

**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:

**Удосконалення технологічної лінії з первинної
обробки зерна кукурудзи**

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

_____ Єгор ГАРШИН

Керівник: _____ Вікторія КАЛИНА

Рецензент: _____

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**

Гаршину Єгору Костянтиновичу

1. Тема роботи: «Удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, 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. Звітна документація та результати виробничої діяльності хлібоприймального підприємства. 2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація. 3. Літературні джерела.

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 та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Відомості про підприємство. 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
1-5	Доцентка Вікторія КАЛИНА	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	01.05-03.05.26	виконано
2	Загальна частина	04.05-06.05.26	виконано
3	Технологічна частина	07.05-13.05.26	виконано
4	Проектна частина	14.05-28.05.26	виконано
5	Охорона праці та довкілля	29.05-30.05.26	виконано
6	Впровадження елементів системи НАССР	31.05-01.06.26	
7	Організаційно-економічна частина	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	05.06-08.06.26	виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Єгор ГАРШИН

Керівник роботи

(підпис)

Вікторія КАЛИНА

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи»

Кваліфікаційна робота: 72 сторінки, 9 рисунків, 6 таблиць, 0 додатків, 30 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є технологічний процес первинної обробки зернової маси кукурудзи.

Предметом досліджень є технологічні та конструктивні рішення щодо підвищення ефективності первинної обробки зернової маси кукурудзи, зокрема повітряно-ситової сепарації, шляхом зменшення навантаження на діючий сепаратор.

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості роботи повітряно-ситового сепаратора в лінії первинної обробки кукурудзи шляхом обґрунтування та встановлення додаткового скальператора.

Головною причиною низької ефективності післязбиральної обробки кукурудзи є високий вміст грубих та великих домішок у зерновій масі, що надходить від комбайна, а також підвищене навантаження на основне очисне обладнання. Рівень засміченості зернової маси кукурудзи великими домішками (залишками качанів, стебел та соломи) нерідко досягає критичних меж, що призводить до швидкого забивання робочих органів повітряно-ситових сепараторів. Чим вища концентрація таких домішок у вихідній масі, тим суттєвіше знижується якість фінального очищення та продуктивність лінії. Установлено, що перевантаження повітряно-ситового сепаратора неочищеною зерновою масою знижує його технологічну ефективність на 15 – 30 %, а також призводить до втрат кондиційного зерна через винесення його у відходи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Зерно кукурудзи, технологічна лінія, первинна обробка зернової маси, сепарування, повітряно-ситовий сепаратор, скальператор, удосконалення, ефективність, крупні домішки.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика зернової маси, що надходить на післязбиральну обробку	9
1.2 Удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи	17
Висновки за розділом	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1 Опис діючої технологічної схеми	20
2.2 Біологічне та технологічне обґрунтування вибору технології післязбиральної обробки зерна кукурудзи	22
2.3 Пропозиції щодо удосконалення технологічної лінії	24
2.4 Огляд сучасного обладнання для попереднього очищення зерна	25
2.5 Визначення прийнятої технологічної схеми первинної обробки зерна кукурудзи та її характеристика	32
Висновки за розділом	34
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	35
3.1 Технологічний розрахунок кількості обладнання	35
3.2 Коротка характеристика технологічного обладнання удосконаленої лінії	41
3.3 Розрахунок площі та компонування обладнання основних виробничих приміщень	47
Висновки за розділом	50
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР	51
Висновки за розділом	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54
5.1 Розробка карти безпеки праці	54
5.2 Утилізація відходів виробництва	55

Висновки за розділом	56
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	57
Висновки за розділом	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЯ	70

ВСТУП

Сучасний розвиток елеваторної галузі спрямований на задоволення зростаючих потреб зернопереробних підприємств у формуванні однорідних товарних партій зерна, що є необхідною умовою для виробництва продукції високої якості та конкурентоспроможності [1, 2].

Одним із пріоритетних напрямів розвитку галузі є технічна модернізація елеваторних підприємств, яка передбачає впровадження високопродуктивного технологічного та транспортного обладнання, застосування інноваційних технологічних рішень, а також автоматизованих систем керування виробничими процесами на основі сучасних мікропроцесорних технологій. Реалізація зазначених заходів потребує оновлення існуючих технологічних ліній елеваторів і зерносховищ шляхом їх оснащення сучасними ефективними технічними засобами. Для забезпечення якісного приймання зерна та формування партій відповідно до напрямів їх подальшого використання важливим завданням є розроблення та впровадження швидкодіючих методів контролю показників якості зернової сировини [3, 4].

