

**ДНІПРОВСЬКИЙ 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 «Бакалавр»
на тему:

**Модернізація технологічної лінії з виробництва
круп пшеничної**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-22 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності 181
«Харчові технології»

_____ Олександр БІДИЛО

Керівник: _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ

Дніпро 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

_____ Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«01» травня 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Бідилу Олександрю Андрійовичу

1. Тема роботи: «Модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної».

Керівник роботи: Кудрявцев Ігор Миколайович, доктор філософії, асистент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва крупи пшеничної.

2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина. 4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Охорона праці захист навколишнього середовища. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина. 4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Карта безпеки праці. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Асистент КУДРЯВЦЕВ Ігор	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Загальна частина	05.05-07.05.26	виконано
3	Технологічна частина	08.05-14.05.26	виконано
4	Проектна частина	15.05-21.05.26	виконано
5	Впровадження елементів системи НАССР	22.05-31.05.26	виконано
6	Охорона праці захист навколишнього середовища	01.06-02.06.26	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування	02.06-03.06.26	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Олександр БІДИЛО
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної»

Кваліфікаційна робота містить: 69 сторінок, 8 рисунків, 23 таблиці, 0 додатків, 30 літературних джерела.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва крупи пшеничної.

Предметом дослідження є технологічна лінія виробництва крупи пшеничної, її обладнання, режими роботи та показники ефективності переробки зерна.

Метою дипломної роботи є модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної для підвищення ефективності переробки зерна, покращення якості готової продукції, зменшення втрат сировини та зниження питомих енерговитрат.

У роботі розглянуто питання модернізації технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної. Обґрунтовано актуальність удосконалення круп'яного виробництва в умовах зростання вимог до якості продукції, енергоефективності, раціонального використання зернової сировини та забезпечення продовольчої безпеки.

Проаналізовано особливості переробки зерна пшениці на крупу, основні технологічні операції та чинники, що впливають на вихід і якість готової продукції. Запропоновано напрями модернізації технологічної лінії, спрямовані на підвищення продуктивності обладнання, зменшення втрат сировини, покращення очищення, сортування та товарного вигляду пшеничної крупи.

Ключові слова: пшениця, крупа, зерно, переробка, очищення, лущення, шліфування, сортування, модернізація, ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Сучасний стан зернопереробної та круп'яної промисловості України.....	10
1.2 Характеристика сировини.....	14
Висновки за розділом.....	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Характеристика досліджуваної технологічної лінії.....	21
2.1.1 Підготовка зерна пшениці до переробки.....	21
2.1.2 Переробка підготовленого зерна у пшеничну крупу.....	22
2.2 Пропозиції щодо модернізації технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи.....	25
2.3 Характеристика технологічної лінії після модернізації.....	26
2.3.1 Підготовка зерна пшениці до переробки.....	27
2.3.2 Гідротермічна обробка та попереднє лущення.....	29
2.3.3 Переробка підготовленого зерна у крупу.....	29
2.4 Характеристика готового продукту.....	32
Висновки за розділом.....	36
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Технологічний розрахунок.....	37
3.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання.....	40
3.3 Характеристика обладнання лінії.....	43
3.4 Компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні цеху з виробництва пшеничної крупи.....	45
Висновки за розділом.....	49
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР.....	50
Висновки за розділом.....	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	53

5.1 Розробка карти безпеки праці для оператора цеху з виробництва пшеничної крпи	53
5.2 Утилізація відходів підприємств з переробки зерна у крупи, зокрема пшеничну	56
Висновки за розділом.....	57
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	59
6.1 Річний обсяг виробництва продукції	59
6.2 Річний вихід основної та побічної продукції.....	60
6.4 Розрахунок витрат на сировину	61
6.5 Розрахунок прибутку та рентабельності	62
6.6 Собівартість 1 т та 1 кг пшеничної крупи	62
6.7 Економічний ефект від модернізації	63
Висновки за розділом.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
БІБЛІОГРАФІЯ	67

ВСТУП

Зернопереробна промисловість є однією з базових складових агропромислового комплексу України, оскільки забезпечує населення соціально важливими харчовими продуктами – борошном, крупами, комбінованими зерновими продуктами та іншими виробами переробки зерна. Україна традиційно має значний сировинний потенціал для розвитку цієї галузі, зокрема завдяки вирощуванню пшениці, кукурудзи, ячменю, гречки, вівса та інших зернових культур. За оцінками FAO, виробництво зернових в Україні у 2025 році становило близько 60,8 млн т, зокрема пшениці – близько 23,3 млн т, що підтверджує наявність достатньої сировинної бази для внутрішньої переробки та виробництва харчових продуктів із високою доданою вартістю.

У сучасних умовах значення зернопереробної галузі суттєво зростає. Воєнні дії, порушення логістичних ланцюгів, зростання вартості енергоресурсів, нестабільність ринків збуту та необхідність забезпечення продовольчої безпеки держави зумовлюють потребу в підвищенні ефективності роботи переробних підприємств. Особливо актуальним є перехід від експорту сировини до глибшої переробки зерна всередині країни, оскільки це дає змогу створювати продукцію з більшою доданою вартістю, підтримувати зайнятість населення та зміцнювати економіку регіонів. Україна вже декларує посилення ролі внутрішньої переробки аграрної продукції як одного з напрямів розвитку експорту та зменшення залежності від продажу необробленої сировини.

Круп'яна промисловість посідає важливе місце у структурі зернопереробного виробництва. Крупи є продуктами масового споживання, характеризуються високою харчовою цінністю, доброю засвоюваністю, тривалим терміном зберігання та широким використанням у повсякденному, громадському, дитячому й дієтичному харчуванні. Асортимент круп формується залежно від виду зернової сировини, способу її очищення, лущення, шліфування, полірування, подрібнення та гідротермічної обробки. Серед круп'яної продукції значне місце займає крупа пшенична, яка виготовляється із зерна пшениці та використовується для

приготування каш, гарнірів, перших страв, кулінарних напівфабрикатів і продуктів швидкого приготування.

Пшенична крупа є доступним і поживним продуктом, що містить вуглеводи, білки, мінеральні речовини, вітаміни групи В та харчові волокна. Її якість залежить від властивостей зерна, ефективності очищення від домішок, правильності проведення лушення, шліфування, сортування та контролю крупності готового продукту. Недостатня ефективність окремих операцій технологічного процесу може призводити до підвищеного вмісту домішок, нерівномірної крупності, збільшення кількості мучки та відходів, зниження виходу готової продукції й погіршення її товарного вигляду.

Незважаючи на наявність значної кількості зернопереробних підприємств, галузь стикається з низкою проблем. До них належать зношеність частини технологічного обладнання, недостатній рівень автоматизації, значні питомі енерговитрати, втрати сировини під час переробки, нестабільність якості зерна, складність збуту готової продукції та висока конкуренція між виробниками. За інформацією галузевих джерел, після початку повномасштабної війни в Україні поступово відновлюється робота зернопереробних підприємств: зокрема, у 2024 році розпочали роботу 22 підприємства, а у 2025 році – ще близько 10 нових, частина з яких спеціалізується саме на виробництві круп. Це свідчить про актуальність розвитку та модернізації переробної галузі навіть в умовах складної економічної ситуації.

Одним із найважливіших напрямів підвищення ефективності виробництва круп є модернізація технологічних ліній. Вона передбачає удосконалення процесів очищення зерна, лушення, шліфування, подрібнення, сортування, аспірації, транспортування та фасування готової продукції. Впровадження сучасного обладнання дає змогу підвищити продуктивність лінії, стабілізувати якість круп, зменшити втрати зерна, скоротити кількість відходів, знизити енергоспоживання та покращити санітарно-гігієнічні умови виробництва. Особливо важливим є використання енергоощадних машин, ефективних аспіраційних систем,

автоматизованого контролю режимів роботи обладнання та раціонального компонування виробничих приміщень.

Метою дипломної роботи є модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної для підвищення ефективності переробки зерна, покращення якості готової продукції, зменшення втрат сировини та зниження питомих енерговитрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- охарактеризувати сучасний стан зернопереробної та круп'яної промисловості України;
- проаналізувати харчову цінність, споживчі властивості та вимоги до якості пшеничної крупи;
- розглянути технологічну схему виробництва крупи пшеничної та визначити її основні недоліки;
- запропонувати рішення для модернізації і розробити модернізовану технологічну схему;
- розрахувати основні технологічні параметри виробництва крупи пшеничної;
- розробити проєктні рішення щодо компонування обладнання у виробничому приміщенні;
- обґрунтувати очікуваний ефект від модернізації технологічної лінії.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва крупи пшеничної.

Предметом дослідження є технологічна лінія виробництва крупи пшеничної, її обладнання, режими роботи та показники ефективності переробки зерна.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Сучасний стан зернопереробної та круп'яної промисловості України

Зернопереробна промисловість України залишається однією з ключових складових харчової промисловості, оскільки забезпечує виробництво борошна, круп, пластівців, комбікормів та інших продуктів переробки зерна. Попри воєнні ризики, втрату частини виробничих потужностей, порушення логістики та зростання вартості енергоносіїв, галузь поступово адаптується до нових умов. У 2025 році виробництво зернових культур в Україні оцінюється приблизно у 60,8 млн т, що на 8 % більше порівняно з 2024 роком, однак усе ще нижче середнього рівня попередніх років. Виробництво пшениці у 2025 році оцінюється приблизно у 23,3 млн т, що забезпечує достатню сировинну базу для борошномельної та круп'яної промисловості, рисунок 1.1.

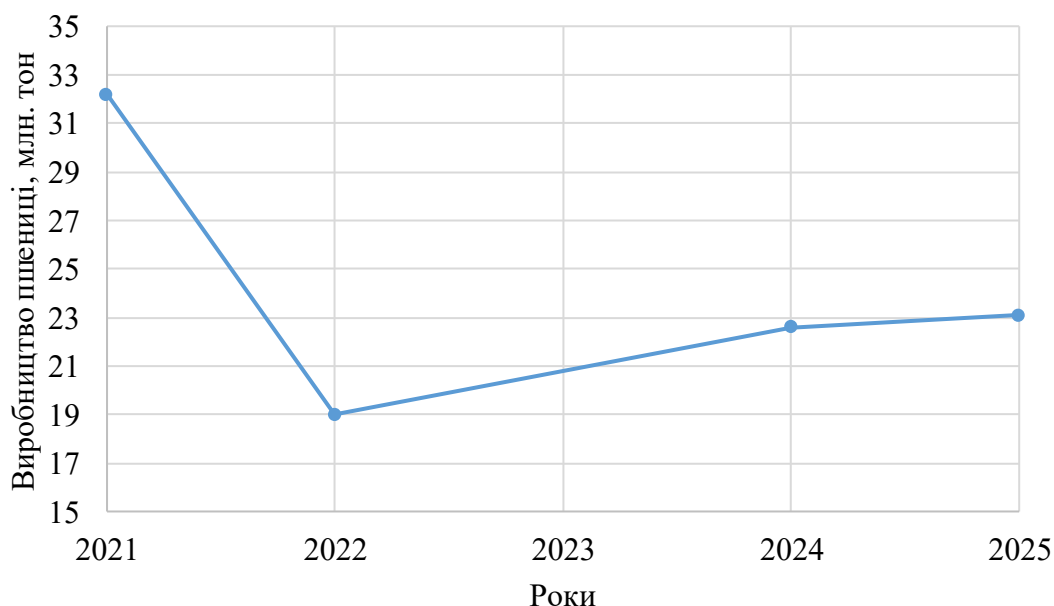


Рисунок 1.1 – Динаміка виробництва пшениці в Україні, млн т

У 2021 році виробництво пшениці в Україні досягло близько 32,2 млн т, тоді як у 2024 році воно становило близько 22,6 млн т, а у 2025 році очікувалося на рівні приблизно 23 млн т. Це свідчить, що сировинна база для виробництва крупи

пшеничної зберігається, однак залишається залежною від воєнної ситуації, урожайності, логістики та вартості зерна.

Круп'яна промисловість є важливою частиною зернопереробної галузі, оскільки виробляє продукти повсякденного споживання з тривалим терміном зберігання. До основних видів круп'яної продукції належать гречана, пшенична, ячмінна, кукурудзяна, вівсяна, перлова, пшоняна крупи та пластівці. У 2021 році в Україні було вироблено близько 258 тис. т круп і пластівців без урахування рису, що було рекордним показником. У 2022 році через війну виробництво скоротилося майже вдвічі, проте у 2023 – 2024 роках підприємства поступово відновлювали випуск продукції, рисунок 1.2.

За оцінками галузевих джерел, у воєнний період виробництво круп'яної продукції в Україні знизилося приблизно до 200 тис. т на рік. Основними причинами стали скорочення внутрішнього попиту, міграція населення, руйнування логістичних ланцюгів, проблеми з доступом до обладнання, сировини та енергоресурсів.

