах харчових виробництв характеризує ступінь безпеки технологічного процесу по відношенню до компонент довкілля і визначається за формулою:

$$K_{ек} = 1 - K_B, \quad (2.6)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт відходоємності (визначається відношенням маси побічних допоміжних продуктів і відходів, що не використовуються і надходять у довкілля з урахуванням ступеня небезпечності кожного окремого виду до одиниці продукції (сировини), що переробляється:

$$K_B = \frac{\sum V_{Hi} P_i}{\sum H_q V_n}, \quad (2.7)$$

де  $V_{Hi}$  – річний обсяг відходу  $i$ -го виду, який не використовується і розміщується в навколишньому середовищі;  $P_i$  – показник відносної небезпечності відходів  $i$ -го виду.

На основі розрахованих коефіцієнтів повноти використання матеріальних ресурсів і екологічності визначають інтегральний коефіцієнт безвідходності процесу (виробництва):

$$K_б = K_n \times K_{ек}, \quad (2.8)$$

Ця методика була застосована для оцінки діючих технологічних процесів або тих, що розроблюються, при різних варіантах використання ВСП.

Так, технології (виробництва), що мають значення  $K_b$  від 0,9 до 1,0, можливо віднести до категорії умовно-безвідходних. Технології з коефіцієнтом безвідходності, що потрапляють в область значень від 0,7 до 0,9 – до категорії маловідходних. Технології з  $K_b < 0,7$  відносяться до категорії рядових.

У борошномельно-круп'яній промисловості до умовно безвідходних відносяться всі процеси борошномельного виробництва та майже всі процеси круп'яного, за винятком технологій виробництва рисової та гречаної крупи, які слід вважати рядовими.

Отже, методика кількісної оцінки технологічних процесів харчових виробництв борошномельної та зернопереробної галузей за ступенем маловідходної і безвідходності розглядається як один зі способів аналізу різних варіантів енерго- та ресурсозбереження та екологічності виробництва на підприємствах харчової галузі. Використання цієї методики для оцінки діючих і нових технологій дозволяє їх ранжувати, що сприяє впровадженню сучасних і прогресивних технологій.

### **2.3. Методика визначення технологічної та економічної ефективності роботи біоенергетичної установки при роботі на відходах борошномельної (зернопереробної) промисловості**

Для умов нашого дослідження приймаємо, що теплотворна здатність 1 кг сухої речовини відходів зернопереробних підприємств має еквівалент 17 МДж. Відзначимо, що під час спалювання брикетів у когенераційній установці кількість вуглекислого газу, який потрапляє в навколишнє середовище (атмосферне повітря) не перевищує обсягів, які можуть бути утвореними за умови природного процесу розкладання деревини. Гранули або



брикети з пшеничних відходів мають щільність близько 1100 кг/м<sup>3</sup>. Характеристики брикетів з відходів зернопереробної (борошномельної) галузі наступні:

- 1 Щільність брикетів – 1100 кг/м<sup>3</sup>;
- 2 Теплотворність – 4300 ккал/кг; ~18 МгДЖ/кг
- 3 Зольність брикетів – 3,3%.

Загальні методичні підходи для нашого досліджень базується на даних нормативних і стандартизованих показниках, а також наукових дослідженнях багатьох авторів. Паливно-енергетичні схема роботи установки наведена на рисунку 2.1:

$$E = B \cdot Q_{\text{нр}} \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де  $E$  –теплова або електрична потужність установки, кВт (МВт);  $B$  – витрата паливних брикетів на вироблення енергії, кг/с;  $Q_{\text{нр}}$  – нижча теплота згорання палива, кДж/кг; кДж/м<sup>3</sup>;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії (ККД) енергоустановки.

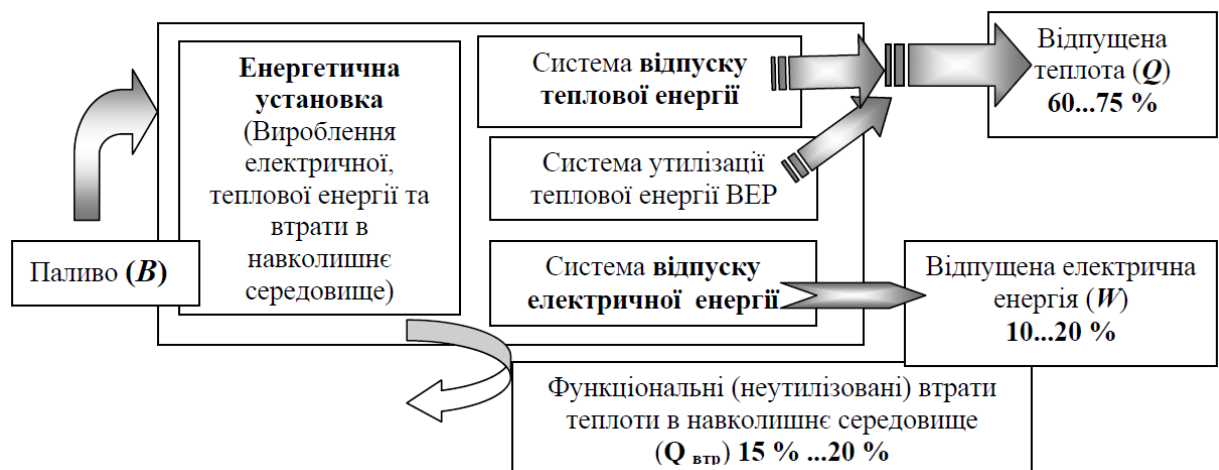


Рисунок 2.1. Структурна схема роботи біогазової (когенераційної) установки

Визначення показника енергетичної ефективності (ПЕЕ) когенераційної установки здійснюємо згідно формули:

$$ПЕЕ = \Sigma E_{спож} / A_{вир} , \quad (2.10)$$

де  $\Sigma E_{спож}$  – загальний боєм енергії споживання за розрахунковий період часу;  $A_{вир}$  – кількість виробленої продукції за розрахунковий період часу.

Собівартість електричної енергії [9]:

$$C_{E/E}^{\Sigma} = C_{експл}^{e/e} + C_{рент}^{e/e} + C_B^{e/e} , \quad (2.11)$$

де  $C_{експл}^{e/e}$  – експлуатаційні витрати на експлуатацію та обслуговування установки, грн/кВт·год. (в межах діапазону 20-30% від паливної складової);  $C_{рент}^{e/e}$  – рентабельність, грн/кВт·год. (встановлюється згідно нормативних показників роботи установки – в межах від 10-2% від паливної складової);  $C_B^{e/e}$  – паливна складова собівартості виробленої енергії, грн/кВт·год.

Собівартість теплової енергії [9]:

$$C_{T/E}^{\Sigma} = C_{експл}^{m/e} + C_{рент}^{m/e} + C_B^{m/e} , \quad (2.12)$$

де  $C_{експл}^{m/e}$  – експлуатаційні витрати під час обслуговування установки, грн/кВт·год. (в межах діапазону 20-30% від паливної складової);  $C_{рент}^{m/e}$  – рентабельність, грн/Гкал. (встановлюється за аналогією з попередніми показниками);  $C_B^{m/e}$  – паливна одиниця складової загальної собівартості виробленої енергії, грн/Гкал.

Загальний розрахунковий термін окупності капіталовкладень на улаштування когенераційної установки розраховується за формулою:

$$T = K_{chp} / (C_v - C_v^{chp}), \quad (2.13)$$

де  $K_{chp}$  – капітальні вкладення (інвестиції) в облаштування когенераційної установки;  $C_v, C_v^{chp}$  – собівартість вироблення енергії.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЇХ АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ

Коефіцієнт безвідходності в переробці зерна є досить високим і коливається в межах 0,62-0,99; для більшості технологічних процесів він наближається до одиниці. Виняток становить виробництво рисової та гречаної крупи, де залишається лузга, що не використовується і забруднює навколишнє середовище. Принципова схема утворення та використання основної продукції та вторинних сировинних ресурсів у зерновому виробництві представлена на рисунку 3.1.

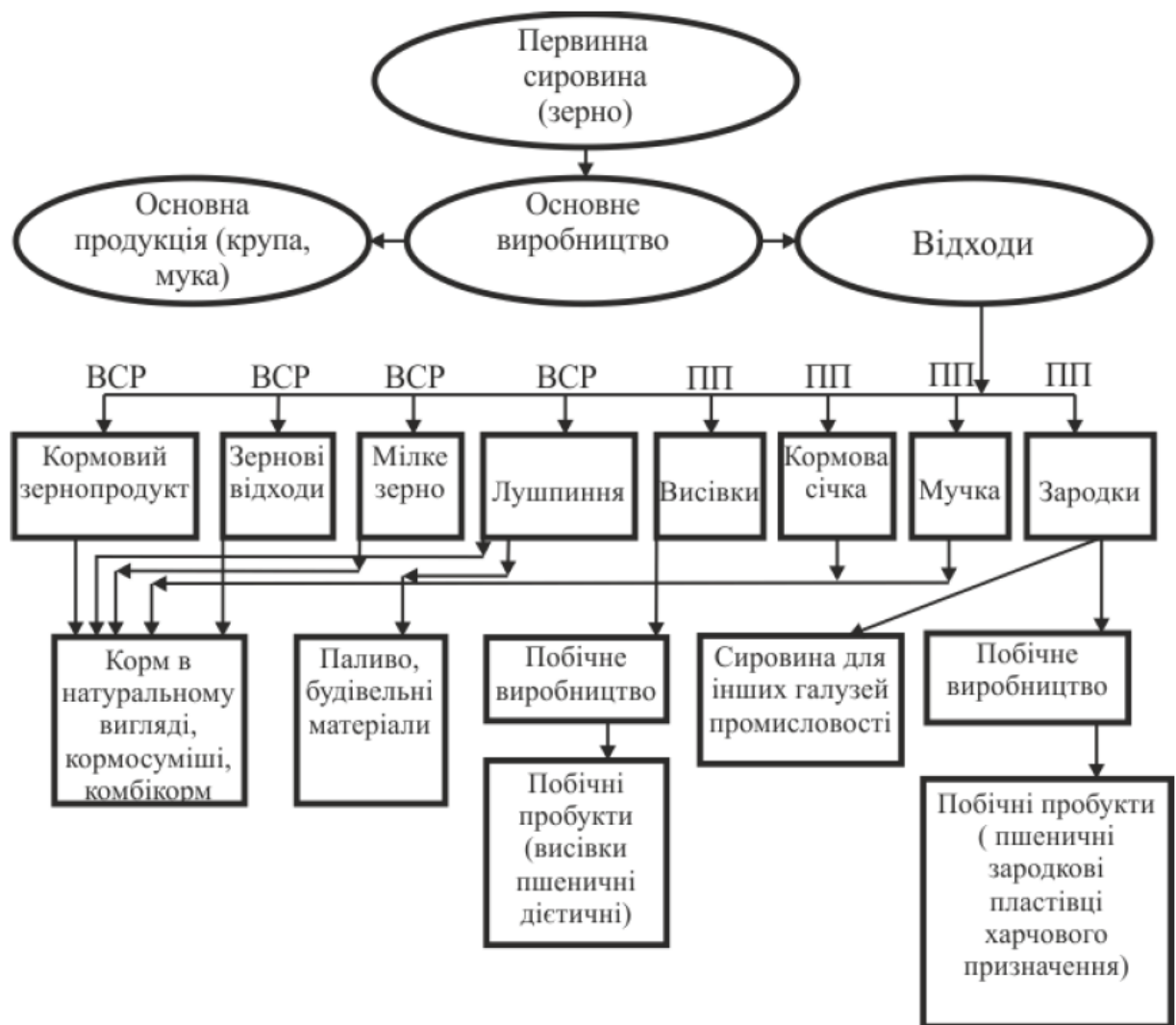


Рисунок 3.1. Принципова схема утворення і переробки вторинних сировинних ресурсів і відходів зернопереробної промисловості:

ПП – побічна продукція, ВСР – вторинні сировинні ресурси.