Раціональне використання зернових ресурсів вимагає вдосконалення технологій фракціонування та сепарування зерна різних культур залежно від його цільового призначення. Використання таких технологій сприятиме комплексній переробці сировини та мінімізації відходів виробництва. Крім того, актуальним залишається питання заміни фізично і морально застарілого зерноочисного обладнання на сучасні високоефективні машини, що характеризуються підвищеною надійністю та продуктивністю [6, 7].

Зменшення втрат зерна під час зберігання є одним із ключових завдань елеваторної промисловості. У зв'язку з цим особливого значення набуває впровадження екологічно безпечних і високоефективних методів захисту зернових запасів від шкідників. Перспективним напрямом є застосування сучасних технологій дезінсекції, які забезпечують ефективне знищення комах-шкідників без негативного впливу на здоров'я людей, тварин та навколишнє середовище [8].

Технологічне обладнання, що використовується на зернопереробних підприємствах, у процесі експлуатації піддається фізичному зношуванню та моральному старінню, що негативно впливає на ефективність виробництва. Тому важливим завданням для України є подальший розвиток зернопереробної галузі шляхом впровадження сучасних технічних засобів, здатних забезпечити випуск високоякісної продукції для потреб населення [3, 9].

Ефективність функціонування підприємств значною мірою визначається рівнем організації технологічних процесів і професійною підготовкою персоналу. Підвищення результативності роботи зернопереробних підприємств можливе за рахунок розвитку матеріально-технічної бази для приймання, оброблення та зберігання зерна. Водночас спорудження нових виробничих об'єктів потребує значних фінансових ресурсів, що в сучасних економічних умовах є складним завданням. Зважаючи на це, більшість діючих підприємств обирають шлях реконструкції та модернізації виробничих потужностей, впроваджуючи сучасні технології та вдосконалені технологічні лінії для підвищення ефективності виробництва. [4, 9, 10].

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика зернової маси, що надходить на післязбиральну обробку

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур, яка широко використовується для продовольчих, кормових цілей та технічних потреб. Висока врожайність, значний вміст крохмалю та енергетична цінність зерна зумовлюють постійне зростання обсягів її виробництва. Разом із тим ефективне використання вирощеного врожаю значною мірою залежить від своєчасної та якісної післязбиральної обробки зерна [1, 11].

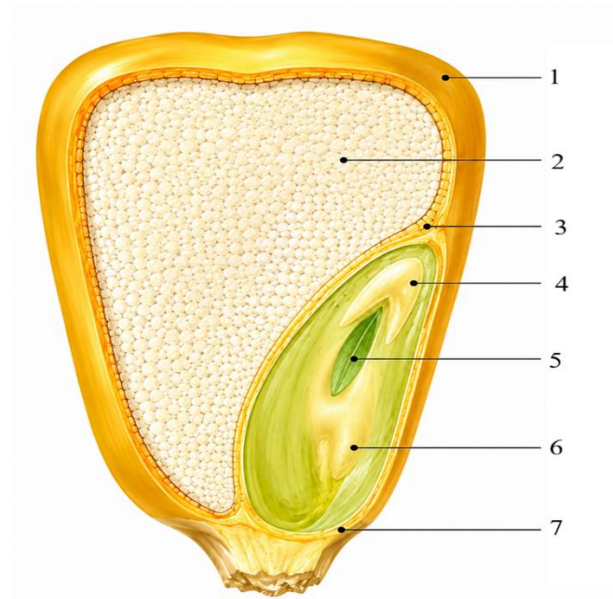


Рис. 1.1 Схема будови зернівки кукурудзи

- 1 – навколоплідник; 2 – ендосперм; 3 – алейроновий шар;
4 – сім'ядоля(щиток); 5 – зародковий пагін; 6 – зародковий корінець;
7 – підсім'ядове коліно

Зерно кукурудзи складається з плодової та насіннєвої оболонки, ендосперму і зародка. Характерною особливістю зернівки є відносно велика частка зародка, яка може досягати 15 % її маси, а також підвищений вміст оболонкових тканин. Ці анатомічні особливості істотно впливають на процеси зберігання та післязбиральної обробки кукурудзи і повинні враховуватися під час вибору технологічних режимів.