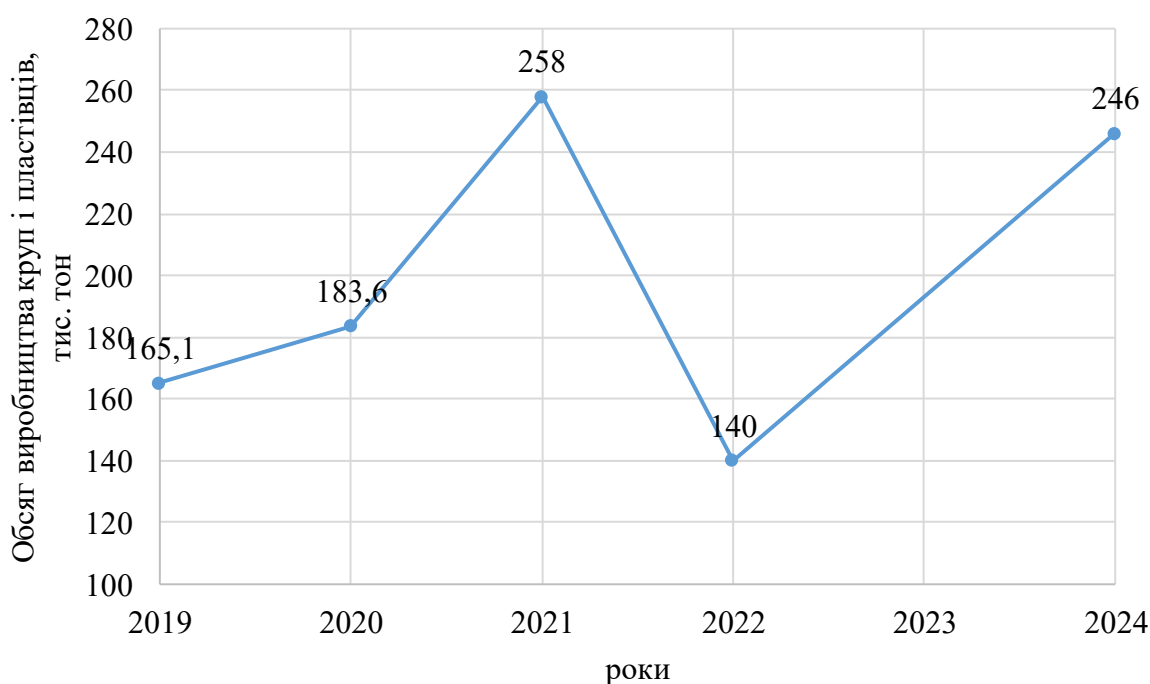


Рисунок 1.2 – Виробництво круп і пластівців в Україні, тис. т

Окремо слід зазначити, що у 2022 році скоротилося не лише виробництво, а й видиме споживання круп. Загальне видиме споживання круп'яної продукції в Україні за підсумками 2022 року зменшилося на 34,6 %, а споживання саме пшеничних круп – на 48,1 %. Це свідчить про істотне звуження внутрішнього ринку, хоча крупи залишаються соціально важливим продуктом тривалого зберігання, таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Зміна споживання круп'яної продукції у 2022 році

Показник	Зміна у 2022 році
Загальне видиме споживання круп'яної продукції	-34,6 %
Споживання пшеничних круп	-48,1 %
Основні причини	війна, міграція населення, зниження купівельної спроможності, логістичні труднощі

Крупа пшенична займає важливе місце в асортименті круп'яної продукції, оскільки виготовляється з доступної сировини, має порівняно невисоку собівартість, добрі споживчі властивості та широкий попит у побутовому, громадському й дієтичному харчуванні. Відповідно до ДСТУ 7699:2015 «Крупи пшеничні. Технічні умови», цей стандарт поширюється на пшеничні крупи, призначені для продовольчих потреб і експортування; для їх виробництва може використовуватися зерно твердої пшениці 1 – 4 класів, а також зерно м'якої пшениці, таблиця 1.2.

Основні проблеми та напрями розвитку виробництва крупи пшеничної представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Характеристика крупи пшеничної як об'єкта виробництва

Показник	Характеристика
Основна сировина	зерно м'якої або твердої пшениці
Основні операції	очищення, лушення, шліфування, подрібнення, сортування, аспірація, фасування
Основні види продукції	крупа пшенична шліфована, подрібнена, «Полтавська», «Артек»
Переваги продукту	доступність, поживність, швидке приготування, тривалий термін зберігання
Основні вимоги до якості	однорідність крупності, відсутність домішок, нормальний запах і смак, відповідність вимогам безпечності

Таблиця 1.3 – Основні проблеми та напрями розвитку виробництва крупи пшеничної

Проблема галузі	Наслідок для виробництва	Напрямок вирішення
Зношеність обладнання	зниження продуктивності, втрати зерна	модернізація ліній очищення, лушення та сортування
Високі енерговитрати	збільшення собівартості продукції	встановлення енергоощадного обладнання
Нестабільна якість зерна	погіршення якості готової крупи	удосконалення очищення та контролю сировини
Недостатня автоматизація	залежність від ручного контролю	автоматизація дозування, транспортування, фасування
Конкуренція на ринку	потреба у зниженні собівартості	підвищення виходу готової продукції
Зменшення внутрішнього попиту	складність збуту	розширення асортименту, фасування, експорт

Отже, сучасний стан круп'яної промисловості України характеризується одночасно наявністю достатньої зернової сировини та низкою виробничо-економічних проблем. Для виробництва крупи пшеничної особливо актуальними є підвищення виходу готової продукції, зменшення втрат під час очищення й

лущення, стабілізація крупності, покращення товарного вигляду та зниження питомих енерговитрат. Саме тому модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної є доцільним напрямом удосконалення підприємства, оскільки дає змогу підвищити конкурентоспроможність продукції, ефективніше використовувати зерно пшениці та забезпечити стабільну якість готової крупи.

1.2 Характеристика сировини

Пшениця належить до найважливіших зернових культур України та є основною сировиною для виробництва борошна, круп і хлібобулочних виробів. Щорічне внутрішнє споживання зерна пшениці в Україні становить близько 6 млн т, з яких основна частина використовується саме для борошномельного виробництва. Це підтверджує провідну роль пшениці у формуванні продовольчої безпеки держави та забезпеченні населення продуктами щоденного споживання.

Пшениця має високу харчову й технологічну цінність. Вона є джерелом вуглеводів, білкових речовин, мінеральних елементів, вітамінів, ферментів і харчових волокон. Завдяки цьому зерно пшениці широко використовується не лише у хлібопекарській і борошномельній промисловості, а й у круп'яному виробництві, зокрема для отримання пшеничної крупи типу «Полтавська» та «Артек».

Якість зерна пшениці значною мірою визначається співвідношенням його анатомічних частин. Основну частину зернівки становить ендосперм, або мучнисте ядро, частка якого зазвичай сягає 75 – 82 %. Саме він є головним джерелом крохмалю та білків. Крім нього, до складу зернівки входять зародок, плодові й насіннєві оболонки та алейроновий шар. Їх кількісне співвідношення залежить від сорту пшениці, умов вирощування, ґрунтово-кліматичних чинників, ступеня досягання та післязбиральної обробки зерна.

Хімічний склад окремих частин зернівки неоднаковий. Ендосперм містить найбільше крохмалю, тоді як зародок відзначається підвищеним вмістом жиру, білків і цукрів. Алейроновий шар багатий на білки, мінеральні речовини та

біологічно активні компоненти, а оболонки містять значну кількість клітковини і пентозанів. Саме тому під час виробництва крупи важливо забезпечити оптимальне видалення оболонок без надмірних втрат ендосперму, таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад зерна пшениці та його основних анатомічних частин

Частина зернівки	Частка у зерні, %	Основні компоненти, що переважають	Технологічне значення
Ціле зерно	100,0	білки, крохмаль, цукри, клітковина, жири, зола	є вихідною сировиною для виробництва борошна і круп
Ендосперм	81,6	крохмаль – 78,92 %, білки – 12,91 %	формує основний вихід готової продукції
Алейроновий шар	6,54	білки – 58,16 %, зола – 13,03 %, жири – 8,16 %	впливає на поживність, але підвищує зольність продукту
Оболонки	8,62	клітковина – 23,73 %, пентозани – 51,44 %	видаляються під час лущення та шліфування
Зародок	3,24	білки – 37,63 %, цукри – 25,12 %, жири – 15,04 %	має високу біологічну цінність, але знижує стійкість продукту при зберіганні

Для оцінювання технологічної придатності зерна пшениці використовують комплекс показників, які характеризують його загальний стан, борошномельні, круп'яні та хлібопекарські властивості. До показників загального стану належать колір, запах, смак, вологість, засміченість, зараженість шкідниками, наявність дрібного зерна, а також вміст зернової та смітної домішок. Ці показники мають важливе значення, оскільки визначають можливість безпечного зберігання зерна та його подальшого використання у харчовому виробництві, таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 – Гранично допустимі показники якості зерна пшениці

Група показників	Показник	Допустиме значення
Фізичний стан зерна	Вологість	не більше 15,5 %
Смітна домішка	Загальний вміст смітної домішки	не більше 2,0 %
Смітна домішка	Мінеральна домішка	не більше 0,5 %
Мінеральні домішки	Галька	не більше 0,10 %
Мінеральні домішки	Шлак і руда	не більше 0,05 %
Шкідливі домішки	Загальний вміст шкідливої домішки	не більше 0,2 %
Шкідливі домішки	Гірчак, в'язіль	не більше 0,1 %
Шкідливі домішки	Ріжки, головня	не більше 0,15 %
Шкідливі домішки	Кукіль	не більше 0,5 %
Зернова домішка	Загальний вміст зернової домішки	не більше 5,0 %
Зернова домішка	Пророслі зерна	не більше 3,0 %

Технологічні властивості зерна пшениці визначають його поведінку під час очищення, лушення, шліфування, подрібнення та сортування. До таких показників належать крупність, вирівняність, скловидність, натура, маса 1000 зерен, густина, твердість ендосперму, зольність і здатність до подрібнення. Чим вища вирівняність і натура зерна, тим легше підібрати раціональні режими переробки та отримати стабільний вихід готової продукції.

Вологість зерна є одним із найважливіших чинників, що впливає на процес переробки. Надмірно вологе зерно гірше подрібнюється, може залипати на робочих органах машин і спричиняти ускладнення в роботі обладнання. Надто сухе зерно, навпаки, має крихкі оболонки, які важко відокремлюються від ендосперму без утворення надмірної кількості дрібних частинок. Тому перед переробкою вологість зерна коригують залежно від його скловидності: зерно зі скловидністю близько 55 % доцільно зволожувати до 16,5 %, а менш скловидне – приблизно до 15,5 %.

До основних показників, які характеризують технологічну придатність пшениці для переробки, належать вихід крупок у драних системах, зольність проміжних продуктів, якість і кількість готової крупи або борошна, ступінь вимелювання оболонок, а також витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції.

Важливим показником якості пшениці є скловидність. Скловидне зерно має щільний і твердий ендосперм, тому потребує більших зусиль під час подрібнення. Водночас така пшениця дає вищий вихід якісних крупок і борошна, оскільки менше руйнується з утворенням мучки. Борошнисте зерно подрібнюється легше, однак може давати більшу кількість дрібних фракцій, що небажано під час виробництва пшеничної крупи.

Скловидні сорти пшениці зазвичай містять більше білкових речовин, що позитивно впливає на якість борошна та хлібопекарські властивості. Для круп'яного виробництва це також має значення, оскільки твердіший ендосперм краще зберігає форму частинок під час подрібнення і сортування. Тому під час добору сировини для виробництва крупи пшеничної доцільно враховувати не лише загальні показники якості, а й структурні особливості зерна.

Борошномельні та круп'яні властивості пшениці значною мірою залежать від співвідношення між основними анатомічними частинами зернівки. Найбільшу цінність має ендосперм, оскільки саме з нього формується основна маса готової продукції. Оболонки, зародок та алейроновий шар під час переробки частково видаляються, оскільки вони можуть підвищувати зольність, погіршувати колір і знижувати зберігальну стійкість крупи, таблиця 1.6.

Таблиця 1.6 – Масова частка анатомічних частин зернівки пшениці

Анатомічна частина	Орієнтовний вміст, %	Вплив на переробку
Плодові оболонки	4,2 – 6,3	збільшують кількість висівок і відходів
Насіннєві оболонки	3,1 – 4,8	потребують ефективного відокремлення під час луцення
Алейроновий шар	6,0 – 10,5	підвищує зольність, але містить цінні поживні речовини
Ендосперм	74,0 – 85,0	основна частина зерна, з якої формується крупа
Зародок	1,43 – 3,14	містить жири, тому може знижувати стійкість продукту при зберіганні

Зерно, що надходить на переробку, повинно бути доброякісним, без ознак самозігрівання, пліснявіння, затхлого, солодового або інших сторонніх запахів. Наявність таких дефектів свідчить про порушення умов зберігання і може негативно впливати на якість та безпечність готової продукції.

Таблиця 1.7 – Основні вимоги до зерна пшениці, що використовується для виробництва крупи

Показник контролю	Вимога до сировини	Значення для якості готової крупи
Колір	властивий здоровому зерну пшениці	свідчить про нормальний стан зерна
Запах	без затхлого, пліснявого, солодового та стороннього запаху	впливає на органолептичні властивості крупи
Вологість	у межах, допустимих для безпечного зберігання і переробки	визначає ефективність лущення та подрібнення
Смітна домішка	не повинна перевищувати встановлені норми	впливає на чистоту та безпечність продукту
Зернова домішка	допускається лише в обмеженій кількості	впливає на вихід і однорідність крупи
Зараженість шкідниками	не допускається або обмежується нормативами	визначає санітарну придатність зерна
Скловидність	бажана достатньо висока	сприяє отриманню якісної крупи з меншою кількістю мучки
Вирівняність	бажана висока однорідність зерна за розмірами	полегшує налаштування обладнання та сортування
Натура	має відповідати вимогам до продовольчого зерна	характеризує виповненість зерна і потенційний вихід продукту

Вихід пшеничної крупи залежить не лише від кількісного співвідношення частин зернівки, а й від їх фізико-механічних властивостей. Важливе значення мають твердість і щільність ендосперму, міцність зв'язку оболонок з алеїроновим

шаром, в'язкість оболонки, вологість, засміченість, розміри зерна та його вирівняність. Усі ці показники враховують під час вибору режимів очищення, лущення, шліфування, подрібнення та сортування.

Загальні вимоги до зерна пшениці, яке направляється на переробку, регламентуються чинними нормативними документами, зокрема ДСТУ 3768. Для круп'яного виробництва особливе значення мають вологість, натура, вміст домішок, зараженість шкідниками, запах, колір, скловидність і вирівняність зерна.

Отже, пшениця є цінною сировиною для круп'яного виробництва завдяки високому вмісту ендосперму, достатній поживності та добрим технологічним властивостям. Для отримання якісної пшеничної крупи необхідно використовувати зерно з оптимальною вологістю, високою вирівняністю, достатньою скловидністю, доброю натурою та мінімальним вмістом домішок. Саме ці показники визначають ефективність технологічної лінії, вихід готової продукції, її товарний вигляд, харчову цінність і конкурентоспроможність.