Приклад розрахунку коефіцієнта безвідходності борошномельного виробництва за потужності підприємства у 10 000 тис. тон переробки зерна:

<i>Показник</i>	<i>Значення</i>
Обсяг переробки зерна пшениці, тис. тон	10 000
Вихід продукції, тис. тон: борошна	7 500
зернових відходів	220
мучки	300
висівок	1 910
Обсяг невикористаних відходів (сушіння, механічні втрати)	70
	$K_m$ 0,993
	$K_o$ 0,007
	$K_e$ 0,993
	$K_b$ 0,986

### **3.1. Перспективні технологічні процеси переробки вторинних ресурсів борошномельного виробництва**

Перспективним напрямком залучення вторинних сировинних ресурсів у борошномельному виробництві є технологія виготовлення пшеничних дієтичних висівок та зародкових пластівців харчового призначення.

До дієтичних пшеничних висівок, призначених для лікувального харчування, висуваються специфічні вимоги щодо мікрофлори, мікотоксинів, залишкового вмісту пестицидів і гербіцидів, а також масової частки важких металів. Найефективнішим методом стерилізації висівок є термічна обробка, яка покращує їх колір, смак і запах та подовжує терміни зберігання. Сушіння гарячим повітрям до вологості 5-7% з подальшим охолодженням дозволяє знизити мікробіологічну забрудненість до допустимого рівня.

*Лінія виробництва висівок пшеничних дієтичних, призначених для лікувально-профілактичного харчування, наведена на рис. 3.2.*

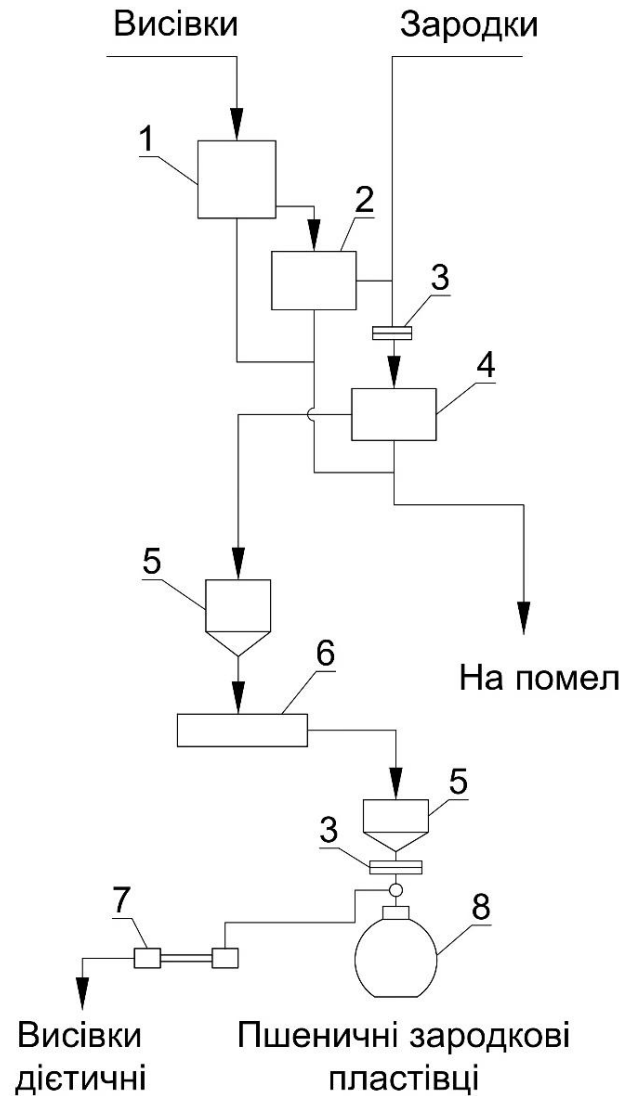


Рисунок 3.2. Схема технологічного процесу виробництва дієтичних висівок і пшеничних зародкових пластівців:

1 – сепарування для забезпечення необхідної крупності висівок; 2 – очищення частинок ендосперму від оболонок; 3 – виділення металомагнітних домішок; 4 – калібрування висівок за крупністю; 5 – накопичення зернопродуктів; 6 – зниження вологості шляхом сушки; 7 – фасування зародкових пластівців та дієтичних висівок; 8 – вибій зародкових пластівців та дієтичних висівок

Все обладнання для лінії, за винятком бункера з вібратором і сушарки У1-БСО, серійно виробляється вітчизняними підприємствами. За результатами випробувань технологічна лінія для виробництва дієтичних пшеничних висівок рекомендована для впровадження на діючих і нових борошномельних заводах. Потужність лінії становить 100 кг/год. Наразі 15%

пшеничних висівок від загальної кількості використовуються в хлібопеченні та як дієтичний продукт. З впровадженням виробничих ліній ця цифра зростає.

На борошномельних заводах з високопродуктивним обладнанням пшеничні дієтичні висівки та зародкові пластівці можуть виготовлятися за єдиною схемою. Сировиною є висівки і зародки, отримані під час виробництва борошна. Пшеничні зародкові пластівці слід розглядати як важливе джерело натуральних вітамінів.

Висока харчова та біологічна цінність пшеничних зародкових пластівців, призначених для харчування, а також їх потенціал для розробки нових сортів хлібобулочних виробів лікувально-дієтичного призначення, підкреслюють доцільність організації їх виробництва на борошномельних заводах, обладнаних сучасними високопродуктивними системами.

Схема подачі розсипних пшеничних висівок на лінію гранулювання та відпуску готових гранульованих висівок є універсальною. Це пов'язано з можливістю зберігання у ємностях як розсипні, так і гранульовані висівки. З ємностей висівки за допомогою транспортера подаються в накопичувач, де відбувається видалення металоманітних домішок. Після цього висівки потрапляють до міксера для пропарювання, де обробляються парою при температурі 120-150 °С, а потім надходять на прес-гранулятори. Після пресування отримані гранули охолоджуються до температури близько 20 °С або на 5 °С вище температури навколишнього середовища (повітря) на охолоджувальних колонках.

Готова продукція із гранульованих висівок просівається на вібросепараторі, де відокремлюються некондиційні домішки, які повторно направляються на гранулювання. Після просіювання гранульовані висівки транспортуються на верхній поверх і зберігаються в оперативних ємностях. Відпуск гранульованих висівок здійснюється як для залізничного, так і для автотранспорту.

Схема також передбачає відбір гранульованих і розсипних висівок на ваговідбійних апаратах у мішки по 30 кг, а відпуск споживачеві – за

допомогою стрічкових конвеєрів та існуючої навантажувальної техніки. Гранульовані висівки відповідають стандартам ТУУ 20047943-003-99.

### **3.2. Перспективні технологічні процеси переробки вторинних ресурсів круп'яного виробництва**

До перспективних технологічних процесів переробки ВСР круп'яного виробництва на технічні, харчові та комбікормові цілі можна віднести наступне.

*Технологічний процес виробництва плит* (рис. 3.3). Лузга з бункера 1 надходить у сушарку 3, потім в бункер-накопичувач 5, після чого - в змішувач 6 зі смолою і закріплювачем. Осмолена лузга порціями поступає в піддони, підпресовується і потім пресується при певних температурі і тиску. Готові плити (розміром 500×500×7 мм) виймають з форми і складують.

*Технологічний процес виробництва теплоізоляційних плит*. Лузга, вода й відходи паперового виробництва або паперова макулатура надходять з бункерів в змішувач, потім суміш дозують у форми центрифуги. Форми подаються на вагонетках в тунельну сушарку. Після висушування теплоізоляційний матеріал поступає на склад.



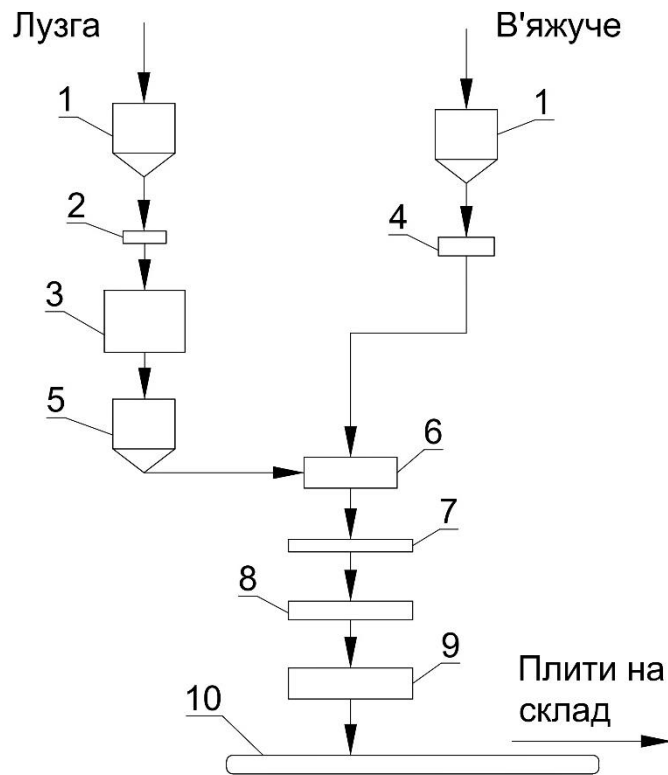


Рисунок 3.3. Узагальнена схема технологічного виробництва будівельних і теплоізоляційних матеріалів (плит, блоків тощо):

1 – бункери; 2 – магніт; 3 – сушарка; 4 – дозатор; 5 – бункер-накопичувач; 6 – змішувач; 7 – формуюча машина; 8 – підпресовувач; 9 – прес; 10 – охолоджувач.