Фізичні властивості зерна кукурудзи характеризуються значною варіативністю залежно від сорту, ступеня стиглості та вологості. Натурна маса зерна зазвичай становить від 680 до 820 г/л. Показники сипкості визначаються розмірами зернівок, їхньою формою та вологістю. Кут природного укусу знаходиться в межах $30 - 40^\circ$, а шпаруватість зернової маси може змінюватися від 35 до 55 %. Маса 1000 зерен, залежно від ботанічних та сортових особливостей, становить 500 – 1100 г.

Харчова та технологічна цінність кукурудзи обумовлюється її біохімічним складом. У зерні міститься значна кількість вуглеводів, представлених переважно крохмалем, частка якого залежно від сорту може становити 45,2 – 60,0 %. Вміст білкових речовин перебуває в межах 12,3 – 13,8 %, жирів – 7,9 – 14,4 %, цукрів – 1,74 – 8,0 %, а мінеральних речовин (у перерахунку на золу) – 1,28 – 1,37 %. Саме співвідношення основних компонентів хімічного складу визначає кормову, продовольчу та технічну цінність зерна кукурудзи [1, 15].

Білкові речовини зерна кукурудзи характеризуються нижчою біологічною цінністю порівняно з білками більшості інших зернових культур, що обумовлено їхнім амінокислотним складом. Основна частина білків, жирів і цукрів зосереджена в зародку зернівки, тоді як переважна кількість крохмалю локалізована в ендоспермі.

Однією з характерних особливостей кукурудзи як об'єкта зберігання є підвищена вологість зерна в момент надходження на зерноприймальні та зернопереробні підприємства. Крім того, зернова маса відзначається значною нерівномірністю розподілу вологи як між окремими качанами, так і в межах одного качана. Найбільшу вологість зазвичай мають зернівки, розташовані біля основи та верхівки качана, що необхідно враховувати під час вибору режимів сушіння та зберігання. Зерно кукурудзи належить до голозерних неплівчастих культур. Середня маса однієї зернівки становить 0,2 – 0,3 г, а маса 1000 зерен коливається в межах 200 – 300 г. Анатомічна будова зернівки характеризується наявністю добре розвинених плодових оболонок, які вкривають її зовнішню поверхню. Плодові оболонки утворені 12 – 14 шарами клітин, мають товщину до 0,3 мм і становлять близько 5,5 – 7,0 % маси зернівки.

Під плодовими оболонками розміщуються насіннєві оболонки, сформовані двома шарами клітин. Їхня частка в загальній масі зерна становить приблизно 2 %. Плодові та насіннєві оболонки переважно мають світле забарвлення – від білого до світло-жовтого. Вони характеризуються високим вмістом клітковини та пентозанів, хоча містять відносно невелику кількість мінеральних речовин.

Безпосередньо під насіннєвими оболонками знаходиться алеїроновий шар, який складається з одного ряду клітин і охоплює майже всю поверхню зернівки, за винятком зародка. Частка алеїронового шару становить близько 6 – 8 % маси зерна. Він є цінним джерелом білків, жирів, клітковини та мінеральних елементів.

У нижній частині зернівки розташований зародок, який глибоко проникає в ендосперм і займає від 8 до 15 % її маси. Зародок характеризується підвищеним вмістом ліпідів (у середньому 30 – 35 %), значною кількістю білкових речовин, цукрів та вітамінів. Основа зернівки, за допомогою якої вона прикріплюється до стрижня качана, становить близько 1,5 % її маси [1, 4, 11].

Ендосперм є основною складовою зернівки кукурудзи і в середньому становить близько 70 % її маси. Залежно від сорту та біологічних особливостей він може мати біле або жовте забарвлення та характеризуватися різним співвідношенням борошністої і склоподібної частин. Склоподібність ендосперму визначається переважно формою крохмальних гранул і щільністю їх розміщення в тканині зерна, а не кількістю білкових речовин. За хімічним складом ендосперм є основним джерелом крохмалю, вміст якого перевищує 80 %, тоді як частка білків, жирів, клітковини та мінеральних речовин є значно меншою.