Висновки за розділом

Розглянуто сучасний стан зернопереробної та круп'яної промисловості України. Встановлено, що, незважаючи на складні умови роботи, галузь зберігає достатню сировинну базу для виробництва круп'яної продукції, зокрема пшеничної крупи.

Визначено, що основними проблемами круп'яного виробництва є зношеність обладнання, високі енерговитрати, нестабільна якість зерна, недостатній рівень автоматизації та зниження внутрішнього попиту. Це обґрунтовує необхідність модернізації технологічних ліній.

Охарактеризовано пшеницю як основну сировину для виробництва крупи. Встановлено, що якість готової продукції залежить від вологості, скловидності, вирівняності, натури зерна, вмісту домішок та співвідношення анатомічних частин зернівки.

Доведено, що для отримання якісної пшеничної крупи необхідно використовувати доброякісне зерно з високим вмістом ендосперму, мінімальною засміченістю та оптимальними технологічними властивостями.

Отже, модернізація технологічної лінії з виробництва крупи пшеничної є актуальною, оскільки дає змогу підвищити вихід готової продукції, покращити її якість, зменшити втрати зерна та знизити собівартість виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика досліджуваної технологічної лінії

2.1.1 Підготовка зерна пшениці до переробки

Підготовчий етап виробництва пшеничної крупи включає очищення зерна від домішок, гідротермічну обробку та попереднє лущення. Метою цих операцій є покращення технологічних властивостей зерна, зменшення кількості домішок, полегшення відокремлення оболонок і підвищення виходу готової крупи.

Очищення зернової маси здійснюють у повітряно-ситових сепараторах, каменевідокремлювальних машинах і трієрах. На першій системі сепарування із зернової маси видаляють великі та дрібні домішки, а саме зерно розділяють на дві фракції за допомогою сита з отворами $2,4 \times 20$ мм. Надалі кожна фракція проходить окреме повторне очищення на другій і третій системах сепарування.

Під час очищення крупної фракції вилучають великі та легкі домішки, а також відокремлюють зерно, яке могло залишитися у дрібній фракції. Дрібну фракцію направляють на окремий сепаратор, де видаляють легкі та дрібні домішки. Проходом крізь сито з отворами $1,7 \times 20$ мм і сходом із сита $\varnothing 1,6$ мм відокремлюють дрібне зерно. Прохід крізь сито $\varnothing 1,6$ мм належить до відходів III категорії.

Після очищення у сепараторах із зерна видаляють мінеральні домішки за допомогою каменевідокремлювальних машин. Далі у трієрах відокремлюють короткі та довгі домішки, що дає змогу підвищити однорідність зернової маси та покращити якість подальшої переробки.

Для очищення зерна можуть застосовуватися комплекси зерночисного обладнання шафового типу, зокрема дуаспіратори, шафові сепаратори типу А1-ЗШН-20 та каменевідокремлювальні машини А1-БОК.

Гідротермічну обробку проводять шляхом зволоження зерна та його подальшого відволоження. Для цього зерно обробляють у зволожувальних апаратах водою температурою $35 - 40$ °С. Вологість зерна після зволоження доводять до $14,5 - 15,6$ %. Тривалість відволоження становить від $0,5$ до $2,0$ год,

залежно від початкової вологості зерна, його скловидності та технологічних властивостей.

Після гідротермічної обробки зерно двічі лушать в оббивних машинах. На першій системі кругова швидкість бичів становить близько 16 м/с, на другій – 14 м/с. Нахил бичів відповідно становить 10 і 8 %. Зазор між кромкою бичів і абразивною поверхнею приймають 30 мм на першій системі та 30 – 35 мм на другій. Замість оббивних машин на обох системах або лише на другій системі можуть застосовуватися луцильно-шліфувальні машини типу ЗШН.

Після завершення луцення кількість дробленого зерна не повинна перевищувати 12 %. Продукти, які утворюються під час аспірації оббивних машин і аспіраторів, після кожної луцильної системи просіюють у бураті або іншій просіювальній машині. Просіювання проводять на ситах з отворами Ø 2,5 мм або ситах № 2,2. Схід із цих сит направляють на першу шліфувальну систему, а прохід відносять до відходів I та II категорії.

2.1.2 Переробка підготовленого зерна у пшеничну крупу

Технологічна схема переробки підготовленого зерна пшениці у крупу за своєю будовою подібна до схеми виробництва перлової крупи з ячменю. Після підготовки зерно послідовно проходить три шліфувальні системи у луцильно-шліфувальних машинах типу ЗШН. Шліфування забезпечує видалення залишків оболонки, вирівнювання поверхні частинок і покращення зовнішнього вигляду крупи.

Після кожної шліфувальної операції продукти направляють на сепарування у розсів. У процесі просіювання через сито № 0,63 відокремлюють мучку, а сходом із сита Ø 2,0 мм отримують крупну фракцію, яку направляють на першу систему полірування.

Прохід крізь сито Ø 2,0 мм є добре обробленим продуктом і за своїми властивостями наближається до готової дрібної крупи, тому його направляють на контроль готової продукції. Суміш круп різної крупності, отриману після останніх систем полірування, сортують у розсівах і крупосортувальних машинах. Під час

сортування крупу розділяють за номерами, відокремлюють мучку, а частинки, що перевищують крупність крупи № 1, повертають на повторне полірування.

Крупу кожного номера, а також крупу «Артек», додатково провіюють в аспіраторах для видалення легких домішок і мучки. Після цього продукт проходить магнітний контроль, що забезпечує вилучення металоманітних домішок, і направляється у пакувальне відділення.

Послідовність основних операцій виробництва пшеничної крупи представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Послідовність основних операцій виробництва пшеничної крупи

Операція	Призначення	Очікуваний результат
Приймання зерна	контроль кількості та якості сировини	підготовка партії до переробки
Очищення	видалення домішок різного походження	підвищення чистоти зернової маси
Гідротермічна обробка	зволоження та відволоження зерна	полегшення лущення і зменшення подрібнення
Попереднє лущення	часткове видалення оболонки	підготовка зерна до шліфування
Шліфування	видалення залишків оболонки	покращення якості та вигляду крупи
Сепарування	розділення продуктів за крупністю	виділення мучки та крупних фракцій
Полірування	вирівнювання поверхні частинок	поліпшення товарного вигляду
Сортування	поділ крупи за номерами	отримання фракцій «Полтавська» та «Артек»
Аспірація	видалення пилу, мучки та легких частинок	підвищення чистоти готового продукту
Магнітний контроль	вилучення металоманітних домішок	забезпечення безпечності продукції
Пакування	фасування готової крупи	підготовка продукції до реалізації

Досліджувана технологічна схема виробництва пшеничної крупи (рисунк 2.1) включає послідовне проходження зерна через обладнання для очищення, сортування, гідротермічної обробки, лущення, аспірації, шліфування, розсіву та контролю готової продукції.

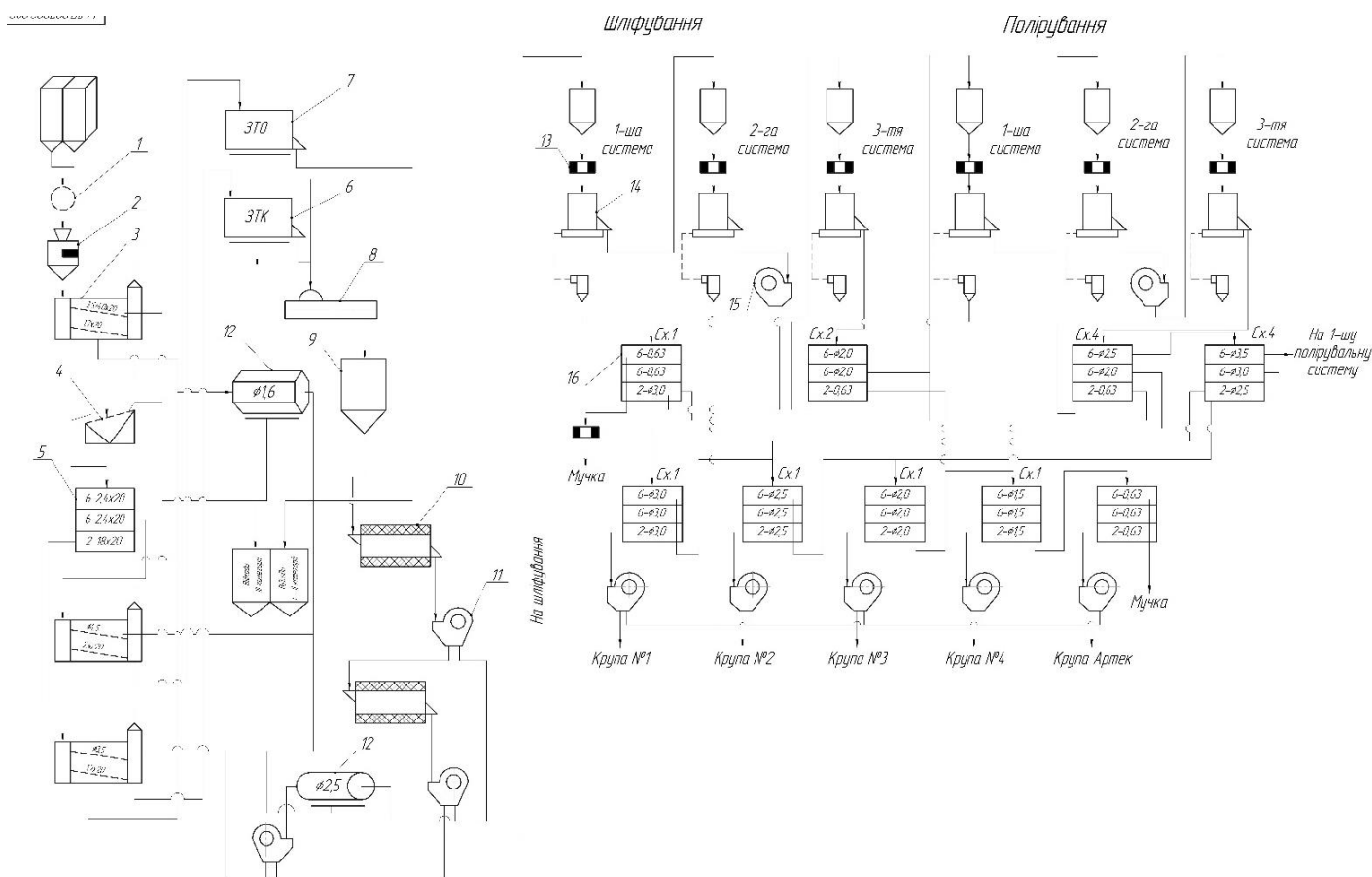


Рисунок 2.1 – Досліджувана технологічна схема виробництва пшеничної крупи

1 – машина для попереднього очищення зерна; 2 – автоматичний ваговий пристрій; 3 – повітряно-ситовий сепаратор; 4 – машина для видалення мінеральних домішок; 5 – просіювальна машина; 6 – трієр для відокремлення коротких домішок; 7 – трієр для вилучення довгих домішок; 8 – апарат для зволоження зерна; 9 – ємність для відволоження зерна; 10 – машина для обробки поверхні зерна; 11 – аспіраційна установка; 12 – бурат для просіювання продуктів; 13 – магнітний уловлювач; 14 – машина для лущення та шліфування зерна; 15 – аспіраційна машина; 16 – розсів для сортування продуктів переробки.

До складу технологічної лінії входять: скальператор, автоматичні ваги, повітряно-решітний сепаратор, каменевідокремлювальна машина, розсів, трієр-куколевідбірник, трієр-вівсюговідбірник, зволожувальна машина, бункер для відволоження, оббивна машина, аспіратор, бурат, магнітний сепаратор, лушильно-шліфувальна машина, повторний аспіратор і розсів.

Таким чином, виробництво пшеничної крупи передбачає комплексну підготовку зерна, його очищення, гідротермічну обробку, лушення, шліфування, полірування, сортування та контроль якості. Раціональна організація кожної операції має важливе значення для підвищення виходу готової продукції, зменшення кількості відходів, покращення товарного вигляду крупи та забезпечення стабільної якості продукції.

2.2 Пропозиції щодо модернізації технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи

Після аналізу досліджуваної технологічної схеми виробництва пшеничної крупи встановлено, що одним із її основних недоліків є недостатня ефективність очищення зернової маси від гречки татарської. Наявність цієї домішки у сировині погіршує якість готової крупи, знижує її товарний вигляд, ускладнює подальші технологічні операції та може призводити до зменшення продуктивності лінії.

Гречка татарська за окремими фізичними ознаками може бути близькою до зерна пшениці, тому її важко повністю вилучити лише стандартними зерноочисними машинами. Потрапляння такої домішки у готовий продукт негативно впливає на однорідність крупи, її колір, чистоту та споживчі властивості. Крім того, недостатнє очищення сировини може збільшувати кількість повторних операцій, втрати зерна та витрати енергії.

Для підвищення ефективності очищення зерна доцільно модернізувати технологічну лінію шляхом встановлення додаткового очисного обладнання. Запропоновано включити до складу лінії два повітряні сепаратори та трієр, які необхідно розмістити перед апаратами для зволоження зерна. Таке розташування є

обґрунтованим, оскільки домішки слід максимально видалити до гідротермічної обробки, щоб не ускладнювати подальше лущення, шліфування та сортування.

Повітряні сепаратори забезпечуватимуть відокремлення легких домішок за аеродинамічними властивостями, а трієр дозволить додатково вилучати домішки, що відрізняються від пшениці за довжиною, формою та характером руху в робочій поверхні машини. Комплексне використання цього обладнання підвищить чистоту зернової маси, покращить стабільність роботи наступних технологічних операцій і сприятиме отриманню крупи вищої якості.

Очікується, що після впровадження запропонованого обладнання ефективність відокремлення гречки татарської становитиме 85 – 90 %. Це дасть змогу покращити зовнішній вигляд готової пшеничної крупи, підвищити її однорідність і конкурентоспроможність, зменшити кількість домішок у готовому продукті та позитивно вплинути на економічні показники роботи підприємства.