*Технологічний процес виробництва будівельних блоків.* Гіпсова в'язуча речовина, вода з добавками затверджується і лузга через дозатори з бункера поступають у змішувач. Після інтенсивного перемішування суміш порційно подають в карусельну формуючу машину. За один оборот машини (25-30 хв.) блоки «схоплюються», і далі після сушіння транспортером їх відправляють на склад. Досушування блоків можливе в природних умовах або в сушарках. Блоки використовують як зовнішній стіновий матеріал, а також для внутрішніх робіт. Розмір блоків 380×190×190 мм.

*Технологічна схема виробництва покрівельних матеріалів.* Лузгу зі складу подрібнюють в дробарці, накопичують в бункері і подають з магнітним

контролем в гумозмішувач з полімеркаучуковою композицією. З гумозмішувача продукт, розігрівшись при інтенсивному перемішуванні, надходить на вальці, які формують лист заданої товщини. Після охолодження матеріал змотують в бобіни і направляють на склад.

*Технологічна схема виробництва паливних брикетів* представлена на рис. 3.4.

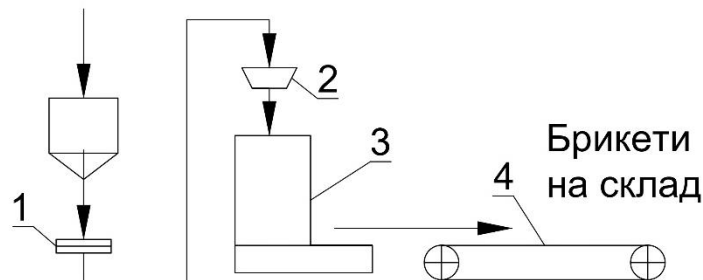


Рисунок 3.4. Схема технологічного виробництва паливних брикетів:

1 – магніт; 2 – дозатор; 3 – прес; 4 – конвеєр для охолодження.

Лузга з бункера-накопичувача через магнітний контроль 1 і дозатор 2 надходить в прес 3, де при певній вологості, температури і тиску відбувається її брикетування. Поперечний переріз брикету 100×120 мм, довжина (200 ± 50 мм) визначається місцем зламу бруса, що безперервно видавлюється. Після охолодження брикети складують.

*Технологічна схема виробництва олії з мучки* (рис. 3.5).

Мучка надходить в підігрівач 1 для стабілізації ферментативної активності, після чого подається в прес-екструдер 2. У екструдері через спеціальну насадку віджимається олія і виходить макуха. Олія через фільтр 3 надходить у відстійник 4, а потім у накопичувальну ємність.

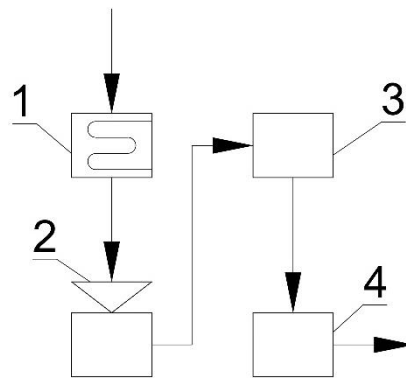


Рисунок 3.5. Схема технологічного виробництва олії з мучки:

1 – нагрівач; 2 – екструдер; 3 – фільтр; 4 – відстійник.

*Технологічний процес виробництва розсипчастих і гранульованих кормових сумішей (рис. 3.6).*

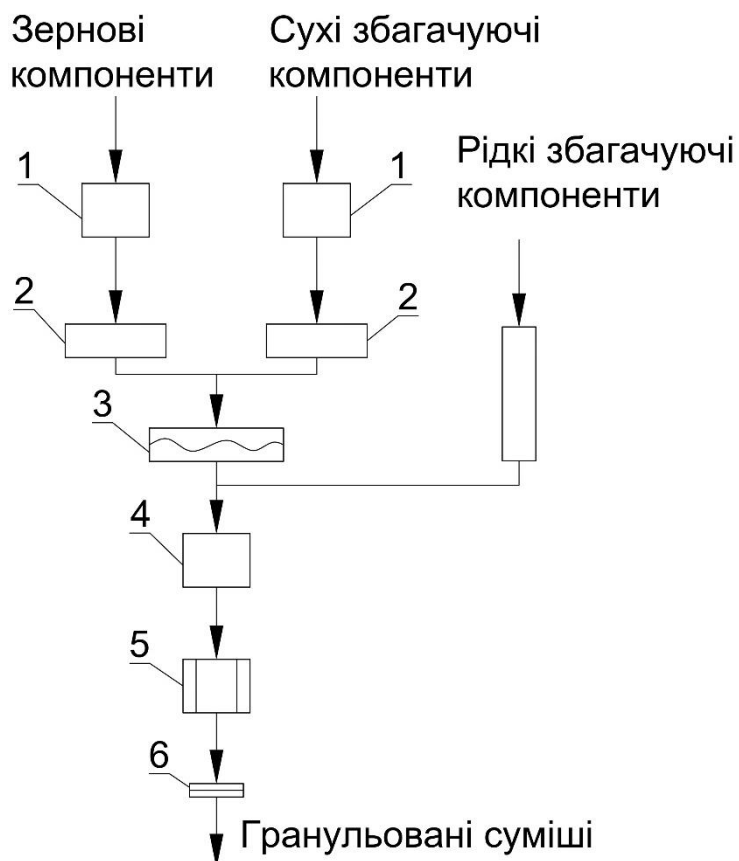


Рисунок 3.6. Схема технологічного виробництва:

1 – подрібнювачі; 2 – дозатори; 3 – змішувач; 4 – прес; 5 – охолоджувач; 6 – магніт.

Відходи I і II категорій, дробленку, мучку очищують від випадкових домішок, подрібнюють (1) і змішують (3) з компонентами (сіллю і крейдою) в пропорції за заданою рецептурою. Із змішувача виходить розсипна кормосуміш.

При виробництві гранульованих кормосумішей в розсипну суміш сухих компонентів вводять додатково рідку мелясу, що забезпечує необхідну міцність гранул, а також макуху, шрот, сечовину (карбамід), кормовий фосфат. Цю суміш пресують (4) з наступним охолодженням (5) гранул і магнітним контролем (6) кормосуміші.

### **3.3. Обґрунтування технологічного процесу та розробка рецептури хліба з використанням пшеничних відходів**

Враховуючи біохімічні показники висівок з пшеничних відходів та з метою оцінки і вибору висівок для збагачення хліба розраховуємо інтегральний скор (табл. 3.1).

Білковий комплекс ВРС та відходів круп'яного виробництва є більш повноцінним за вмістом незамінних амінокислот у порівнянні з білком цільного зерна. Він містить вітаміни Е, РР, групи В та поліненасичені жирні кислоти. Мінеральний склад багатий на: 1) залізо, 2) марганець, 3) калій та 4) фосфор. Завдяки високій поживній цінності, основне використання відходів круп'яного виробництва – це корми для галузі тваринництва (до 60-70%). У харчовій промисловості відходи круп'яної промисловості використовуються для збагачення хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів..

Таблиця 3.1. Біохімічний склад та інтегральний скор пшеничних висівок при додаванні до хлібної продукції

№	Нутрієнт	Одиниця виміру	Біохімічний склад висівок пшеничних	Добова потреба у споживанні	Інтегральний скор висівок пшеничних
1	натрій	мг	2,0	5000	0,04
2	К	мкг	1,9	100	1,9
3	кальцій	мг	73,0	1100	6,7
4	жири	г	4,3	62	6,9
5	Е	мкг	1,5	15	9,9
6	В1	мкг	0,5	1,3	10
7	фолат	мкг	79,0	400	19,8
8	вуглеводи	г	64,5	300	21,5
9	білки	г	15,5	61	25,5
10	калій	мг	1180,0	3700	31,9
11	В2	мкг	0,6	1,6	36,3
12	пантотенова кислота	мг	2,2	5	43,6
13	цинк	мг	7,3	12	60,1
14	залізо	мг	10,6	1,7	62,3
15	В6	мкг	1,3	1,8	72,3
16	фосфор	мг	1010,0	1200	84,5
17	ніацин	мг	13,6	16	84,9
18	мідь	мг	1,0	1	100
19	магній	мг	610,0	500	122,2
20	харчові волокна	г	42,8	30	142,5
21	селен	мг	77,5	50	155,2
22	марганець	мг	11,5	2	575

У зернопереробній промисловості продукція з ВСР зазвичай використовується в хлібобулочних výroбах. Основними тенденціями в асортименті хліба на міжнародному рівні є: розширення різновидів хліба з високим вмістом баластних речовин, достатнім рівнем білків та зниженою калорійністю. Створено безліч рецептів для виробництва хліба, де вміст баластних речовин (клітковини) значно перевищує їх кількість у цілому зерні завдяки додаванню пшеничних і соєвих висівок, а також подрібненого і цілого зерна (до 20% від маси борошна).

Дослідження фізіологів підтвердили, що хліб, випечений з борошна з цільного зерна та борошна з добавками баластних речовин (висівок), при споживанні в обсязі 300-400 г на добу не сприяє набору ваги завдяки зниженій калорійності і значно покращує травлення. Час проходження їжі через шлунково-кишковий тракт скорочується майже вдвічі (70-75 годин для хліба з борошна вищих сортів і 40-45 годин для темного хліба з баластними речовинами). Споживання хліба з баластними речовинами в окремих країнах (Німеччина, Швеція, Нідерланди) досягло 60-70%.

У США, Англії, Франції, Швейцарії, Швеції, Фінляндії, Італії, Японії, Польщі, Угорщині та Німеччині пшеничні висівки також використовуються як інгредієнт у печиві, кексах і галетах. Їх вміст варіюється від 1 до 80%, а крупність — від 1000 до 100 мкм.

Пшеничний зародок вважається одним із найефективніших джерел натуральних вітамінів і рослинних білків у створенні нових спеціальних сортів хлібобулочних, макаронних, кондитерських виробів, продуктів дитячого харчування та вітамінізованих харчових продуктів на основі принципів раціонального та збалансованого харчування. Крім того, пшеничний зародок може використовуватися як сировина для виготовлення фармакологічних препаратів, косметичних засобів та спеціальних видів комбікормів.