Зерно кукурудзи характеризується високою концентрацією вуглеводів, серед яких переважає крохмаль. Його вміст залежно від сорту та умов вирощування коливається в межах 60 – 68 %. Завдяки значній кількості крохмалю кукурудза широко використовується як сировина для виробництва крохмалепродуктів, етилового спирту та інших продуктів глибокої переробки. Вміст білкових речовин у зерні становить у середньому близько 10 % і може змінюватися від 8 до 12 %. Основними фракціями білків є проламіни та

глютеліни. Білки кукурудзи відзначаються низькою здатністю до набухання, не формують клейковину та мають недостатню збалансованість за окремими незамінними амінокислотами.

Крім крохмалю та білків, до складу зерна входять жири, цукри, пентозани, клітковина та мінеральні речовини. Вміст жиру становить близько 6 %, причому його основна частина локалізована в зародку. Частка цукрів перебуває в межах 1,5 – 2,0 %, пентозанів – 6 – 8 %, мінеральних речовин – близько 2 %, а клітковини – 2,0 – 2,5 %. Вітамінний склад зерна також має важливе значення для його харчової цінності. Зокрема, у білозерних форм кукурудзи відзначається порівняно низький вміст вітаміну РР (ніадину), що необхідно враховувати під час формування харчових раціонів.

Висока гігроскопічність зародка є однією з важливих особливостей зерна кукурудзи як об'єкта зберігання. Завдяки значному вмісту жирів, білків та інших біологічно активних речовин зародок швидко поглинає вологу з навколишнього середовища. Підвищення його вологості активізує перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів, що може негативно позначатися на стійкості зерна під час зберігання.

Інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у зерновій масі кукурудзи визначається життєдіяльністю самого зерна, розвитком мікроорганізмів та активністю шкідників запасів. За однакових умов зберігання зерно кукурудзи характеризується вищою інтенсивністю дихання порівняно із зерном більшості колосових культур. У процесі дихання відбувається витрачання сухих речовин, що призводить до зменшення маси зерна. Одночасно виділяється теплота, накопичення якої може спричиняти розвиток процесів самозігрівання та погіршення якості продукції.

Мікробіологічний склад свіжозібраного зерна кукурудзи має свої особливості та характеризується переважанням пліснявих грибів. Найбільшу небезпеку під час зберігання становлять представники родів *Aspergillus* та *Penicillium*, які активно розвиваються за підвищеної вологості та температури. Насамперед ураження поширюється на зародок зернівки, багатий на поживні речовини. Навіть короткочасне зберігання кукурудзи в умовах розвитку

пліснявої мікрофлори може призвести до суттєвого зниження її технологічних та харчових властивостей.

Зернова маса кукурудзи, що надходить на післязбиральну обробку, складається з основного зерна, зернової та смітної домішок. Наявність домішок різного походження погіршує технологічні властивості зернової маси, ускладнює її очищення, сушіння та зберігання, а також впливає на якість кінцевої продукції.

До зернової домішки відносять пошкоджені та неповноцінні зерна кукурудзи, зокрема биті, щуплі, деформовані, пророслі, недозрілі, морозобійні, уражені хворобами або пошкоджені шкідниками зернівки. Наявність таких компонентів негативно впливає на якість партії зерна та знижує її технологічну цінність.

Смітна домішка представлена мінеральними, органічними та шкідливими включеннями. До неї належать частинки ґрунту, пісок, камінці, рослинні рештки, насіння бур'янів, залишки шкідників та інші сторонні компоненти. Окрему групу становить зіпсоване зерно з істотно пошкодженим ендоспермом, яке втратило свої технологічні властивості.

Основне зерно кукурудзи включає повноцінні цілі та частково пошкоджені зернівки, що не відповідають критеріям зернової або смітної домішки. До його складу також можуть входити окремі фракції битого зерна встановлених розмірів, які відповідають вимогам нормативної документації.

Відповідно до чинних стандартів допускається приймання зерна кукурудзи з відхиленнями за вологістю та вмістом домішок від базових норм за умови погодження між учасниками ринку та подальшого доведення показників якості до встановлених вимог під час післязбиральної обробки [5].

Зернова маса, що надходить з поля на зерноприймальні підприємства, являє собою складну багатокомпонентну систему. Крім основного зерна кукурудзи, вона містить домішки органічного та мінерального походження, насіння бур'янів, рослинні рештки, биті та пошкоджені зернівки, а також різноманітні мікроорганізми. Кількісний і якісний склад зернової маси залежить

від сорту або гібриду кукурудзи, агротехнічних умов вирощування, погодних факторів та способу збирання врожаю [3].