2.3 Характеристика технологічної лінії після модернізації

Для виробництва пшеничної крупи типу «Полтавська» та «Артек» здебільшого використовують тверду пшеницю II типу. У разі потреби може застосовуватися також м'яка пшениця з високою скловидністю, оскільки вона має достатню твердість ендосперму та забезпечує отримання крупи належної якості.

Крупа «Полтавська» класифікується за розмірами частинок на чотири номери. Крупа № 1 є найбільшою і має видовжену форму; № 2 характеризується переважно овальною формою; № 3 і № 4 мають більш округлі частинки. Крупа «Артек» являє собою дрібноподрібнене та відшліфоване ядро пшениці, таблиця 2.2.

Таблиця 2.2 – Класифікація пшеничної крупи за крупністю

Вид крупи	Умови проходження крізь сита	Форма та характеристика частинок
Полтавська № 1	прохід Ø 3,5 мм, схід Ø 3,0 мм	великі, видовжені частинки
Полтавська № 2	прохід Ø 3,0 мм, схід Ø 2,5 мм	частинки овальної форми
Полтавська № 3	прохід Ø 2,5 мм, схід Ø 2,0 мм	частинки округлої форми
Полтавська № 4	прохід Ø 2,0 мм, схід Ø 1,5 мм	дрібні округлі частинки
Артек	прохід Ø 1,5 мм, схід із металотканого сита № 0,63	дрібноподрібнене зашліфоване ядро

2.3.1 Підготовка зерна пшениці до переробки

Підготовка зерна до виробництва крупи передбачає послідовне очищення від домішок, гідротермічну обробку та попереднє лущення. Якісне виконання цих операцій є необхідною умовою для одержання крупи з високими споживчими властивостями, стабільною крупністю та мінімальним вмістом сторонніх домішок.

Очищення зернової маси здійснюють у повітряно-ситових сепараторах, каменевідокремлювальних машинах і трієрах. На першій системі сепарування видаляють великі та дрібні домішки, а зерно поділяють на дві фракції на ситі з отворами 2,4×20 мм. Поділ зерна за крупністю дає змогу підвищити ефективність подальшого очищення, оскільки крупна і дрібна фракції обробляються окремо.

Кожну фракцію повторно очищають на другій і третій системах сепарування. Під час обробки крупної фракції вилучають великі й легкі домішки, а також відокремлюють зерно, яке могло перейти до дрібної фракції. Дрібна фракція надходить на окремий сепаратор, де з неї видаляють легкі та дрібні домішки. Проходом крізь сито з отворами 1,7×20 мм і сходом із сита Ø 1,6 мм виділяють дрібне зерно. Прохід крізь сито Ø 1,6 мм відносять до відходів III категорії.

Після сепарування із зерна видаляють мінеральні домішки за допомогою каменевідокремлювальних машин. Далі у трієрах проводять очищення від

коротких і довгих домішок. Для цього можуть застосовуватися зерноочисні комплекси шафового типу, зокрема дуаспіратори, сепаратори А1-ЗШН-20 та каменевідокремлювальні машини А1-БОК.

У зерні пшениці може міститися значна кількість гречки татарської, яка належить до важковідокремлюваних домішок. За типової схеми очищення така домішка видаляється не повністю, що негативно впливає на якість готової крупи, її зовнішній вигляд і стабільність технологічного процесу. Для більш ефективного її вилучення запропоновано впровадити додаткову схему очищення, розроблену НВФ «Зернопродукт» і наведену на рисунку 2.2.

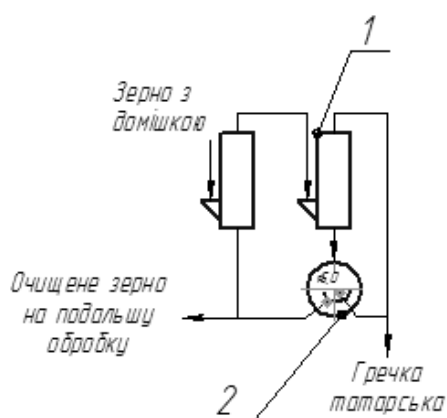


Рисунок 2.2 – Технологічна схема запропонованого рішення щодо впровадження додаткового обладнання

1 – повітряний сепаратор; 2 – трієр.

Після проходження основного очищення у підготовчому відділенні зерно додатково направляють на два повітряні сепаратори та трієр із діаметром комірок 5 мм. Повітряні сепаратори забезпечують відокремлення домішок за аеродинамічними властивостями, а трієр додатково вилучає домішки, які відрізняються від зерна пшениці за формою та довжиною. Використання такої схеми дає можливість видалити до 85 – 90 % гречки татарської, що істотно підвищує чистоту зернової маси перед подальшою переробкою.

2.3.2 Гідротермічна обробка та попереднє лушення

Гідротермічну обробку зерна проводять шляхом його зволоження та подальшого відволоження. Зерно обробляють водою температурою 35 – 40 °С у зволожувальних апаратах, доводячи його вологість до 14,5 – 15,6 %. Тривалість відволоження становить 0,5 – 2,0 год і залежить від початкової вологості, скловидності та фізико-механічних властивостей зерна.

Після гідротермічної обробки зерно двічі обробляють в оббивних машинах. На першій системі кругова швидкість бичів становить 16 м/с, на другій – 14 м/с. Нахил бичів приймають відповідно 10 і 8 %. Зазор між кромкою бичів та абразивною поверхнею становить 30 мм на першій системі та 30 – 35 мм на другій. За потреби замість оббивних машин на обох системах або лише на другій можуть використовуватися луцильно-шліфувальні машини типу ЗШН.

Після лушення вміст дробленого зерна не повинен перевищувати 12 %. Відноси, що утворюються під час аспірації оббивних машин і провіювання продуктів лушення, просіюють у бураті або іншій просіювальній машині на ситах з отворами Ø 2,5 мм або № 2,2. Схід із цих сит направляють на першу шліфувальну систему, а прохід – у відходи I та II категорії.

2.3.3 Переробка підготовленого зерна у крупу

Схема переробки підготовленого зерна пшениці у крупу за принципом роботи подібна до виробництва перлової крупи з ячменю. Після підготовчих операцій зерно тричі послідовно шліфують у луцильно-шліфувальних машинах типу ЗШН. Метою шліфування є видалення залишків оболонки, покращення поверхні частинок і підвищення товарного вигляду готової продукції.

Після шліфування продукти направляють на сепарування у розсів. Через сито № 0,63 відсіюється мучка, а сходом із сита Ø 2,0 мм отримують крупну фракцію, яку передають на першу систему полірування. Прохід крізь сито Ø 2,0 мм є добре обробленим продуктом, що фактично відповідає дрібній крупі, тому його направляють на контроль готової продукції.

Після останніх полірувальних систем суміш крупи різних номерів сортують у розсівах і крупосортувальних машинах. Під час цього процесу крупу розділяють за номерами, відокремлюють мучку, а частинки, розмір яких перевищує крупність крупи № 1, повертають на повторне полірування. Крупу кожного номера, а також крупу «Артек», додатково провіюють в аспіраторах, пропускають через магнітний контроль і направляють у пакувальне відділення.

Асортимент і нормативний вихід основної та побічної продукції наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Асортимент і норми виходу продукції при виробництві пшеничної крупи

Група продукції	Вид продукту	Вихід, %
Основна продукція	крупа № 1 + № 2	8,0
Основна продукція	крупа № 3 + № 4	43,0
Основна продукція	крупа «Артек»	12,0
Разом основної продукції	усього крупи	63,0
Побічна продукція	кормова мучка	30,0
Відходи	відходи I–II категорії	5,2
Відходи та втрати	відходи III категорії і механічні втрати	0,7
Технологічні втрати	усушка	1,0
Загальний баланс	усього	100,0

Технологічна схема виробництва пшеничної крупи після модернізації наведена на рисунку 2.3. Її відмінністю від існуючої схеми є встановлення додаткового очисного обладнання – двох повітряних сепараторів і трієра. Це обладнання розміщується перед зволожувальною машиною, тобто до початку гідротермічної обробки зерна.

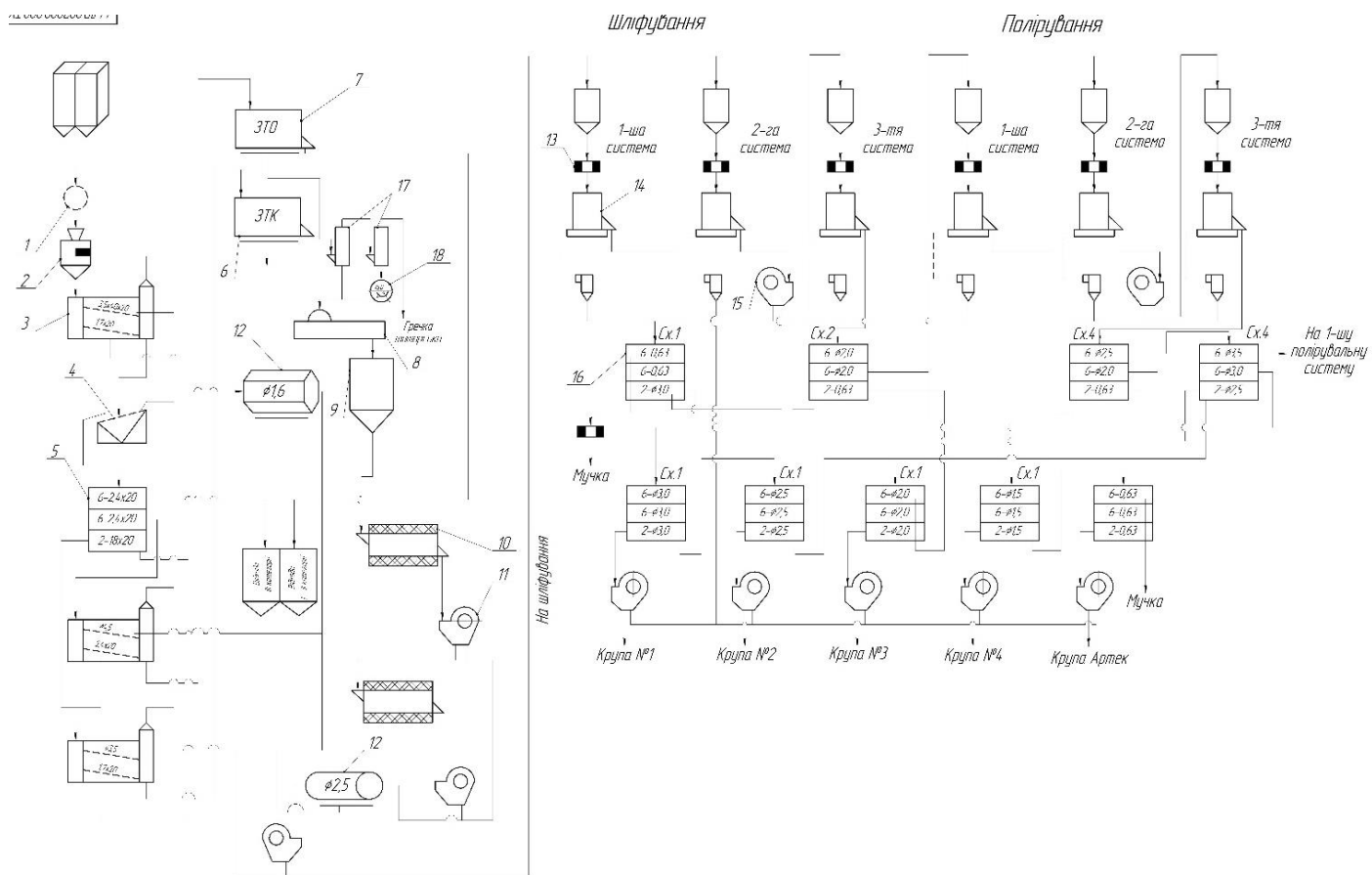


Рисунок 2.3 – Запропонована технологічна схема виробництва пшеничної крупи

1 – машина для попереднього очищення зерна; 2 – автоматичний ваговий пристрій; 3 – повітряно-ситовий сепаратор; 4 – машина для видалення мінеральних домішок; 5 – просіювальна машина; 6 – трієр для вилучення коротких домішок; 7 – трієр для відокремлення довгих домішок; 8 – апарат для зволоження зерна; 9 – бункер для відволоження зерна; 10 – машина для обробки поверхні зерна; 11 – аспіраційна установка; 12 – бурат для просіювання продуктів; 13 – магнітний сепаратор; 14 – луцильно-шліфувальна машина; 15 – аспіраційна машина; 16 – розсів; 17 – повітряний сепаратор; 18 – трієр.

Встановлення додаткового обладнання дозволяє підвищити ефективність очищення зернової маси й усунути потребу в повторному очищенні сировини. Завдяки цьому зменшується навантаження на наступні технологічні операції, скорочуються непродуктивні витрати часу та підвищується стабільність роботи лінії. Очікується, що після модернізації продуктивність виробництва зросте в середньому на 10 т за добу і становитиме близько 30 т/добу.

2.4 Характеристика готового продукту

Пшенична крупа є продуктом переробки зерна пшениці, який отримують шляхом очищення, лущення, шліфування, подрібнення, сортування та контролю готової продукції. Вона належить до харчових продуктів масового споживання, має високу поживну цінність, добрі кулінарні властивості та використовується для приготування каш, гарнірів, перших страв, запіканок, кулінарних напівфабрикатів і страв дієтичного призначення.

Основним нормативним документом, що встановлює вимоги до пшеничних круп, є ДСТУ 7699:2015 «Крупи пшеничні. Технічні умови». Цей стандарт поширюється на крупи пшеничні, призначені для продовольчих потреб та експортування, а також містить вимоги, що гарантують безпечність продукції для життя і здоров'я споживачів.

Для виробництва пшеничної крупи використовують зерно м'якої або твердої пшениці. Вимоги до зерна пшениці як сировини регламентуються ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови», який поширюється на зерно м'якої та твердої пшениці, призначене для продовольчих і непродовольчих потреб, а також для торгівлі.