### 3.4. Виготовлення теплоізоляційних матеріалів

Будівельний сектор є одним із основних факторів глобальних змін клімату, оскільки він відповідає приблизно за 36% світового споживання енергії та близько 39% викидів парникових газів. Розробка нових матеріалів може стимулювати людей до вибору більш сталих рішень і збільшення використання вторинних ресурсів. Проте цього зазвичай недостатньо, особливо в холодному та помірному кліматі, де теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій є критично важливими для зменшення енергоспоживання будівель та викидів парникових газів, а також для забезпечення комфортних умов у приміщеннях. У зв'язку з цим багато країн запроваджують більш суворі будівельні норми, що, в свою чергу, призводить до зростання використання ізоляційних матеріалів.

Сучасні технології розробки та виробництва промислових матеріалів останнім часом зосереджені на поліпшенні ізоляційних властивостей біологічних матеріалів. Важливим аспектом є наявність сталого джерела біомаси та в'яжучих речовин. Синтетичні в'яжучі речовини можуть знижувати екологічність рішень і викликати проблеми з їх сприйняттям громадськістю та маркетингом.

Ізоляційні матеріали на основі деревоволокнистих плит, виготовлені з деревних волокон і спресовані у гнучкі або жорсткі плити з використанням поліуретанових в'яжучих, мають теплопровідність в межах 35-45 мВт/(м·К). Пшеничні висівки є ще одним побічним продуктом у виробництві зерна, отриманим під час помелу пшеничного зерна. Вони складаються переважно з твердих зовнішніх шарів зерна, які відокремлюються для виготовлення рафінованих продуктів.

Пшеничні висівки можуть становити до 25% ваги зерна і містять 55-60%

некрохмалистих вуглеводів, 15-25% крохмалю, 10-18% білка, 2-10% мінеральних речовин і 2-5% жиру. Завдяки вмісту крохмалю та білка, пшеничні висівки мають потенціал для зв'язування. Додавання пшеничних відходів дозволяє отримати матеріал з хорошими механічними властивостями при щільності від 300 до 500 кг/м<sup>3</sup>. Теплопровідність теплоізоляційних матеріалів з пшеничних відходів варіюється від 50 до 65 мВт/(м·К) при густині близько 350 кг/м<sup>3</sup>.

Найнижчі значення теплопровідності спостерігаються у зразків плит при густині менше 200 кг/м<sup>3</sup>. Створення зразків теплоізоляційних матеріалів з щільністю нижче 150 кг/м<sup>3</sup> не є доцільним, оскільки такі матеріали будуть занадто крихкими для обробки.

При щільності понад 200 кг/м<sup>3</sup> зразки можна обробляти без особливої обережності, а при щільності понад 300 кг/м<sup>3</sup> механічні властивості покращуються. Криві стиснення зразків до 15% деформації продемонстровані на рис. 3.7.

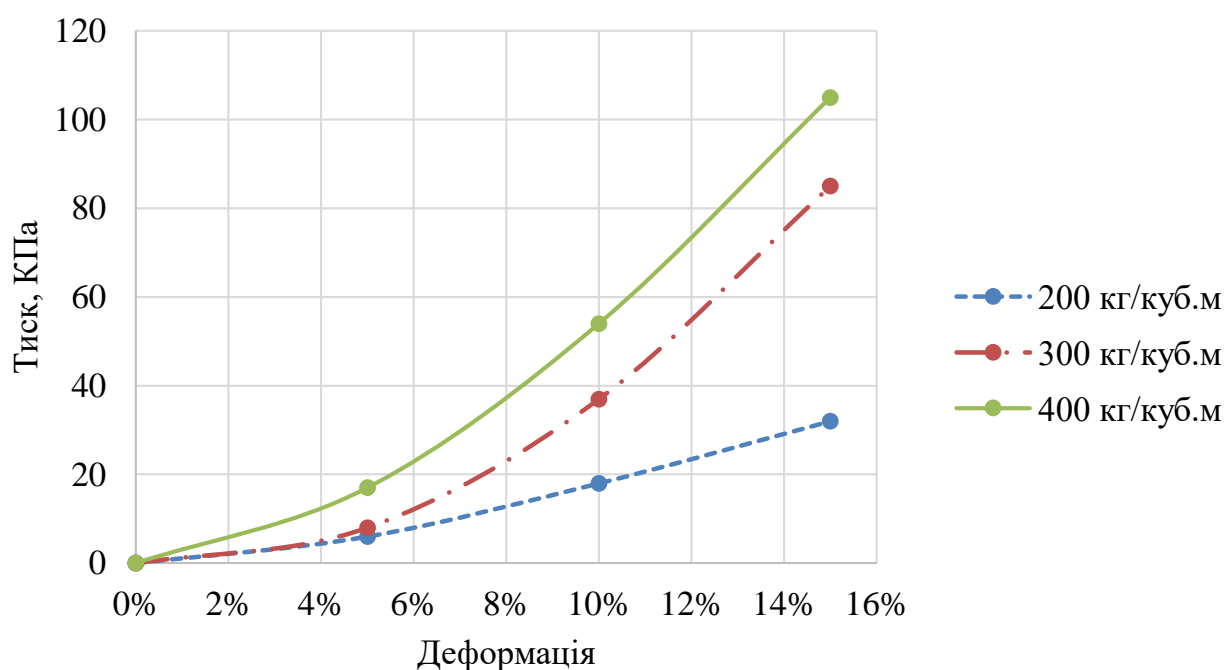


Рисунок 3.7. Характеристика залежності деформації від тиску на зразки теплоізоляційних матеріалів з додаванням пшеничних висівок



Представлені дані показують, що з пшеничних висівок можна створити теплоізоляційну плиту з тепловими, механічними та вологостійкими властивостями, придатними для застосування в якості будівельної ізоляції. Більшість досліджень також показують, що для створення таких теплоізоляційних плит не потрібне додаткове в'язуче. Пшеничні висівки самі вилугуюють необхідні компоненти (наприклад, крохмаль і пектин), щоб зв'язати себе в цілісні ізоляційні плити. Такий підхід знижує вартість матеріалів і складність процесу, а також дозволяє уникнути використання потенційно менш стійких зв'язуючих речовин.

Крім того, використання ізоляційного матеріалу на основі пшеничних висівок дозволяє уникнути викидів парникових газів, пов'язаних з традиційними ізоляційними матеріалами.

### **3.5. Виробництво паливних брикетів**

Паливні брикети з біомаси здобули світове визнання як оптимальна альтернатива традиційним джерелам пального, таким як дрова та деревне вугілля, для опалення, приготування їжі та інших промислових потреб у міських і сільських місцевостях. Вони вважаються кращим варіантом завдяки своїй високій енергоефективності, зниженим викидам та екологічній стійкості.

Брикети мають вищу енергетичну щільність, що забезпечує триваліше горіння та більшу теплову потужність на одиницю порівняно з сирою біомасою або традиційними видами пального. Крім того, їх використання призводить до менших викидів, включаючи зниження рівнів твердих частинок, оксидів сірки та азоту, що позитивно впливає на якість повітря і зменшує ризики для здоров'я.

Використання сільськогосподарських відходів для виготовлення брикетів також сприяє екологічній стійкості, зменшуючи вирубку лісів і покращуючи управління відходами. Брикетування біомаси полягає в ущільненні сипучих біомасових матеріалів для отримання компактних твердих композитів різних розмірів під тиском.

Перетворення відходів зернопереробної промисловості на брикети може не лише частково вирішити проблему утилізації відходів, але й забезпечити сталий джерело енергії, що допоможе пом'якшити енергетичну кризу. Переваги брикетів з біомаси, такі як покращена ефективність горіння, зменшення викидів та утилізація сільськогосподарських відходів, підкреслюють їхній потенційний вплив.

Співвідношення інгредієнтів для виготовлення суміші під час брикетування може варіюватися: 1) 90:10; 2) 80:20; 3) 70:30; 4) 60:40; 5) 50:50. Загальна характеристика та результати стиснення різних зразків брикетів наведені на рисунку 3.8. Зразок №5 (50:50) демонструє найвищі показники стисненої та послабленої щільності. Різниця у щільності може бути пов'язана з різними матеріалами біомаси та в'язучими речовинами, а також з конкретними параметрами тиску ущільнення і вмістом вологи в кожному випадку.

Результати зразка №5 свідчать про його сприятливі фізичні характеристики та властивості горіння, що робить його придатним для використання як альтернативного пального. Випробування на стійкість до руйнування є прямим методом оцінки механічної міцності брикетів для обробки, транспортування та зберігання. У цьому випадку зразок №5 також показує найвищий індекс руйнування – понад 95%.

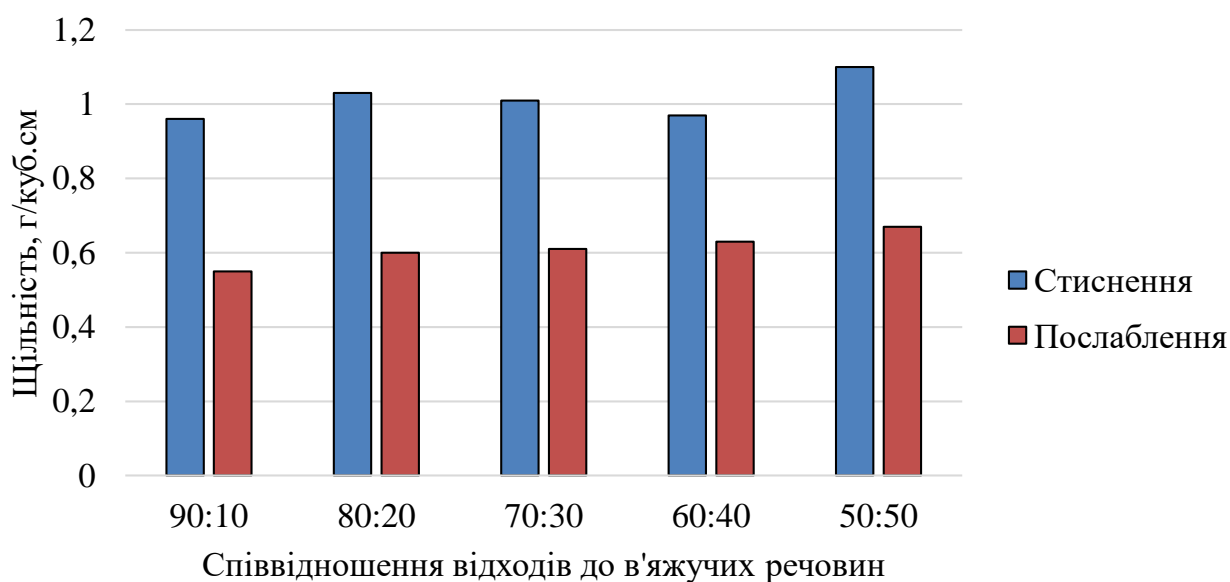


Рисунок 3.8. Характеристики різних зразків паливних брикетів

Вміст вуглецю у зразках брикетів показано на рисунку 3.9. варто відмітити, що в цьому випадку зразок №1 (90:10) має найвищий вміст фіксованого вуглецю – понад 2%, що свідчить про його придатність для побутового використання завдяки вищій теплотворній здатності.

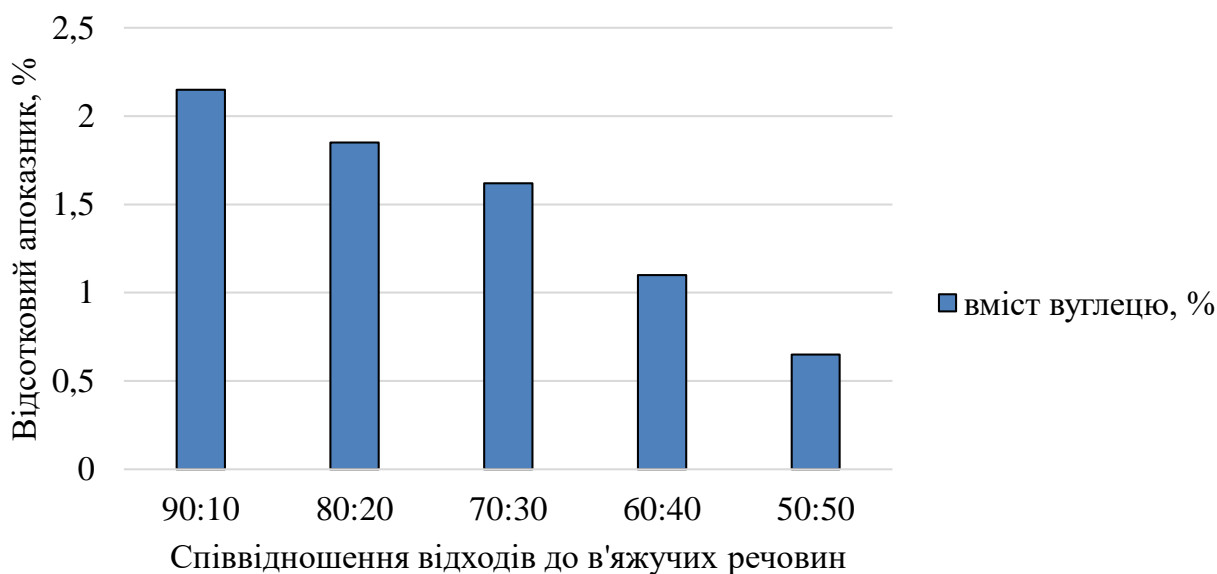


Рисунок 3.9. Вміст вуглецю у різних зразках брикетів

Проте ключовим фактором використання паливних брикетів є тепло їх згоряння (рис. 3.10). Зразок №5 має найвищу теплоту згоряння на рівні

17 МДж/кг, що свідчить про вищий вміст енергії порівняно з іншими зразками.

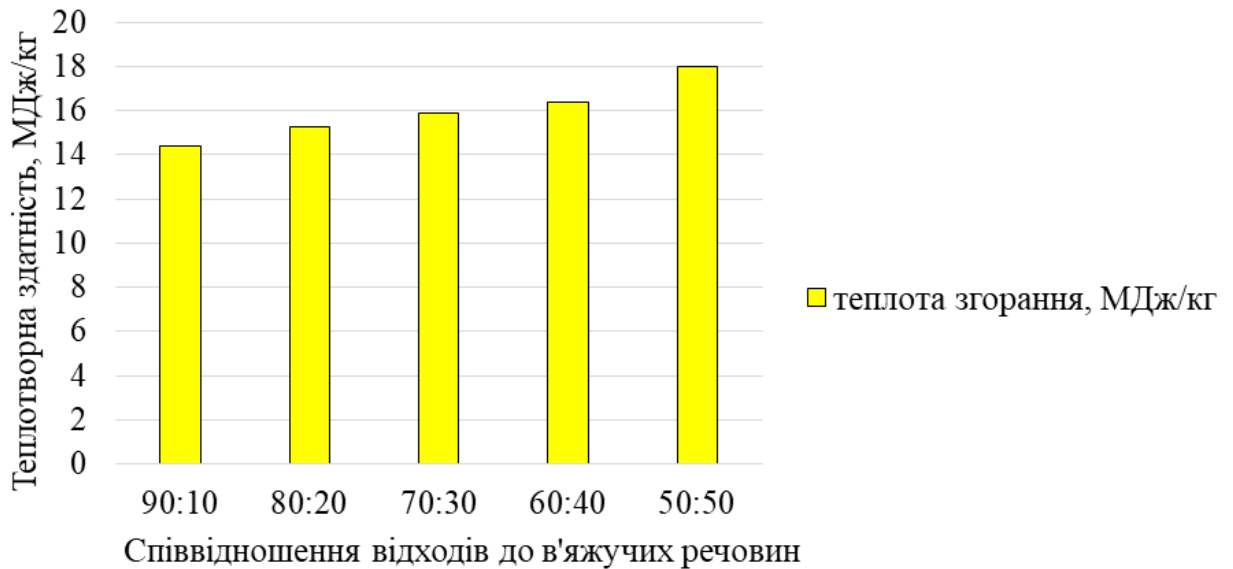


Рисунок 3.10. Теплота згорання різних зразках брикетів

Результати досліджень показують, що зразок брикету (рис. 3.11) із співвідношенням пшеничних відходів та в'язучих речовин 50:50 має найвищу теплоту згорання, що демонструє вищу ефективність опалення порівняно з іншими зразками.



Рисунок 3.11. Приклад загального вигляду паливних брикетів з відходів зернопереробної (борошномельної) промисловості.

### 3.6. Розрахунок параметрів роботи енергогенеруючої установки, що працює на паливних брикетах з відходів зернопереробної (борошномельної) промисловості

На сьогодні, за умови повного використання теплової та електричної енергії, найбільш сучасні установки, які працюють на принципах когенерації, можуть досягати рівня коефіцієнтів корисної дії (ККД) близького до 90% (рис. 3.12).



Рисунок 3.12. Схематичне представлення досягнення ККД когенераційною установкою в процесі виробництва різних видів енергії

Таким чином, для умов наших досліджень маємо отримаємо наступні розрахункові параметри. За умови теплотворності 4300 ккал / кг (5,0 кВт·год) з 1 тони брикетів може бути виділено:

$$E_{1T} = 5,0 \cdot 1000 = 5000 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахункова потужність виробництва брикетів з пшеничних відходів складає 10 т/добу. Виходячи з цього, енергетична теплотворність пшеничних відходів ВРС може сягати:

$$E_{\text{доб}} = 5000 \cdot 10 = 50000 \text{ кВт}\cdot\text{доб.} \approx 50 \text{ МВт}\cdot\text{доб.}$$

Розраховуємо годинну потребу в енергії:

$$E_{\text{год}} = E_{\text{доб}} / 24 = 100/24 = 4,17 \text{ МВт}\cdot\text{год}$$

Для отримання цієї енергії розрахункова потреба брикетів становитиме:

$$W_{\text{пал}} = E_{\text{год}} / E_{1\text{T}} = 4170 \text{ кВт} / 5000 \text{ кВт} = 834 \text{ кг}$$

Якщо припустити, що коефіцієнт корисної дії енергетичної станції становить на паливних брикетах з пшеничних відходів становить 78%, то потреба в паливі зростає до 1070 кг. Загальна потреба визначається шляхом припущення, що цей ресурс споживається як 44% електроенергії і 40% тепла. Це означає, що з обсягу 1070 кг буде отримано лише 44% від загальної потреби в електроенергії. Тому, збільшивши обсяг палива, потрібно отримати кінцевий обсяг 2432 кг палива. Цей об'єм задовольнить загальну потребу в електричній та тепловій енергії.

Тобто для підтримання роботи технологічного процесу виробництва необхідно практично щогодинне спалювання 2432 кг брикетів з пшеничних відходів.

### **3.7. Розробка та виробництво посуду з відходів зернопереробних виробництв**

Забруднення різних компонент навколишнього пластиківими відходами з кожним днем ускладнюється. У зв'язку з цим у світі все більших обертів набуває тренд розробки посуду з органічних та екологічно чистих відходів (рис. 3.13). Одним з варіантів є саме пшеничні відходи. При цьому для

виготовлення посуду такого посуду використовують машини і механізми для пресування з пневматичним керуванням. Компресійне формування є широко використовуваною технікою для створення різноманітних виробів з використанням композитних матеріалів. Процес складається з двох етапів: попереднього нагрівання та нагнітання. Вартість компресійного формування відносно низька порівняно з литтям під тиском і перенесенням, і воно використовується для створення компонентів і деталей для широкого спектру галузей промисловості. Рушійною силою такого перспективного напрямку використання ВРС є обсяги утворення відходів, сучасна обізнаність та мотивація (людей і промислових виробництв).



Рисунок 3.13. Загальний вигляд «екологічного» посуду виробленого з відходів зернопереробної (борошномельної) промисловості

## **4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА**

### **4.1. Вплив зернопереробної промисловості на забруднення атмосферного повітря**

Сировиною для підприємств зернопереробної галузі виступають зернові (пшениця, жито та інші) та круп'яні (рис, гречка, ячмінь, просо, овес, кукурудза, горох) культури. Під час зберігання та переробки сировини на зернопереробних підприємствах в атмосферу потрапляють частинки зернових культур (лушпиння, солома, оболонки зерна) та інші супутні речовини (частки ґрунту, пилок, насіння бур'янів, частини соломи тощо), а також частина готової продукції (борошно, мучка).

Отже, більшість забруднюючих речовин, що потрапляють у навколишнє середовище, є природними рослинними речовинами, тоді як незначна частина складається з мінеральних речовин у вигляді частинок ґрунту. За характером виконуваних робіт підприємства галузі можна розділити на дві категорії: ті, що займаються заготівлею та зберіганням зерна (елеватори, хлібоприймальні підприємства), і ті, що займаються його переробкою (млини, крупозаводи).

На підприємствах першої категорії основними процесами є очищення, сушіння та зберігання зерна. Усі ці процеси супроводжуються виділенням зернового пилу. У другій категорії підприємств під час підготовки зерна до переробки використовують як сухе, так і мокре очищення; відходом мокрого очищення є мийні або стічні води. Вміст зернового пилу в зернових культурах не регулюється, лише вміст бур'янистих домішок (до 5% від маси зерна)



підлягає нормуванню.