Пшенична крупа виробляється переважно з твердої пшениці або з м'якої високоскловидної пшениці. Така сировина має щільний ендосперм, що сприяє отриманню крупи з доброю формою частинок, меншою кількістю мучки та кращим товарним виглядом. Якість готової продукції значною мірою залежить від вологості зерна, його натури, скловидності, вирівняності, вмісту домішок і ефективності технологічної підготовки до переробки.

За способом обробки та крупністю пшеничну крупу поділяють на кілька видів, серед яких найбільш поширеними є «Полтавська» та «Артек». Крупа «Полтавська» має більші частинки та поділяється на номери залежно від розміру, а крупа «Артек» є дрібнішою, добре подрібненою і зашліфованою, таблиця 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика основних видів пшеничної крупи

Вид крупи	Особливості продукту	Основне використання
Полтавська № 1	найбільші частинки, переважно видовженої форми	гарніри, каші, перші страви
Полтавська № 2	частинки середньої крупності, овальної форми	каші, кулінарні страви
Полтавська № 3	дрібніші частинки округлої форми	каші, супи, харчоконцентрати
Полтавська № 4	найдрібніша фракція серед круп «Полтавська»	швидке приготування, дитяче та дієтичне харчування
Артек	дрібноподрібнене та зашліфоване ядро пшениці	в'язкі каші, запіканки, кулінарні напівфабрикати

За органолептичними показниками пшенична крупа повинна мати властивий цьому виду продукції зовнішній вигляд, колір, запах і смак. Колір крупи залежить від виду пшениці, ступеня шліфування та наявності залишків оболонок. Якісна пшенична крупа не повинна мати затхлого, пліснявого, кислого, солодового чи будь-якого стороннього запаху. Смак має бути властивим доброякісній крупі, без гіркоти та сторонніх присмаків, таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Органолептичні показники пшеничної крупи

Показник	Характеристика якісної продукції
Зовнішній вигляд	частинки ядра пшениці відповідної крупності, очищені та зашліфовані
Колір	властивий пшеничній крупі, без потемніння та сторонніх включень
Запах	нормальний, без затхлого, пліснявого або стороннього запаху
Смак	властивий пшеничній крупі, без гіркого чи кислого присмаку
Наявність домішок	не допускається перевищення норм, установлених нормативною документацією

Фізико-хімічні показники пшеничної крупи характеризують її якість, стабільність під час зберігання та придатність до харчового використання. До основних показників належать вологість, вміст доброякісного ядра, наявність

домішок, крупність, зольність, зараженість шкідниками та металомангнітні домішки. Особливе значення має вологість, оскільки за її підвищення зростає ризик самозігрівання, розвитку мікрофлори, пліснявіння та погіршення зберігальної стійкості крупи, таблиця 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні показники якості пшеничної крупи

Група показників	Показник	Значення для оцінки якості
Органолептичні	колір, запах, смак, зовнішній вигляд	визначають споживчу якість продукту
Фізичні	крупність, вирівняність, наявність мучки	впливають на товарний вигляд і кулінарні властивості
Хімічні	вологість, зольність	характеризують стабільність і ступінь очищення продукту
Санітарні	зараженість шкідниками, наявність сторонніх домішок	визначають безпечність крупи
Технологічні	розварюваність, збереження форми частинок	впливають на кулінарну придатність

Безпечність пшеничної крупи повинна відповідати чинним вимогам законодавства України у сфері харчових продуктів. Зокрема, під час виробництва та реалізації необхідно враховувати вимоги Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», на який посилається ДСТУ 7699:2015. Також продукція повинна відповідати вимогам щодо вмісту забруднюючих речовин. Державні санітарні правила і норми, затверджені наказом МОЗ України № 368, встановлюють максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах і застосовуються до операторів ринку харчових продуктів.

Важливим показником безпечності є відсутність зараження шкідниками хлібних запасів. Не допускається наявність живих шкідників, сторонніх механічних домішок, металомангнітних частинок понад установлені норми, а також ознак псування продукту. Контроль цих показників здійснюють на етапах

приймання сировини, очищення зерна, виробництва, фасування та зберігання готової крупи.

Пшенична крупа має добрі кулінарні властивості. Під час варіння вона набухає, поглинає воду, розм'якшується та утворює готову страву з характерною консистенцією. Крупніші фракції, зокрема «Полтавська» № 1 і № 2, краще зберігають форму частинок і використовуються для розсипчастих каш та гарнірів. Дрібніші фракції, зокрема «Полтавська» № 3, № 4 та «Артек», швидше розварюються і можуть застосовуватися для в'язких каш, запіканок і страв дитячого харчування, таблиця 2.7.

Таблиця 2.7 – Кулінарні властивості пшеничної крупи

Вид крупи	Особливості приготування	Рекомендоване використання
Полтавська № 1	повільніше розварюється, добре зберігає форму	гарніри, розсипчасті каші
Полтавська № 2	має середню тривалість варіння	каші, супи, гарніри
Полтавська № 3	швидше набухає і розм'якшується	каші, перші страви
Полтавська № 4	швидко розварюється	в'язкі каші, харчоконцентрати
Артек	має найменшу крупність, швидко готується	дитяче, дієтичне харчування, запіканки

Фасування, маркування та реалізація пшеничної крупи повинні відповідати вимогам Закону України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів». Цей закон визначає правові та організаційні засади надання споживачам достовірної інформації про харчові продукти. На маркуванні крупи необхідно зазначати назву продукту, масу нетто, дані про виробника, дату виробництва, строк придатності, умови зберігання, поживну цінність та іншу обов'язкову інформацію, передбачену законодавством.

Зберігати пшеничну крупу необхідно у сухих, чистих, добре вентильованих складських приміщеннях, захищених від атмосферних опадів, прямого сонячного

проміння, різких коливань температури та зараження шкідниками. Під час зберігання слід контролювати температуру, відносну вологість повітря, санітарний стан приміщення та цілісність пакування. Недотримання умов зберігання може призвести до зволоження крупи, появи стороннього запаху, розвитку мікроорганізмів і зниження якості готової продукції.

Отже, пшенична крупа є важливим продуктом переробки зерна пшениці, який має високу харчову цінність, широкий асортимент і добрі кулінарні властивості. Її якість залежить від властивостей вихідної сировини, ефективності очищення, лушення, шліфування, сортування та дотримання нормативних вимог. Основними документами, що регламентують виробництво та якість пшеничної крупи, є ДСТУ 7699:2015 «Крупи пшеничні. Технічні умови», ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови», а також чинні законодавчі акти України щодо безпеки, маркування та гігієнічних вимог до харчових продуктів.

Висновки за розділом

Розглянуто технологічну лінію виробництва пшеничної крупи, що включає очищення зерна, гідротермічну обробку, лушення, шліфування, сортування, аспірацію, магнітний контроль і пакування. Встановлено, що якість кожної операції впливає на вихід, чистоту та товарний вигляд готової продукції.

Основним недоліком діючої схеми є недостатнє відокремлення гречки татарської, яка погіршує якість крупи та ускладнює подальшу переробку. Для усунення цього недоліку запропоновано встановити два повітряні сепаратори та трієр перед зволожувальною машиною.

Очікується, що модернізація забезпечить видалення 85 – 90 % гречки татарської, підвищить чистоту зернової маси та збільшить продуктивність лінії до 30 т/добу. Отже, запропоноване рішення є доцільним, оскільки сприяє покращенню якості пшеничної крупи, зменшенню втрат сировини та підвищенню ефективності виробництва.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок

Оскільки в процесі модернізації технологічної лінії було змінено склад технологічного обладнання, доцільно виконати уточнений продуктивний розрахунок, а також перевірити відповідність продуктивності основного обладнання заданим умовам виробництва.

Продуктивний розрахунок проводять для визначення планового обсягу виробництва, інтенсивності технологічного процесу та необхідної кількості сировини. Крім того, він дає змогу встановити очікуваний вихід готової продукції, побічних продуктів і відходів переробки.

Розрахунок починають із визначення добової потреби у готовій продукції для регіону, де передбачається реалізація пшеничної крупи:

$$Q_{np} = N \cdot m, \quad (3.1)$$

де Q_{np} – добова потреба у продукції, кг/добу;

N – добова норма споживання крупи однією людиною, кг;

m – кількість населення, яке забезпечуватиметься продукцією, осіб.

Середньодобове споживання крупи однією людиною приймаємо на рівні 0,035 кг. Для населення, зайнятого важкою фізичною працею, ця норма може бути вищою на 10 – 15 % і становити близько 0,04 кг. З урахуванням населення основного регіону реалізації та можливого постачання продукції в інші регіони приймаємо плановий обсяг виробництва пшеничної крупи 30000 кг/добу.

$$Q_{np} = 750000 \cdot 0,04 = 30000 \text{ кг/добу}$$

Для виробництва крупи використовують зерно твердої пшениці II типу. В окремих випадках допускається застосування м'якої високоскловидної пшениці високої якості, яка має достатній вміст білка та придатна для круп'яного виробництва.

Необхідну кількість зерна пшениці визначають з урахуванням нормативного виходу готової крупи, який становить 63,0 %:

$$C = \frac{Q_{np} \cdot 100}{N_g}, \quad (3.2)$$

де C – добова потреба у зерні пшениці, кг/добу;

Q_{np} – запланований добовий випуск крупи, кг/добу;

N_g – норма виходу готової крупи, %.

$$C = \frac{30000 \cdot 100}{63} = 47619,0 \text{ кг/добу}$$

Отже, для виробництва 30000 кг пшеничної крупи на добу необхідно близько 47619,0 кг зерна пшениці.

Річну потребу в сировині визначають за формулою:

$$C_p = \frac{C \cdot D}{1000}, \quad (3.3)$$

де C_p – річна потреба у сировині, т/рік;

C – добова потреба у зерні, кг/добу;

D – кількість робочих днів підприємства на рік, $D = 258$ днів.

$$C_p = \frac{47619,0 \cdot 258}{1000} = 12285,7 \text{ т/рік}$$

Плановий обсяг виробництва пшеничної крупи та потреба у сировині приведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Плановий обсяг виробництва пшеничної крупи та потреба у сировині

Найменування продукції	Добовий випуск, кг/добу	Норма виходу, %	Потреба у зерні, кг/добу	Потреба у зерні, т/рік
Крупа пшенична	30000	63,0	47619,0	13571,4
Разом	30000	63,0	47619,0	13571,4

Відповідно до норм виходу визначаємо добовий вихід основної та побічної продукції за формулою:

$$B_{\partial} = \frac{C \cdot N_{\epsilon}}{100}, \quad (3.4)$$

де B_{∂} – добовий вихід продукту переробки, кг;

C – кількість зерна, що переробляється за добу, кг;

N_{ϵ} – норма виходу відповідного продукту, %.

Для виробництва пшеничної крупи отримуємо:

- крупа пшенична № 1 + № 2: $B_{\partial} = \frac{47619,0 \cdot 8,0}{100} = 3809,5$ кг;
- крупа пшенична № 3 + № 4: $B_{\partial} = \frac{47619,0 \cdot 43}{100} = 20476,2$ кг;
- крупа «Артек»: $B_{\partial} = \frac{47619,0 \cdot 12}{100} = 5714,3$ кг;
- загальний вихід крупи: $B_{\partial} = \frac{47619,0 \cdot 63}{100} = 30000$ кг;
- кормова мучка: $B_{\partial} = \frac{47619,0 \cdot 30}{100} = 14285,7$ кг;

- відходи I–II категорії: $B_{\phi} = \frac{47619,0 \cdot 5,2}{100} = 2476,2$; кг
- відходи III категорії та механічні втрати: $B_{\phi} = \frac{47619,0 \cdot 0,7}{100} = 333,3$ кг;
- усушка: $B_{\phi} = \frac{47619,0 \cdot 1,0}{100} = 476,2$ кг.

Результати проведених розрахунків відображаємо у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Добовий вихід продуктів переробки при виробництві пшеничної крупи

Група продуктів	Найменування продукту	Вихід, %	Вихід, кг/добу
Основна продукція	Крупа № 1 + № 2	8,0	3809,5
Основна продукція	Крупа № 3 + № 4	43,0	20476,2
Основна продукція	Крупа «Артек»	12,0	5714,3
Разом основна продукція	Усього крупи	63,0	30000,0
Побічна продукція	Мучка кормова	30,0	14285,7
Відходи	Відходи I – II категорії	5,2	2476,2
Відходи та втрати	Відходи III категорії і механічні втрати	0,7	333,3
Технологічні втрати	Усушка	1,0	476,2
Загальний баланс	Усього	100,0	47619,1

Отже, для забезпечення добового виробництва 30000 кг пшеничної крупи необхідно переробляти близько 47619,0 кг зерна пшениці. Річна потреба у сировині за 285 робочих днів становить 13571,4 т/рік. При цьому основний вихід крупи становить 63,0 %, а решту складають кормова мучка, відходи різних категорій, механічні втрати та усушка.

3.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання

Відповідно до завдання на модернізацію, основні зміни передбачено саме у підготовчому відділенні технологічної лінії. Тому перевірочний розрахунок доцільно виконати для обладнання, яке забезпечує додаткове очищення зерна перед подальшою переробкою.

Перевірочний розрахунок технологічного обладнання підготовчого відділення проводять з урахуванням заданої продуктивності підприємства, кількісного балансу продуктів переробки, виду сировини, що надходить на виробництво, а також допустимих навантажень на робочі органи машин.

Розрахунок встановленого зерноочисного обладнання. Для додаткового очищення зернової суміші за аеродинамічними властивостями обрано повітряний сепаратор А1-БДЗ-12. Для відокремлення домішок за довжиною та формою зерна передбачено використання трієра ЗТО-10М з діаметром комірок 5 мм.

Необхідну кількість обладнання визначаємо за формулою:

$$n_{\text{м}} = \frac{q_{\text{год}}}{q_{\text{м}}}, \quad (3.5)$$

де $n_{\text{м}}$ – розрахункова кількість машин, шт.;

$q_{\text{год}}$ – кількість сировини, що переробляється за годину, кг/год;

$q_{\text{м}}$ – годинна продуктивність однієї машини відповідно до технічної характеристики, кг/год.

Годинна кількість сировини, що надходить на переробку, становить, $q_{\text{год}} = 1984,1$ кг/год.

- для повітряного сепаратора А1-БДЗ-12: $n_{\text{м}} = \frac{1984,1}{1200} = 1,65$, приймаємо дві машини;

- для трієра ЗТО-10М: $n_{\text{м}} = \frac{1984,1}{1000} = 1,98$, приймаємо дві машини.

Знаючи кількість прийнятого обладнання та його продуктивність, визначаємо тривалість роботи машин за формулою:

$$t_p = \frac{m_{зм}}{q_m \cdot n_m}, \quad (3.6)$$

де t_p – тривалість роботи обладнання, год;

$m_{зм}$ – кількість сировини, що переробляється за зміну, кг/зм;

q_m – продуктивність однієї машини, кг/год;

n_m – кількість машин, шт.

Кількість сировини, що переробляється за зміну, становить:
 $m_{зм} = 1984,1 \cdot 8 = 15872,8$ кг/зм

За результатами розрахунків тривалість роботи обладнання становить:

- для повітряного сепаратора А1-БДЗ-12: $t_p = \frac{15872,8}{9600 \cdot 2} = 0,82 = 6,56$ год,

тобто у межах тривалості робочої зміни;

- для трієра ЗТО-10М: $t_p = \frac{15872,8}{8000 \cdot 2} = 0,99 = 7,92$ год, тобто у межах

тривалості робочої зміни.

Наступним етапом є визначення ступеня завантаження прийнятого технологічного обладнання.

Ступінь завантаження машин розраховують за формулою:

$$K_{зав} = \frac{m_{зм}}{(q_m \cdot n_m \cdot квч \cdot t_{зм})} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

де $K_{зав}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

$m_{зм}$ – кількість сировини, що переробляється за зміну, кг;

q_m – годинна продуктивність однієї машини, кг/год;

n_m – кількість машин відповідного виду, шт.;

$квч$ – коефіцієнт використання часу зміни, $квч = 0,8$;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

За результатами перевірконого розрахунку встановлено, що ступінь завантаження:

- для повітряних сепараторів А1-БДЗ-12 складає:

$$K_{зав} = \frac{15872,8}{(1200 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 8)} \cdot 100\% = 98,7\%;$$

- для трієрів ЗТО-10М $K_{зав} = \frac{15872,8}{(1000 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 8)} \cdot 100\% = 99,8\%$.

Результати розрахунку підтверджують, що ступінь завантаження перебуває в допустимих межах. Це свідчить про правильність вибору обладнання для модернізованої технологічної лінії.

Отже, прийняте зерноочисне обладнання забезпечує необхідну продуктивність підготовчого відділення, дозволяє підвищити ефективність очищення зерна від важковідокремлюваних домішок і не створює перевантаження технологічної лінії.

3.3 Характеристика обладнання лінії

Скальператор А1-БЗО призначений для попереднього очищення зерна від великих домішок. Зернова суміш надходить у ситовий барабан, де зерно проходить крізь отвори, а крупні домішки виводяться окремо.

Автоматичні ваги ВАП-100-097 використовують для порційного зважування зерна. Вони забезпечують облік кількості сировини, що надходить у технологічну лінію, та сприяють точному контролю виробничого процесу.

Повітряно-решітний сепаратор А1-БІС-100 призначений для очищення зерна від великих, дрібних і легких домішок. Очищення здійснюється за допомогою сит і повітряного потоку, який видаляє легкі частинки.

Каменевідбірна машина А1-БОК використовується для вилучення з зернової маси камінців, піску, скла, руди та інших мінеральних домішок, які мають розміри, близькі до зерна.

Розсів А1-БРУ призначений для сортування зерна і продуктів його переробки за крупністю. Його застосовують для калібрування зерна, відбору проміжних продуктів лущення і контролю готової крупи.

Трієр А9-УТО-6 застосовується для видалення з пшениці довгих домішок, зокрема вівсюга. Очищення відбувається завдяки різниці у довжині зерна основної культури та домішок.

Трієр А9-УТК-6 призначений для відокремлення коротких домішок, зокрема куколю. За принципом роботи він подібний до трієра А9-УТО-6.

Зволожувальна машина А1-БШУ-1 використовується для інтенсивного зволоження зерна перед відволоженням. Вона покращує технологічні властивості зерна та полегшує подальше лущення.

Оббивальна машина Р1-БОС призначена для поверхневої обробки зерна. Вона частково видаляє оболонки та забруднення з поверхні зернівки, не допускаючи значного травмування зерна.

Бурат ЦМБ-3 використовується для просіювання продуктів переробки, очищення зерна та розділення його на фракції. Також застосовується для обробки відходів після сепарування.

Лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3 призначена для лущення і шліфування зерна. У робочій зоні зерно інтенсивно третється між абразивними колами та ситовим циліндром, унаслідок чого відокремлюються оболонки.

Повітряний сепаратор А1-БДЗ-12 використовується для відокремлення легких домішок за аеродинамічними властивостями. У модернізованій схемі він підвищує ефективність очищення зерна перед зволоженням.

Дисковий трієр ЗТО-10М призначений для вилучення важковідокремлюваних домішок із зерна пшениці. Його використання дає змогу ефективніше відокремлювати домішки, що відрізняються від пшениці за довжиною і формою.

Коротка технічна характеристика обладнання приведена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика, кількість, габарити та площа обладнання

№	Найменування обладнання	Марка	Кількість, шт.	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²
1	Скальператор	A1-БЗО	1	2430×1130×1665	2,75
2	Автоматичні ваги	ВАП-100-097	1	1200×1000×1800	1,20
3	Повітряно-решітний сепаратор	A1-БІС-100	1	2600×2520×1510	6,55
4	Каменевідбірна машина	A1-БОК	1	1700×1200×1600	2,04
5	Розсів	A1-БРУ	2	1600×1400×1800	2,24
6	Трієр для довгих домішок	A9-УТО-6	1	2700×1000×1500	2,70
7	Трієр для коротких домішок	A9-УТК-6	1	2700×1000×1500	2,70
8	Зволожувальна машина	A1-БШУ-1	1	1300×700×1200	0,91
9	Бункер для відволоження	-	1	2000×1500×2500	3,00
10	Оббивальна машина	P1-БОС	1	1700×900×1500	1,53
11	Аспіратор	-	2	1200×800×1600	0,96
12	Бурат	ЦМБ-3	1	1800×900×1300	1,62
13	Магнітний сепаратор	-	1	800×500×1000	0,40
14	Луцильно-шліфувальна машина	A1-ЗШН-3	1	1500×900×1600	1,35
15	Повітряний сепаратор	A1-БДЗ-12	2	1435×1245×1855	1,79
16	Дисковий трієр	ЗТО-10М	2	2185×1025×1450	2,24

3.4 Компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні цеху з виробництва пшеничної крупи

Відповідно до виробничих, санітарних і протипожежних вимог площу підприємства поділяють на виробничу та допоміжну. У виробничій зоні

розміщують основне технологічне обладнання, яке забезпечує виконання всіх операцій з переробки зерна у пшеничну крупу. Під час компонування машин необхідно забезпечити послідовний рух сировини та продуктів переробки з мінімальною кількістю перевантажувальних операцій, скоротити довжину транспортних і комунікаційних мереж, створити зручні умови для обслуговування, ремонту й санітарного очищення обладнання, а також дотриматися вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Висота виробничих приміщень залежить від габаритів установленого обладнання, способу його монтажу, наявності транспортних комунікацій, аспіраційних систем і бункерів. Згідно із санітарними вимогами, висота приміщення повинна бути не менше 3,5 м від підлоги до стелі. Однак, враховуючи технічні характеристики обраного комплектного крупоцеху, висоту виробничого приміщення доцільно прийняти не менше 9 м.

Об'єм виробничого приміщення визначають за формулою:

$$V_{\Pi} = F \cdot H, \quad (3.8)$$

де V_{Π} – об'єм приміщення, м³;

F – площа цеху, м²;

H – висота цеху, м.

За площі приміщення $F = 162 \text{ м}^2$ і висоти $H = 9 \text{ м}$:

$$V_{\Pi} = 162 \cdot 9 = 1458 \text{ м}^3.$$

Отже, об'єм виробничого приміщення становить 1458 м³.

Під час розміщення обладнання в цеху доцільно застосовувати лінійну схему компонування, за якої рух зерна та продуктів його переробки відбувається найкоротшим шляхом у напрямку технологічного процесу. Таке розташування полегшує експлуатацію обладнання, зменшує довжину транспортних комунікацій і спрощує контроль за роботою лінії.

Для безпечного обслуговування машин передбачають робочі площадки шириною 2 – 3 м, а між окремими апаратами та стінами залишають проходи не менше 1 м. Це забезпечує можливість огляду, регулювання, ремонту, очищення обладнання та безпечного пересування персоналу.

Розрахунок площі для встановлення та обслуговування обладнання виконують з урахуванням габаритів комплектного крупоцеху, необхідних проходів, зон обслуговування, місць для монтажу, ремонту та контролю роботи обладнання. При компонованні важливо забезпечити таке розміщення машин, щоб оператор мав вільний доступ до основних вузлів, міг безперешкодно спостерігати за процесом переробки зерна та виконувати налагоджувальні роботи.

Цех з виробництва пшеничної крупи включає основне виробниче приміщення, а також допоміжні та підсобні зони. У виробничому приміщенні передбачено встановлення комплектного крупоцеху, для монтажу якого необхідна площа 6×8 м, для встановлення додаткового технологічного обладнання збільшення площі не потрібно, відповідно: $S_{\text{м}} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м}^2$.

Загальну площу виробничого відділення визначають за формулою:

$$S_{\text{вв}} = S_{\text{м}} + S_{\text{о}}, \quad (3.9)$$

де $S_{\text{вв}}$ – площа виробничого відділення, м^2 ;

$S_{\text{м}}$ – площа, зайнята обладнанням, м^2 ;

$S_{\text{о}}$ – площа для проходів, обслуговування та проїздів, м^2 .

Приймаємо площу для обслуговування, проходів і проїздів $S_{\text{о}} = 42,0 \text{ м}^2$.

Тоді:

$$S_{\text{вв}} = 48 + 42 = 90 \text{ м}^2.$$

Отже, для розміщення комплектного крупоцеху з урахуванням проходів і зон обслуговування необхідно 90 м^2 виробничої площі.

Площу допоміжних і підсобних приміщень у роботі визначено методом моделювання відповідно до загальної площі будівлі та вимог до організації виробничого процесу. Загальна площа приміщення цеху становить:

$$S_{\text{заг}} = 9 \cdot 18 = 162 \text{ м}^2.$$

При загальній площі 162 м² приймаємо розміри будівлі в плані 9×18 м. Такий варіант компонування відповідає дев'яти будівельним квадратам розміром 3×6 м і забезпечує достатній простір для розміщення основного обладнання, проходів, зон обслуговування та допоміжних ділянок.

Загальний вигляд виробничого приміщення в плані приведено на рисунку 3.1.

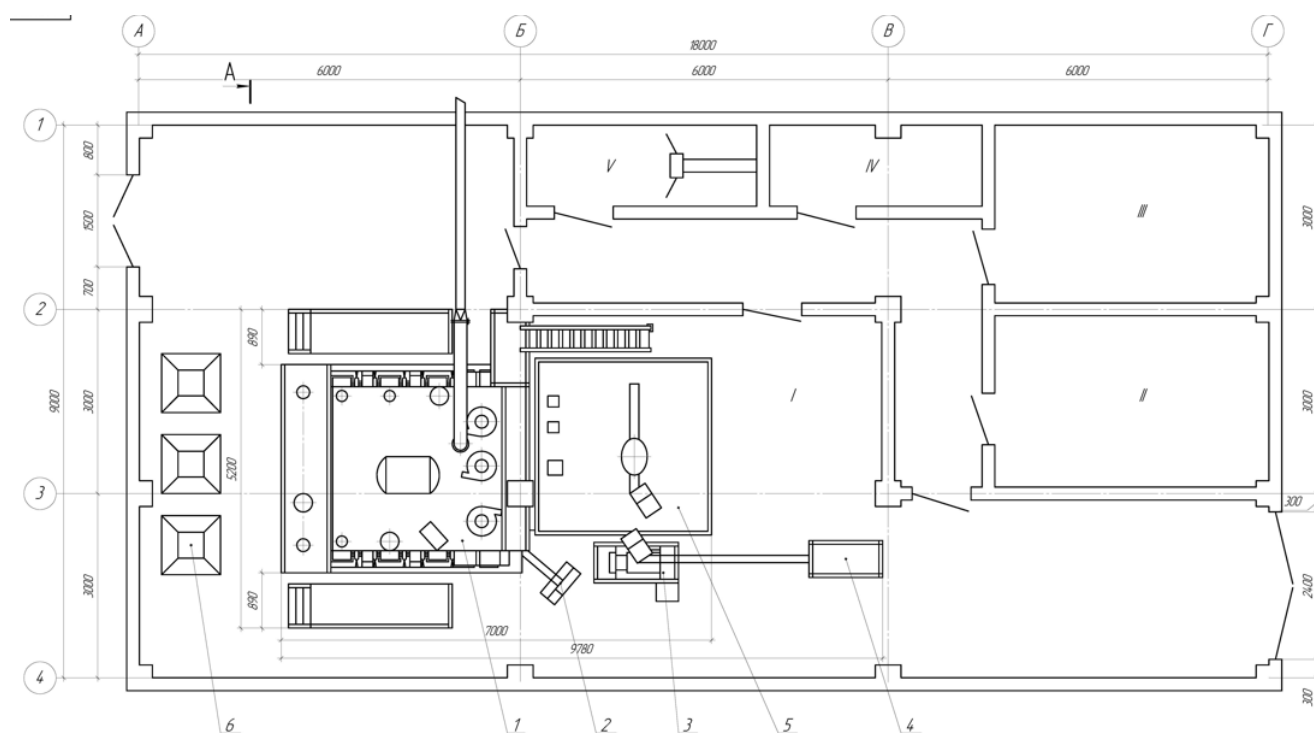


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд виробничого приміщення в плані

Таким чином, прийняті розміри виробничого приміщення дозволяють раціонально розмістити комплектний крупоцех, забезпечити прямолінійний рух сировини, безпечну роботу оператора, зручне технічне обслуговування обладнання та дотримання санітарних і протипожежних вимог.