У масі зерна пил знаходиться у вільному (легко відсіюється) і зв'язаному станах. Під час усіх операцій з зерном виділяється значна кількість пилу, який уловлюється за допомогою аспіраційних установок. Винятком є процес сушіння зерна в різних типах зерносушарок, де через великі обсяги повітря (до 60 тис. м<sup>3</sup>/год.) проводиться лише часткове очищення. На початкових етапах обробки зерна (прийом, сушіння, транспортування в технологічному потоці) видаляється основна частина вільного (незв'язаного) зернового пилу.

Надалі, під час інтенсивного перемішування маси зерна під час транспортування та обробки, видаляється зв'язаний пил, який відокремлюється з поверхні зернових. Таким чином, частина незв'язаного зернового пилу виділяється на елеваторах і хлібоприймальних підприємствах, а решта – на борошномельних і круп'яних заводах під час підготовки зерна до переробки.

На основі матеріалів обстеження ряду підприємств при розробці нормативів викиду забруднюючих речовин в атмосферу встановлено питомі викиди зернового пилу (кількість викидів в атмосферу на 1 т переробленого зерна) для різних типів зернопереробних підприємств. Значення питомих викидів (в кг пилу на 1 т зерна) наведені нижче (рис. 4.1).

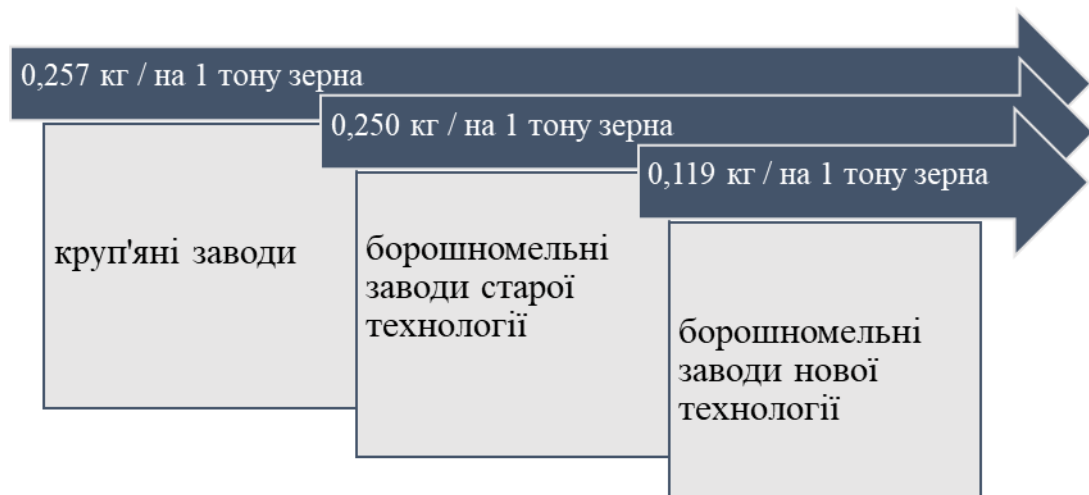


Рисунок 4.1. Величини питомих викидів зернового пилу (кг) на 1 т зерна.

Борошняний пил є продуктом подрібнення зерна і за своїм складом ідентичний до готової продукції борошномельних заводів - борошна. На круп'яних заводах, де зерно (гречка, овес, рис, просо) не подрібнюється, у процесі обробки зерна за рахунок стирання, ударного подрібнення і інших процесів з'являються частинки зерна (мучка). Мучка утворюється також в процесі шліфування.

За наявними даними про викид борошняного пилу борошномельними і круп'яними заводами підрахований питомий викид борошняного пилу, 1 кг/т, на різних підприємствах (рис. 4.2).

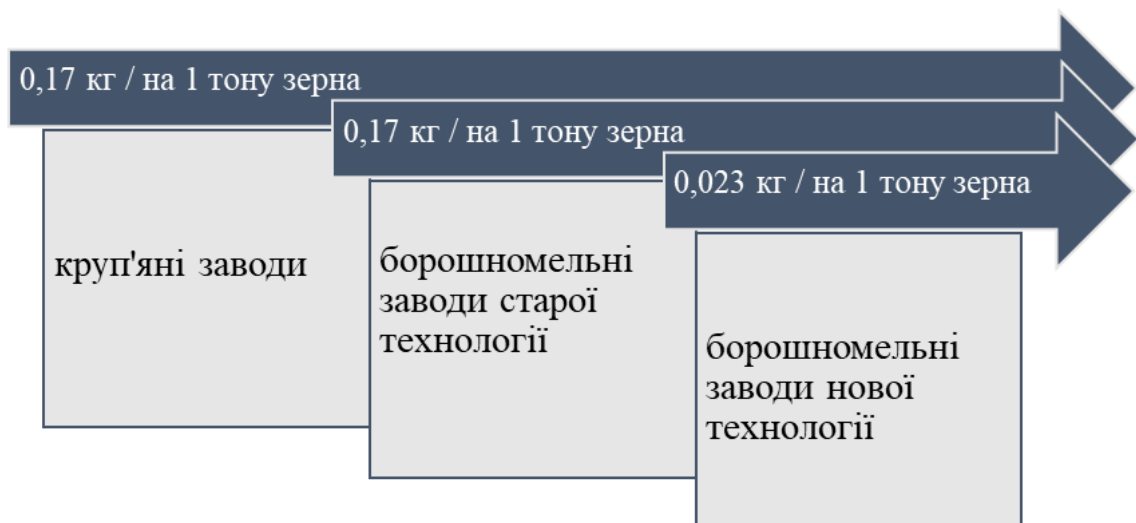


Рисунок 4.2. Величини питомих викидів борошняного пилу (кг) на 1 т зерна.

Питомий викид мучки на круп'яних заводах, враховуючи відсутність конкретних даних, був прийнятий таким же, як і для борошномельних заводів старого типу.

Досвід розрахунку розсіювання пилу (як зернового, так і борошняного), що викидається елеваторами, борошномельними та круп'яними підприємствами, свідчить про те, що концентрація цього пилу на межі санітарно-захисної зони (50-100 м) зазвичай не перевищує допустимих норм (0,5 мг/м<sup>3</sup>). Як вже було зазначено, пил, що викидається підприємствами цієї галузі, складається з дрібних часток (до 250 мкм)

переважно рослинного походження з невеликою кількістю мінеральних часток (частки ґрунту).

Відомо, що шкода від пилу залежить від його розміру та хімічного складу. Крупні частки пилу менш небезпечні, ніж дрібні, оскільки вони затримуються на слизовій оболонці під час дихання. Дрібний пил (5-10 мкм) є найнебезпечнішим для здоров'я людини. До нещодавнього часу токсичність пилу оцінювалася за вмістом кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ).

Пил рослинного походження може стати поживним середовищем для розвитку мікроорганізмів. Наприклад, в борошняному пилу було виявлено значну кількість бактерій (стафілокок, стрептокок тощо). Пізніші дослідження впливу зернового пилу на здоров'я населення показали, що він може містити велику кількість мікрофлори у вигляді бактерій і грибів.

Мікробіологічний аналіз зернового пилу, відібраного на елеваторі, показав, що число спороутворюючих бактерій досягає  $6,8 \cdot 10^5$  КУО/г, а кількість мікроскопічних грибів становить до  $3,6 \cdot 10^5$  КУО/г. Для порівняння: вміст спороутворюючих бактерій у нормальних зернах пшениці не перевищує  $2,0 \cdot 10^2$  КУО/г, а мікроскопічних грибів –  $(3,0-5,0) \cdot 10^3$  КУО/г.

Згідно з екологічними вимогами, концентрація забруднюючих речовин (переважно зернового та борошняного пилу) не повинна перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) для кожного виду забруднюючої речовини та їх суми. Встановлено такі значення ГДК: для зернового пилу –  $0,2 \text{ мг/м}^3$ ; для борошняного пилу –  $0,5 \text{ мг/м}^3$ .

Щорічно на більшості підприємств проводиться контроль вмісту забруднюючих речовин у повітрі, що викидається системою аспірації підприємств, на межі санітарно-захисної зони та в районах найближчих житлових забудов.

## 4.2 Забруднення водного середовища стічними водами хлібопекарських підприємств

Сучасні хлібопекарські підприємства поділяються на чотири типи (рис. 4.3).



Рисунок 4.3. Основні типи хлібопекарських підприємств.

Хлібопекарські підприємства є значними споживачами води, використовуючи питну воду для технологічних і господарсько-побутових потреб. У технологічних процесах вода застосовується для приготування тіста, сиропів, підготовки додаткових інгредієнтів, кондиціювання повітря, охолодження обладнання, обігріву трубопроводів, зволоження ножів для нарізки та обприскування виробів через форсунки.

Витрати води на ці цілі вважаються незворотними. Вода, що використовується в основному і допоміжному виробництві, а також для господарсько-побутових потреб, формує потік стічних вод на хлібозаводі. Основні статті витрат включають миття обладнання, підлог, яєць, хлібних лотків, прання білизни, соціально-побутові потреби та приготування їжі.

Обсяги споживання та відведення води на хлібо заводах визначаються в залежності від потужності підприємства, асортименту продукції, технічного оснащення та наявних систем водопостачання. Вода, що використовується на хлібопекарських підприємствах, повинна відповідати певним вимогам. Ефективність використання води на хлібо заводах оцінюється за добовими питомими показниками споживання води та обсягу стічних вод.

Джерелами забруднень у стічних водах можуть бути сировина для виробництва продукції — вода, борошно, кухонна сіль, цукор, повидло, креми, дріжджі, жири, яйця, родзинки та інші добавки; а також стоки, що утворюються після задоволення господарсько-побутових потреб і після санітарної обробки обладнання, приміщень і території.