Висновки за розділом

Виконано технологічний і проєктний розрахунок модернізованої лінії з виробництва пшеничної крупи. Встановлено, що для забезпечення добового випуску 30000 кг крупи необхідно переробляти 47619,0 кг зерна пшениці, а річна потреба у сировині за 285 робочих днів становить 13571,4 т. Вихід готової крупи прийнято на рівні 63,0 %, решту становлять кормова мучка, відходи, механічні втрати та усушка.

Проведено перевірочний розрахунок обладнання підготовчого відділення, оскільки саме в ньому передбачено модернізацію. Для підвищення ефективності очищення зерна прийнято встановлення двох повітряних сепараторів А1-БДЗ-12 і двох дискових трієрів ЗТО-10М. Розрахунки підтвердили, що обране обладнання забезпечує необхідну продуктивність і працює без перевантаження.

Наведено коротку характеристику основного обладнання технологічної лінії, зокрема скальператора, сепараторів, каменевідбірної машини, трієрів, зволожувальної, оббивальної та луцильно-шліфувальної машин. Встановлено, що прийняте обладнання відповідає послідовності технологічного процесу та забезпечує виконання основних операцій з очищення, підготовки, луцення, шліфування і сортування зерна.

Обґрунтовано компоновку обладнання у виробничому приміщенні розміром 9×18 м загальною площею 162 м². Комплектний крупоцех займає площу 6×8 м, тобто 48 м², а з урахуванням проходів і зон обслуговування необхідна виробнича площа становить 90 м². Прийнята висота приміщення 9 м, що забезпечує можливість розміщення обладнання, бункерів, транспортних і аспіраційних комунікацій.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження елементів системи НАССР на підприємстві з виробництва пшеничної крупи є необхідним для забезпечення стабільної якості та безпечності готової продукції. Система НАССР передбачає виявлення можливих небезпечних чинників на всіх етапах технологічного процесу, визначення критичних контрольних точок, встановлення граничних значень і постійний контроль за дотриманням технологічних режимів.

Під час виробництва пшеничної крупи можливе виникнення біологічних, хімічних і фізичних небезпечних чинників. До біологічних належать розвиток мікроорганізмів і зараженість зерна шкідниками; до хімічних – залишки пестицидів, мікотоксини, мийні засоби, мастильні матеріали; до фізичних – камінці, металоманітні домішки, скло, пил, частинки обладнання та інші сторонні предмети.

У технологічній лінії виробництва пшеничної крупи доцільно визначити такі критичні контрольні точки:

ККТ-1 – приймання зерна. На цьому етапі контролюють вологість, зараженість шкідниками, наявність сторонніх домішок, запах, колір, а також відповідність зерна вимогам ДСТУ 3768:2019. Зерно з ознаками пліснявіння, самозігрівання, затхлим запахом або перевищенням допустимих показників не допускається до переробки.

ККТ-2 – очищення та каменевідокремлення. Метою контролю є недопущення потрапляння мінеральних і сторонніх домішок у подальші технологічні операції. Контролюють ефективність роботи сепараторів, аспіраційних систем і каменевідокремлювальної машини.

ККТ-3 – магнітний контроль. Ця точка необхідна для вилучення металоманітних домішок перед надходженням продукту на фасування. Магнітні уловлювачі повинні регулярно очищуватися та перевірятися на ефективність.

ККТ-4 – зберігання готової продукції. На цьому етапі контролюють температуру, відносну вологість повітря, санітарний стан складу, цілісність

пакування та відсутність шкідників. Це запобігає зволоженню, псуванню і повторному забрудненню крупи.

Короткий план НАССР для виробництва пшеничної крупи представлено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – План НАССР для виробництва пшеничної крупи

ККТ	Небезпечний чинник	Критична межа	Моніторинг	Коригувальні дії
Приймання зерна	мікотоксини, шкідники, висока вологість	відповідність ДСТУ 3768:2019	контроль кожної партії	відхилення або доробка партії
Очищення	мінеральні та рослинні домішки	відсутність сторонніх домішок понад норму	перевірка роботи сепараторів	повторне очищення
Магнітний контроль	металомагнітні домішки	не допускається перевищення норми	перевірка магнітів	зупинка лінії, очищення магнітів
Зберігання	зволоження, шкідники, повторне забруднення	сухе, чисте приміщення без шкідників	огляд складу, контроль вологості	ізоляція продукції, санітарна обробка

Для ефективного функціонування системи НАССР на підприємстві необхідно вести документацію: журнали вхідного контролю зерна, контролю роботи сепараторів і магнітних уловлювачів, санітарної обробки обладнання, контролю умов зберігання та результатів лабораторних досліджень. Персонал повинен бути навчений правилам гігієни, санітарної обробки обладнання та діям у разі виявлення невідповідностей.

Отже, впровадження елементів системи НАССР при виробництві пшеничної крупи дозволяє знизити ризик потрапляння небезпечних домішок у готову продукцію, забезпечити відповідність нормативним вимогам, підвищити

стабільність якості та безпечності крупи, а також зміцнити довіру споживачів до продукції підприємства.

Висновки за розділом

Обґрунтовано необхідність впровадження елементів системи НАССР при виробництві пшеничної крупи для забезпечення її якості та безпечності.

Визначено основні небезпечні чинники: біологічні, хімічні та фізичні, які можуть виникати під час приймання зерна, очищення, переробки, пакування і зберігання продукції.

Для контролю безпечності запропоновано чотири критичні контрольні точки: приймання зерна, очищення та каменевідокремлення, магнітний контроль і зберігання готової продукції.

Встановлено, що дотримання плану НАССР, ведення відповідної документації та навчання персоналу дають змогу своєчасно виявляти ризики, запобігати потраплянню небезпечних домішок у готову крупу та забезпечувати відповідність продукції нормативним вимогам.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці для оператора цеху з виробництва пшеничної крпи

Карта безпеки праці для оператора цеху з виробництва пшеничної крупи розробляється з метою запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і створення безпечних умов праці під час обслуговування технологічної лінії. Основні елементи картки безпеки праці представлено у таблиці 5.1. Оператор виконує контроль роботи зерноочисного, луцильно-шліфувального, аспіраційного, транспортного та пакувального обладнання, тому повинен дотримуватися вимог охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність обладнання, огорожень, аспіраційної системи, аварійних кнопок зупинки, освітлення та засобів індивідуального захисту. Забороняється запускати обладнання за наявності сторонніх предметів, відкритих люків, несправних захисних кожухів або підвищеного запилення.

Під час роботи оператор зобов'язаний стежити за рівномірною подачею зерна, не перевантажувати обладнання, контролювати роботу сепараторів, трієрів, луцильно-шліфувальних машин, аспіраторів і розсівів. У разі появи стороннього шуму, вібрації, запаху горілого, іскріння або аварійної ситуації обладнання необхідно негайно зупинити та повідомити відповідальну особу.

Після завершення зміни оператор повинен вимкнути обладнання, очистити робоче місце від пилу й залишків зерна, перевірити санітарний стан зони обслуговування та зробити відповідні записи у виробничому журналі.

Розроблена картка безпеки праці для працівників цеху з виробництва пшеничної крупи приведена на рисунку 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні положення карти безпеки праці оператора цеху з виробництва пшеничної крупи

Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Рухомі частини обладнання	травмування рук, одягу, волосся	працювати лише при справних захисних кожухах, не торкатися рухомих механізмів
Пил зерновий	подрознення органів дихання, ризик вибухонебезпечної пилоповітряної суміші	використовувати респіратор, контролювати роботу аспірації, не допускати накопичення пилу
Шум і вібрація	втома, погіршення слуху	застосовувати засоби захисту слуху, не перебувати зайвий час біля шумного обладнання
Електрообладнання	ураження електричним струмом	не працювати з пошкодженими кабелями, не відкривати електрощити без дозволу
Гарячі поверхні або вода при зволоженні	опіки	дотримуватися обережності під час роботи зі зволожувальним обладнанням
Підйом і переміщення мішків	травми спини, розтягнення	використовувати візки, не перевищувати допустиму масу ручного перенесення
Засмічення або зупинка машин	травмування під час очищення	очищення проводити тільки після повної зупинки та відключення обладнання
Слизька підлога, розсип зерна	падіння, забої	своєчасно прибирати розсипи зерна, підтримувати чистоту проходів

1. НЕБЕЗПЕЧНІ ЧИННИКИ

Що може бути небезпечним?	Чим це небезпечно?	Як уникнути?
 Рухомі частини обладнання	Травмування рук, одягу, волосся	Не знімати захисні кожухи, не торкатися рухомих частин
 Пил зерновий	Подразнення дихальних шляхів, вибух пилу	Використовувати респіратор, слідкувати за роботою аспірації
 Електрообладнання	Ураження електричним струмом	Не торкатися проводів і щитів, повідомляти про несправності
 Металомагнітні домішки	Пошкодження обладнання, потрапляння в продукт	Перевіряти та очищати магнітні уловлювачі
 Підйом і переміщення мішків	Травми спини, розтягнення	Використовувати візки, не перевищувати норму ваги
 Волога, слизька підлога	Падіння, забої	Підтримувати чистоту, відразу прибирати розсип зерна

2. ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

 Респіратор	 Навушники	 Рукавички	 Спецодяг	 Спецвзуття
---	--	--	---	---

3. ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ

• Перед початком роботи перевір справність обладнання. • Не відкривай люки та кожухи при працюючих машинах. • У разі несправності зупини обладнання і повідом майстра. • Дотримуйся чистоти на робочому місці. • Після роботи вимкни обладнання та прибери робоче місце.	ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ! • Працювати без засобів захисту. • Чистити машини на ходу. • Курити, їсти на робочому місці. • Перебувати в зоні роботи механізмів стороннім особам.
--	--

4. ДІЇ ПРИ АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ



Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці працівників цеху з виробництва пшеничної крупи

Отже, дотримання карти безпеки праці дає змогу знизити ризик травмування оператора, забезпечити стабільну роботу технологічної лінії та підтримувати належні санітарно-гігієнічні умови у цеху з виробництва пшеничної крупи.

5.2 Утилізація відходів підприємств з переробки зерна у крупи, зокрема пшеничну

Під час переробки зерна пшениці у крупу утворюються побічні продукти та відходи: зернові й смітні домішки, лузга, оболонки, мучка, пил, дрібне та бите зерно, металоманітні домішки, а також відходи пакувальних матеріалів. Їх кількість залежить від якості сировини, ефективності очищення, режимів лушення, шліфування та сортування.

Основну частину відходів круп'яного виробництва становлять кормові побічні продукти – мучка, оболонки, дрібне та подрібнене зерно. Вони можуть використовуватися для виробництва комбікормів, кормових сумішей або передаватися тваринницьким господарствам. Це дає змогу зменшити втрати сировини та підвищити економічну ефективність підприємства.

Смітні та мінеральні домішки, пил, непридатні органічні залишки і відходи III категорії підлягають окремому збиранню та вивезенню спеціалізованими організаціями. Металоманітні домішки, вилучені магнітними уловлювачами, збирають окремо та передають на утилізацію або переробку як металовідходи.

Зерновий пил є небезпечним через можливість забруднення повітря робочої зони та утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. Тому в цеху необхідно забезпечити ефективну роботу аспіраційних систем, регулярне очищення обладнання, герметизацію транспортних комунікацій і недопущення накопичення пилу на підлозі, машинах та конструкціях.

Пакувальні матеріали – папір, поліетилен, мішки, картон – слід сортувати за видами та передавати на повторну переробку або утилізацію відповідно до вимог екологічного законодавства. Забороняється спалювання відходів на території підприємства або їх несанкціоноване складування.

Схема утилізації відходів круп'яного виробництва представлена на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Схема утилізації відходів круп'яного виробництва

Отже, раціональне поводження з відходами при виробництві пшеничної крупи передбачає їх сортування, максимальне використання кормових побічних продуктів, безпечне видалення непридатних домішок, очищення повітря від пилу та передачу відходів спеціалізованим організаціям. Це сприяє зменшенню негативного впливу підприємства на довкілля, підвищенню санітарного стану виробництва та ефективнішому використанню зернової сировини.

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки праці для оператора цеху, у якій визначено основні небезпечні чинники: рухомі частини обладнання, зерновий пил, шум, вібрацію, електрообладнання, слизьку підлогу та ручне переміщення вантажів.

Запропоновані заходи безпеки дають змогу знизити ризик травмування працівників і забезпечити стабільну роботу технологічної лінії.

Встановлено, що під час переробки зерна у крупу утворюються побічні продукти та відходи, зокрема мучка, оболонки, дрібне зерно, пил, мінеральні домішки й пакувальні матеріали. Раціональна їх утилізація передбачає сортування, використання кормових відходів, очищення повітря від пилу та передачу непридатних відходів спеціалізованим організаціям.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Розрахунок виконано для модернізованої технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи, продуктивність якої після модернізації становить 30 т/добу, а річний фонд роботи – 285 днів. За даними проєктного розділу, добова потреба у зерні становить 47,619 т, річна потреба – 13571,4 т, а вихід готової крупи – 63,0 %.

Оскільки фактичні комерційні ціни підприємства не наведені, для спрощеного розрахунку прийнято такі орієнтовні ціни: пшениця – 10500 грн/т, пшенична крупа фасована/оптова – 18000 грн/т, кормова мучка – 5000 грн/т, відходи І–ІІ категорії – 2000 грн/т, відходи ІІІ категорії – 500 грн/т. Для порівняння, ринкові джерела наводять ціну пшениці в Україні у 2026 році в межах близько 9600 – 10800 грн/т, а оптові пропозиції пшеничної крупи трапляються в діапазоні приблизно 13,5 – 15,6 грн/кг залежно від фасування та продавця.