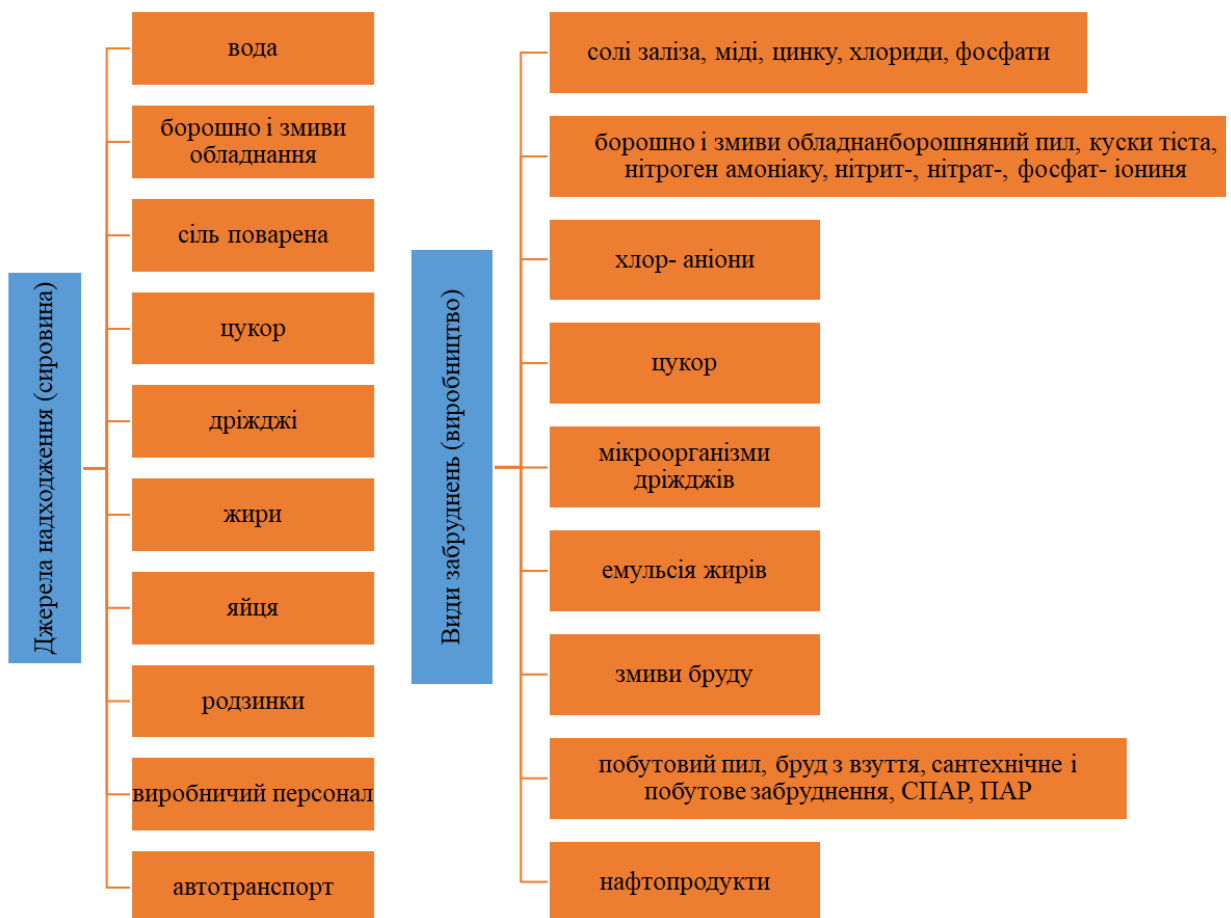


Рисунок 4.4. Джерелами надходження та види забруднень у стічні води хлібопекарських підприємств

Змиви з підлоги, технологічного обладнання, яєць і родзинок у вигляді бруду створюють зважені речовини в стічних водах. Вся сировина, окрім води та кухонної солі, є органічного походження. Коли вона потрапляє в стічні води, це призводить до підвищених показників зважених речовин, біохімічного споживання кисню (БСК) та хімічного споживання кисню (ХСК). Ці три параметри є ключовими для стоків хлібозаводів.

Сучасне хлібопекарське виробництво неможливе без використання поверхнево-активних речовин (ПАР), які є основними забруднювачами стічних вод на хлібозаводах. Температура стічних вод та реакція середовища (рН) є важливими характеристиками. Контроль цих показників (рН 6,5-8,5; температура не перевищує 37 °С) дозволяє зберегти мікрофлору, необхідну для біологічного розкладання органічних речовин.

Температура скидання стоків не повинна перевищувати 30°C. Вихідна водопровідна вода містить органічні речовини (бактерії), особливо багато їх у артезіанській воді, про що свідчать результати аналізів на БСК та ХСК. Для всіх зразків води реакція близька до нейтральної (рН 7,0). Відомо, що водопровідна вода для населення та промисловості подається по залізних трубах, тому в усіх досліджених зразках виявляється тривалентне залізо. У всіх зразках води також містяться хлориди (натрію, калію) та значні кількості сульфатів (натрію, калію, магнію).

Зразки води, які пройшли станцію хлорування, містять активний хлор. Наявність активного хлору (НСЮ) у воді для замісу тіста може призвести до утворення в хлібі високотоксичних діоксинів. Отже, стічні води підприємств хлібопекарської промисловості формуються внаслідок водних циклів – етапів технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів. При цьому до води потрапляють залишки сировини (борошно, дріжджі, жири, сіль, цукор), стоки після миття технологічного обладнання та інвентарю, а також санітарно-гігієнічні стоки. Додатково в загальний стік скидаються води котельні, злизові стоки та стоки від гаражного господарства. Забруднювачі стічних вод, що містять залишки сировини, за гігієнічними умовами в разі надходження у

водойми відносяться до малонебезпечних для водокористування населенням.

Борошно, дріжджі і крохмаль не мають гранично допустимих концентрацій (ГДК) і розкладаються під дією кисню. Основними типами забруднювачів, які стійкі до мікробіологічного розкладання як в природних умовах, так і на станціях аерації, є жири, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) та важкі метали. Важкі метали надходять частково з борошна, частково – з вихідної питної води, а також зі зливовими стоками та стічними водами автотранспорту.

Таким чином, враховуючи джерела забруднення стічних вод підприємств хлібопекарської промисловості, до переліку показників забруднення для очисних споруд слід включити наступні (рис. 4.4).



Рисунок 4.4. Перелік основних показників забруднення стічних вод хлібопекарських підприємств

Промислові стічні води хлібопекарських підприємств в основному призначені для скидання в мережі міської каналізації, з подальшим очищенням на біологічних очисних спорудах. Однак ці стічні води приймаються з певними показниками, при перевищенні яких необхідна

попереднє очищення на власних локальних очисних спорудах. Співвідношення показників водовідведення (ВВ) та водоспоживання (ВС) для підприємств хлібопекарської промисловості устанавлюється в межах 55-60% залежно від структури статей водоспоживання та специфіки технологічного процесу.

Вдосконалення економічних механізмів управління природоохоронною діяльністю хлібопекарських підприємств здійснюється наступними способами (рис. 4.5).



Рисунок 4.5. Загальна схема до удосконалення економічних механізмів управління природоохоронною діяльністю хлібопекарських підприємств



### **4.3. Розрахунок економічної ефективності роботи когенераційної установки на відходах зернопереробної промисловості**

Розрахунок основних показників економічної ефективності роботи під час експлуатації когенераційної установки (КУ), яка передбачено працює на вторинних сировинних ресурсах (відходи зернопереробних та борошномельних виробництв) виконаний згідно нормативних стандартів та наукових досліджень багатьох авторів (літературних джерел).

Економічна доцільність будівництва когенераційної установки (електричною потужністю від 0,5 до 8 МВт) полягає в тому, що вона не потребує значних капітальних вкладень. За різними оцінками, вартість когенераційної установки потужністю 1 кВт, призначеної для роботи на різних відходах і традиційних джерелах енергії, становить близько 800 доларів США, тоді як вартість будівництва інших нових електростанцій перевищує 1500 доларів США за кВт потужності. Крім того, необхідність диверсифікації джерел електроенергії та тепла у воєнний час робить розвиток індивідуальних (малих) електростанцій особливо важливим. Це вимагає підтримки та інвестицій з боку національних та міжнародних партнерів (стейкхолдерів, компаній тощо), що може зменшити ризик кризових ситуацій та зупинок у переробці зерна та підвищити енергетичну безпеку підприємств.

Ще одним важливим фактором є необхідність врахування різниці в собівартості електричної та теплової енергії, а також тарифів від монопольних (традиційних) постачальників енергоресурсів, які діють на енергетичному ринку країни, і постійного зростання цих тарифів. Крім того, очікується, що тарифи у повоєнний період можуть значно зрости. У такому випадку використання когенераційної установки стане економічно вигідним, оскільки вона здатна приносити прибуток підприємству. Таким чином, когенераційні установки є економічно привабливими для промислових споживачів. Згідно з

численними дослідженнями, витрати на проектування, закупівлю та комплектацію обладнання, введення установки в експлуатацію та амортизацію в подібних проектах мають термін окупності 3-4 роки, тоді як нормативний термін експлуатації обладнання складає до 25 років.

Таким чином, загальний розрахунок елементів економічної ефективності запропонованого технологічного процесу переробки паливних брикетів будуть включати наступні параметри (рис. 4.6).

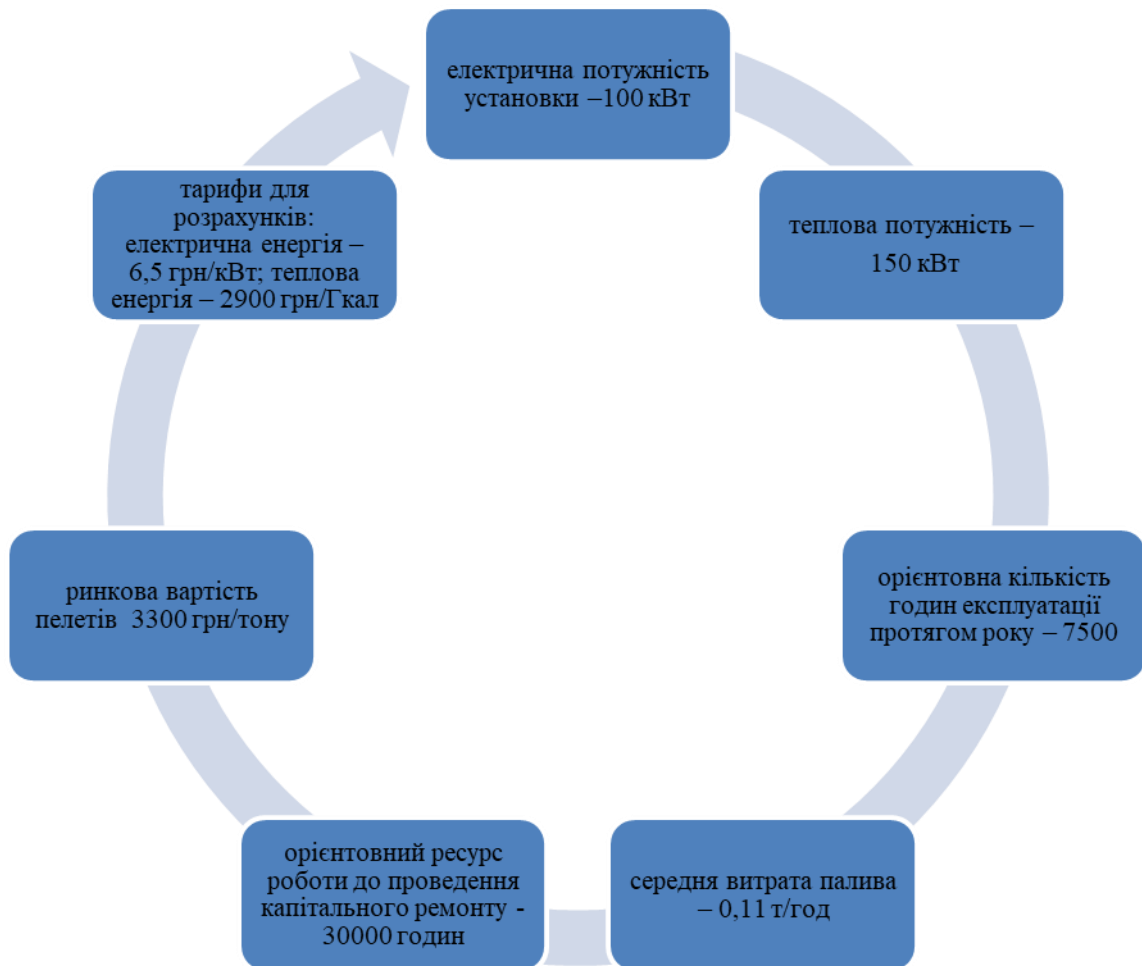


Рисунок 4.6. Параметри технологічного процесу при спалювання паливних брикетів з відходів зернопереробної (борошномельної) промисловості.