6.1 Річний обсяг виробництва продукції

Річний вихід продукції розраховуємо за формулою:

$$Q_p = Q_{\text{доб}} \cdot D, \quad (6.1)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова продуктивність, т/добу;

D – кількість робочих днів на рік.

$$Q_p = 30 \cdot 285 = 8550 \text{ т/рік}$$

Отже, річний обсяг виробництва пшеничної крупи становить 8550 т/рік.

6.2 Річний вихід основної та побічної продукції

Результати розрахунку річного виходу основної та побічної продукції представлені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку річного виходу основної та побічної продукції

Вид продукції	Добовий вихід, т/добу	Річний вихід, т/рік
Крупа пшенична	30,00	8550,0
Кормова мучка	14,29	4071,4
Відходи I–II категорії	2,48	705,7
Відходи III категорії	0,33	95,0
Усушка	0,48	135,7
Усього зерна на переробку	47,62	13571,4

6.3 Розрахунок річної виручки

Річну виручку розраховуємо за формулою:

$$B = Q \cdot C, \quad (6.2)$$

де B – виручка, грн;

Q – кількість продукції, т;

C – ціна реалізації, грн/т.

Результати розрахунку представлені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку річної виручки

Вид продукції	Річний обсяг, т	Ціна, грн/т	Виручка, тис. грн
Крупа пшенична	8550,0	18000	153900,0
Кормова мучка	4071,4	5000	20357,1
Відходи I – II категорії	705,7	2000	1411,4
Відходи III категорії	95,0	500	47,5
Разом	-	-	175716,0

Отже, орієнтовна річна виручка від реалізації основної та побічної продукції становить 175716,0 тис. грн.

6.4 Розрахунок витрат на сировину

Витрати на сировину розраховуємо за формулою:

$$B_c = C_p \cdot \Pi_c, \quad (6.3)$$

де B_c – витрати на сировину, грн;

C_p – річна потреба у зерні, т;

Π_c – ціна зерна, грн/т.

$$B_c = 13571,4 \cdot 10500 = 142499700 \text{ грн.}$$

Витрати на закупівлю зерна пшениці становлять 142499,7 тис. грн/рік.

Для спрощеного розрахунку інші виробничі витрати, зокрема електроенергія, заробітна плата, ремонт, амортизація, пакувальні матеріали та загальновиробничі витрати, приймаємо на рівні 18 % від вартості сировини:

$$B_{in} = 142499,7 \cdot 0,18 = 25649,9 \text{ тис.грн.}$$

Загальні річні витрати становлять:

$$B_{\text{заг}} = 142499,7 + 25649,9 = 168149,6 \text{ тис.грн.}$$

6.5 Розрахунок прибутку та рентабельності

Прибуток визначаємо за формулою:

$$\Pi = B - B_{\text{заг}} , \quad (6.4)$$

$$\Pi = 175716,0 - 168149,6 = 7566,4 \text{ тис.грн.}$$

Орієнтовний річний прибуток становить 7566,4 тис. грн.

Рентабельність виробництва визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\Pi}{B_{\text{заг}}} \cdot 100 , \quad (6.5)$$

$$R = \frac{7566,4}{168149,6} \cdot 100 = 4,5\% .$$

Отже, розрахункова рентабельність виробництва становить 4,5 %.

6.6 Собівартість 1 т та 1 кг пшеничної крупи

Варість 1 тони пшеничної крупи визначаємо за формулою:

$$C_{1m} = \frac{B_{\text{заг}}}{Q_p} , \quad (6.6)$$

$$C_{1m} = \frac{168149,6}{8550} = 19,67 \text{ тис.грн/т.}$$

Собівартість 1 т пшеничної крупи становить 19666,6 грн/т, або $C_{1кг} = 19,67$ грн/кг.

Орієнтовна собівартість 1 кг продукції становить 19,67 грн/кг з урахуванням загальних виробничих витрат і реалізації побічної продукції.

6.7 Економічний ефект від модернізації

За технологічним розділом очікується, що після модернізації продуктивність лінії зросте на 10 т/добу і становитиме близько 30 т/добу. Модернізація передбачає встановлення додаткового очисного обладнання для підвищення ефективності видалення гречки татарської до 85 – 90 %.

Додатковий річний випуск крупи: $Q_{доо} = 10 \cdot 285 = 2850$ т/рік.

Додаткова потреба у зерні: $C_{доо} = \frac{2850 \cdot 100}{63} = 4523,8$ т/рік.

Орієнтовна додаткова виручка від збільшення обсягу виробництва з урахуванням побічної продукції становить 58572,0 тис. грн/рік.

Додаткові витрати на сировину: $B_{с.доо} = 4523,8 \cdot 10500 = 47500,0$ тис.грн.

Інші додаткові витрати: $B_{ін.доо} = 47500,0 \cdot 0,18 = 8550,0$ тис.грн.

Додатковий прибуток: $\Pi_{доо} = 58572,0 - 47500,0 - 8550,0 = 2522,0$ тис.грн.

Отже, орієнтовний річний економічний ефект від модернізації становить 2522,0 тис. грн.

Зведена інформація по основним техніко економічним показникам проєкту приведена у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Основні техніко-економічні показники проєкту

Показник	Одиниця виміру	Значення
Добова продуктивність лінії після модернізації	т/добу	30,0
Річний фонд роботи	днів	285
Річний випуск пшеничної крупи	т/рік	8550,0
Річна потреба у зерні пшениці	т/рік	13571,4
Вихід готової крупи	%	63,0
Річний вихід кормової мучки	т/рік	4071,4
Загальна річна виручка	тис. грн	175716,0
Витрати на сировину	тис. грн	142499,7
Інші виробничі витрати	тис. грн	25649,9
Загальні виробничі витрати	тис. грн	168149,6
Орієнтовний річний прибуток	тис. грн	7566,4
Собівартість 1 т продукції	грн/т	19666,6
Собівартість 1 кг продукції	грн/кг	19,67
Рентабельність виробництва	%	4,5
Додатковий випуск після модернізації	т/рік	2850,0
Орієнтовний економічний ефект від модернізації	тис. грн/рік	2522,0

Висновки за розділом

Проведений розрахунок показує, що модернізація технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи є економічно доцільною. За продуктивності 30 т/добу підприємство може виробляти 8550 т крупи на рік. Річна виручка від реалізації основної та побічної продукції становить близько 175716,0 тис. грн, а орієнтовний прибуток – 7566,4 тис. грн. Додатковий економічний ефект від підвищення продуктивності лінії на 10 т/добу становить приблизно 2522,0 тис. грн/рік, що підтверджує доцільність впровадження запропонованого обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Обґрунтовано актуальність модернізації технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи. Встановлено, що круп'яна промисловість України має достатню сировинну базу, однак потребує технічного оновлення через зношеність обладнання, високі енерговитрати, нестабільну якість зерна та необхідність підвищення ефективності виробництва.

Охарактеризовано пшеницю як основну сировину для виробництва крупи. Визначено, що якість готової продукції залежить від вологості, скловидності, вирівняності, натури зерна, вмісту домішок і співвідношення анатомічних частин зернівки. Для отримання якісної пшеничної крупи необхідно використовувати доброякісне зерно з високим вмістом ендосперму та мінімальною засміченістю.

Проаналізовано діючу технологічну лінію виробництва пшеничної крупи, яка включає очищення зерна, гідротермічну обробку, лушення, шліфування, сортування, аспірацію, магнітний контроль і пакування. Встановлено, що якісне виконання кожної операції впливає на вихід, чистоту, однорідність і товарний вигляд готової продукції.

Основним недоліком існуючої технологічної схеми визначено недостатнє відокремлення гречки татарської, яка погіршує якість крупи та ускладнює подальшу переробку. Для усунення цього недоліку запропоновано встановити перед зволожувальною машиною два повітряні сепаратори А1-БДЗ-12 і два дискові трієри ЗТО-10М.

Очікується, що впровадження запропонованого обладнання забезпечить видалення 85 – 90 % гречки татарської, підвищить чистоту зернової маси, покращить якість готової крупи та збільшить продуктивність лінії до 30 т/добу.

Виконано продуктивний розрахунок модернізованої лінії. Встановлено, що для виробництва 30000 кг пшеничної крупи на добу необхідно переробляти 47619,0 кг зерна пшениці. Річна потреба у сировині за 285 робочих днів становить 13571,4 т. Вихід готової крупи прийнято на рівні 63,0 %, решту становлять кормова мучка, відходи, механічні втрати та усушка.

Проведено перевірочний розрахунок обладнання підготовчого відділення. Встановлено, що прийняті повітряні сепаратори та трієри забезпечують необхідну продуктивність, працюють без перевантаження та відповідають умовам модернізованого технологічного процесу.

Обґрунтовано компонування обладнання у виробничому приміщенні розміром 9×18 м загальною площею 162 м². Комплектний крупоцех займає 48 м², а з урахуванням проходів і зон обслуговування необхідна виробнича площа становить 90 м². Прийнята висота приміщення 9 м забезпечує можливість розміщення обладнання, бункерів, транспортних і аспіраційних комунікацій.

Розроблено елементи системи НАССР для виробництва пшеничної крупи. Визначено біологічні, хімічні та фізичні небезпечні чинники, а також запропоновано чотири критичні контрольні точки: приймання зерна, очищення та каменевідокремлення, магнітний контроль і зберігання готової продукції.

Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища. Розроблено карту безпеки праці оператора цеху, визначено основні небезпечні чинники та запропоновано заходи щодо зниження ризику травмування. Обґрунтовано раціональну утилізацію відходів шляхом сортування, використання кормових побічних продуктів, очищення повітря від пилу та передачі непридатних відходів спеціалізованим організаціям.

Проведено техніко-економічний розрахунок, який підтвердив доцільність модернізації. За продуктивності 30 т/добу підприємство може виробляти 8550 т пшеничної крупи на рік. Орієнтовна річна виручка становить 175716,0 тис. грн, прибуток – 7566,4 тис. грн, а додатковий економічний ефект від підвищення продуктивності на 10 т/добу – близько 2522,0 тис. грн/рік.

Отже, запропонована модернізація технологічної лінії з виробництва пшеничної крупи є технологічно, організаційно та економічно обґрунтованою. Її впровадження дозволяє підвищити якість готової продукції, збільшити продуктивність виробництва, зменшити втрати сировини, покращити умови праці та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
2. Березова О. В. Основи проектування харчових підприємств: навч. посіб. / О. В. Березова. Одеса: ОНАХТ, 2016. 190 с.
3. Зайцев О. В. Проектування об'єктів харчової промисловості: навч. посіб. / О. В. Зайцев. Суми: Університетська книга, 2014. 256 с.
4. Гайдай В. А. Проектування зернопереробних підприємств з основами САПР: навч. посіб. / В. А. Гайдай. Київ: ЦУЛ, 2014. 240 с.
5. Соколов В. П. Проектування підприємств з переробки зерна: навч. посіб. / В. П. Соколов. Київ: Аграрна освіта, 2011. 250 с.
6. Клименко М. О. Проектування підприємств харчової промисловості: навч. посіб. / М. О. Клименко. Київ: Центр учбової літератури, 2011. 400 с.
7. Федоров В. Г. Основи проектування харчових підприємств / В. Г. Федоров, Ю. М. Лузан. Київ: Вища школа, 2005. 280 с.
8. Денисенко С. О. Технологія круп'яного виробництва: підручник / С. О. Денисенко, П. Г. Демидчук. Київ: НУХТ, 2010. 320 с.
9. Вершиняк В. М. Технологічне обладнання зернопереробних підприємств: підручник / В. М. Вершиняк. Вінниця: ВНТУ, 2015. 312 с.
10. Соколов В. П. Обладнання підприємств з переробки зерна: навч. посіб. / В. П. Соколов, М. С. Гапонюк. Київ: Аграрна освіта, 2010. 380 с.
11. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
12. Бурдо О. Г. Інноваційні технології переробки зернової сировини: навч. посіб. / О. Г. Бурдо. Одеса: Поліграф, 2013. 244 с.
13. Кобець, А. С., Сокол, С. П., Пугач, А. М., Чурсінов, Ю. О., Півоваров (2022). Землеробська механіка. Т. 4. Інноваційні технології харчових виробництв.

14. ДБН В.2.2-8:2025. Підприємства, будівлі і споруди для зберігання та переробки зерна. Основні положення. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2025.
15. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2018, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
16. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
17. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
18. ДСТУ 7699:2015. Крупи пшеничні. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
19. ISO 7970:2021. Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) – Specifications. Geneva: International Organization for Standardization, 2021.
20. ISO 6644:2002. Flowing Cereals and Milled Cereal Products – Automatic Sampling by Mechanical Means. Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
21. Правила проектування та налагодження аспіраційних установок підприємств зі зберігання та переробки зерна. Одеса – Київ, 2014.
22. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 771/97-ВР.
23. НАПБ Б.03.008-2004. Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій агропромислового комплексу України.
24. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., ... & Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions.
25. Милованов, Є. В., & Коняшин, А. В. (2019). Особливості розвитку ринку органічних круп в Україні. Наукові праці Національного університету харчових технологій, (25, № 1), 73 – 83.

26. Ковальова, О. С. (2022, December). Інноваційна технологія виробництва гречаної крупи. In The 14th International scientific and practical conference «Modern stages of scientific research development» (December 27-30, 2022) Prague, Czech Republic. International Science Group (pp. 453 – 460).
27. Осокіна, Н. М., & Костецька, К. В. (2014). Порівняльна оцінка круп'яних властивостей зерна ярих пшениці, тритикале та ячменю. Вісник Уманського національного університету садівництва, (1), 78 – 83.
28. Чурсінов, Ю. О., Півоваров, О. А., & Ковальова, О. С. (2015). Особливості виробництва круп із солоду. Техніка, енергетика, транспорт АПК, (1), 91 – 97.
29. Ковальова, О. С. (2024). Інноваційна технологія виробництва рисових круп з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів. In VII International scientific and practical conference «Scientific Research: Theoretical Foundations and Practical Applications»(January 24-26, 2024) Vienna, Austria, International Scientific Unity. 2024. 596 p. (p. 147).
30. Ткаченко, А., Губа, Л., & Моторна, А. (2021). Дослідження асортименту та показників якості і безпечності круп. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки», (1), 60 – 66.