Всі розрахункові параметри наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Розрахунок економічної ефективності впровадження проекту когенераційної установки

Найменування показника	Умовне позначення	Одиниці вимірювання	Значення
<b>Вихідні дані</b>			
Електрична потужність	$N_e$	кВт	100
Теплова потужність	$N_T$	Гкал	0,129
Кількість годин експлуатації	$t$	годин	7500
Коефіцієнт використання потужності	$k_{\text{п}}$	-	0,83
Витрати палива (ВРС)	$Q$	т	0,11
Ціна пелетів за 1 т	$\text{Ц}_{\text{п}}$	грн.	3300
Ціна теплової енергії	$\text{Ц}_{\text{т}}$	грн./1 Гкал	2900
Ціна електроенергії	$\text{Ц}_{\text{е}}$	грн./кВт год	6,5
Термін до капремонту	$T_{\text{кр}}$	годин	30000
Коефіцієнт витрат на капремонт	$k_{\text{кр}}$	-	0,4
Вартість когенераційної установки	$I_y$	грн.	9100200
<b>Розрахунок річних експлуатаційних витрат</b>			
Витрати на паливо (ВРС)	$V_{\text{п}}$	млн. грн.	2,26
Витрати на капремонт	$V_{\text{кр}}$	млн. грн.	0,41
Витрати на зарплату	$V_{\text{зп}}$	млн. грн.	0,816
Загальні витрати	$V_{\text{заг}}$	млн. грн.	3,49
<b>Розрахунок річного економічного ефекту</b>			
Кількість електроенергії виробленої за рік	$\Sigma_{\text{еє}}$	кВт год	622500
Кількість теплової енергії виробленої за рік	$\Sigma_{\text{те}}$	Гкал	803
Загальна ціна електроенергії	$\text{Ц}_{\text{е}}^{\text{заг}}$	млн. грн.	4,05
Загальна ціна теплової енергії	$\text{Ц}_{\text{т}}^{\text{заг}}$	млн. грн.	2,33
Річний економічний ефект	$E\Phi_{\text{річ}}$	млн. грн.	2,89
Собівартість 1 кВт год електроенергії	$C_e$	грн./кВт год	0,9
Собівартість 1 Гкал теплової енергії	$C_T$	грн./1 Гкал	1445
Термін окупності установки	$T_{\text{окуп}}$	років	4

Витрати на паливо на 1 рік роботи установки становитимуть:

$$B_{\text{п}} = C_{\text{п}} \cdot Q \cdot k_{\text{п}} \cdot t = 3300 \cdot 0,11 \cdot 0,83 \cdot 7500 = 20654550 \text{ грн} = 2,259 \text{ млн. 675 грн}$$

Витрати на капітальний ремонт установки:

$$B_{\text{кр}} = (I_{\text{у}} \cdot k_{\text{кр}} \cdot t) / T_{\text{кр}} = (4100200 \cdot 7500 \cdot 0,4) / 30000 = 0,41 \text{ млн. грн}$$

Витрати на заробітну плату працівників, які задіяні та технологічному обслуговуванні когенераційної установки визначаємо з умови постійної роботи 4 працівників обслуговуючого персоналу ( $n$ ) при середньому рівні заробітної плати ( $zn$ ) у 17 тис. грн/міс (з урахуванням соціальних внесків).

$$B_{\text{зп}} = n \cdot zn \cdot 12 = 4 \cdot 17000 \cdot 12 = 0,816 \text{ млн. грн.}$$

Таким чином, загальні витрати на експлуатацію, ремонт та обслуговування когенераційної установки складуть:

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{п}} + B_{\text{кр}} + B_{\text{зп}} = 2,26 + 0,41 + 0,816 = 3,49 \text{ млн. грн.}$$

Розрахунок річного економічного ефекту включає наступні показники.

Загальна кількість виробленої КУ електроенергії:

$$\Sigma_{\text{еe}} = N_{\text{е}} \cdot t \cdot k_{\text{п}} = 100 \cdot 7500 \cdot 0,83 = 622500 \text{ кВт}$$

Загальна кількість виробленої КУ теплової енергії:

$$\Sigma_{\text{те}} = N_{\text{т}} \cdot t \cdot k_{\text{п}} = 0,129 \cdot 7500 \cdot 0,83 = 803 \text{ Гкал}$$

Загальні цінові показники виробленої теплової та електричної енергії оцінюємо згідно їх орієнтовної вартості, тобто 2900 грн/Гкал та 6,5 грн/кВт відповідно. Для умов нашого розрахунку вартість вироблених ресурсів становитиме 4,05 млн грн для теплової ( $C_T^{\text{заг}}$ ) та 2,33 млн. грн для електричної енергії ( $C_e^{\text{заг}}$ ). Собівартість вироблених енергетичних ресурсів складе:

$$C_e = 0,9 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$$

$$C_T = 1445 \text{ грн/Гкал}$$

Річний економічний ефект від вироблення енергії за рахунок використання вторинних сировинних ресурсів у вигляді пелетів із лузги соняшника на ОЕЗ ТОВ «Потоки» складе:

$$E\Phi_{\text{річ}} = C_T^{\text{заг}} + C_e^{\text{заг}} - B_{\text{заг}} = 4,05 + 2,33 - 3,49 = 2,89 \text{ млн. грн}$$

За таких умов роботи загальний термін окупності КУ становитиме:

$$T_{\text{окуп}} = I_y / E\Phi_{\text{річ}} = 9100200 / 2890000 \approx 4 \text{ роки}$$

Отже, отриманий показник терміну окупності є прийнятним і знаходиться в межах економічно обґрунтованих параметрів на реалізацію даного проекту.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлений аналіз та обґрунтовані технологічні рішення щодо можливості використання, переробки та утилізації відходів борошномельного (зернопереробного) виробництва.

Проаналізовані основні поняття і терміни безвідходних та маловідходних технологій і наведені основні шляхи щодо економічного стимулювання раціонального використання вторинних сировинних ресурсів у харчовій промисловості, зокрема – борошномельній.

Представлені у кваліфікаційній роботі перспективні технологічні процеси переробки вторинних ресурсів борошномельного і круп'яного виробництва включають:

- обґрунтування технологічного процесу та розробка рецептури хліба з використанням пшеничних відходів;
- можливість виготовлення теплоізоляційних матеріалів;
- перспективи виробництва паливних брикетів;
- розрахунок параметрів роботи енергогенеруючої установки;
- перспективи розробки та виробництва посуду.

Еколого-економічна оцінка ефективності технологій використання вторинних ресурсів борошномельного та зернопереробного виробництва зосереджена на дослідженні питань з:

- впливу зернопереробної промисловості на забруднення атмосферного повітря;
- забруднення водного середовища стічними водами хлібопекарських підприємств;
- розрахунку економічної ефективності роботи когенераційної установки на відходах зернопереробної промисловості.

## БІБЛІОГРАФІЯ:

1. Geletukha, G., Kucheruk, P., Matveev, Yu., (2022). Prospects of biomethane production in Ukraine. *UABIO*, 29. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf>
2. Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія. Дніпро: Акцент ПП, 2017, 309 с.
3. Відходи та безвідходне виробництво в харчовій промисловості [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. двома мовами 1956–2020 рр. / [упоряд. І. М. Мельничук] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 110 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: ОДЕУ, 2018, 228 с.
5. Наказ Міністерства енергетики України від 21.07.2017 №476 «Про затвердження правил улаштування електроустановок».
6. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4. Технології поводження з відходами харчових виробництв: підручник / Херсон: Олді-плюс, 2019, 520 с.
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення кваліфікації когенераційної установки» від 15 грудня 2023 р. № 1316. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1316-2023-%D0%BF#Text>
8. Решта, С. П. Розробка біотехнології композиційних харчових продуктів на основі вторинної зернової сировини : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.19 "Процеси біологічної переробки харчових продуктів" / С. П. Решта; наук кер. М. С. Дудкин ; Одеська державна академія харчових технологій. – Одеса : ОДАХТ, 1997. – 24 с.
9. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС).

- ДБН А.2.2-1:2021. Київ Міністерство розвитку громад та територій України, 2022, 26 с.
10. Сухенко Ю.Г., Серьогін О.О., Сухенко В.Ю., Рябоконт Н.В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах: [Підручник] / За ред. проф. О.О.Серьогіна. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 338 с.
  11. Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / за заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛІРА, 2022. 192 с.
  12. Чурсінов, Ю. О. До питання про екологічність зернопереробних підприємств / Ю. О. Чурсінов, С. А. Черних, І. В. Токар // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск : АПК-Зерно, 2009. – №6. – С.73-75
  13. Шпильовий, В. А. Організаційно-економічні основи забезпечення екологічної безпеки підприємств харчової промисловості : дис... канд. екон. наук: 08.06.01 / Шпильовий Віктор Андрійович; Європейський університет. – Київ, 2006. – 212 с.
  14. Штефан, Є. В. Експериментальний метод дослідження реологічних властивостей органічних матеріалів - відходів зернової промисловості / Є. В. Штефан, Д. В. Риндюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2008. – № 25, Ч. 2. – С. 106-108
  15. Юдін М.А. (2011). Перспективи використання когенераційних установок для підтримання економічної безпеки держави. Економічний вісник Донбасу № 3(25), 193-197.