Особливістю зерна кукурудзи під час збирання є підвищена вологість, яка може становити від 18 до 35 % і більше. Висока вологість сприяє інтенсивному розвитку мікрофлори, процесам самозігрівання та погіршенню якісних показників зерна. Тому першочерговим завданням післязбиральної обробки є швидке зниження вологості до рівня, безпечного для тривалого зберігання [12, 13].

Важливою характеристикою зернової маси є її засміченість. Домішки знижують сипкість матеріалу, погіршують роботу транспортного обладнання, збільшують витрати енергії на сушіння та можуть бути джерелом додаткової вологи. Наявність дрібних органічних домішок підвищує ризик самозігрівання зернової маси та розвитку шкідливої мікрофлори [3, 14].

Фізико-механічні властивості зерна кукурудзи мають суттєве значення для вибору режимів післязбиральної обробки. До основних показників належать натурна маса, крупність зерна, аеродинамічні характеристики, кут природного укусу, коефіцієнт тертя та міцність зернівок. Знання цих параметрів дає можливість обґрунтовано підбирати технологічне обладнання для очищення, транспортування, сушіння та зберігання зерна [15].

Отже, зернова маса кукурудзи, що надходить на післязбиральну обробку, характеризується неоднорідністю складу, підвищеною вологістю та наявністю різноманітних домішок, що обумовлює необхідність застосування ефективних технологічних рішень для забезпечення її якісної підготовки до зберігання та подальшої переробки [1, 14].

На даному хлібоприймальному підприємстві приймають на зберігання зерно кукурудзи п подальшим його зберіганням та відвантаженням на переробку. В подальшому з нього виготовляють крупу і борошно. Тому, під час закладання кукурудзи на зберігання дотримуються вимог до зерна кукурудзи згідно ДСТУ-4525:2006. Згідно даного стандарту показники якості мають бути наступними: типовий склад – від I до VIII типу; вологість – не більше 15,0 %; вологість після сушіння – не менше 13 %; вміст зернової домішки – не більше 7 %, в т.ч. пророслих зерен – не більше 2 %, пошкоджених – не більше 1 %, зерна та насіння культурних рослин, що можуть відноситися до зернової домішки – не дозволяється. Смітної домішки має бути не більше 2 %, в тому числі: зіпсованих зерен кукурудзи – не більше 1 %, мінеральної домішки вміст – до 0,3 %, шкідливої домішки – до 0,2 %(в т.ч. гірчаку повзучого та в'язелю кольорового – не більше 0,1 %, а сажки і ріжок -не більше, ніж 0,15 %, геліотропу опушеноплідного та триходесми сивої, а також рицини і амброзії – не дозволено взагалі. Що стосується крупності зерна та схожості зерна – для даних цілей не визначається. Зараженість шкідниками хлібних запасів не дозволяється. Окрім зараженості, не вище 1 ступеня, кліщем.

За потреби зерно кукурудзи з підприємства може бути відпущено на кормові цілі, зокрема і тоді, коли необхідна утилізація некондиційного зерна чи зерна, яке залишається після зачистки складських приміщень. Тоді технологи підприємства керуються вимогами цього ж стандарту, але норм і вимог до зерна кукурудзи, як такого, що відправляється на кормові цілі. Вимоги до такого зерна наступні: за типовим складом – I – IX типів; вологість не більше, ніж 15,0 %, а після примусового сушіння – не менше 13,0 %. Зернової домішки допускається не більше за 15,0 %, в тому числі: пророслого – не більше 5 %; пошкодженого – в межах загальної кількості зернової домішки; зерен інших зернових культур – до 2,0 % включно. Смітної домішки – не більше 5 %, в т.ч. мінеральної – не більше 1,0 %, зіпсованих – не більше 1,0%, а шкідливої – до 0,2%. Вміст сажки і ріжок може бути до 0,15 %, гірчаку і в'язелю – до 0,1 %, триходесми, геліотропу, а також насіння амброзії та рицини -не дозволяється. Крупність і схожість – не обмежується, а зараженість не дозволено, окрім кліщем не вище 1 ступеня.

Зерно кукурудзи незалежно від категорії якості повинно відповідати встановленим нормативним вимогам. Воно не повинно мати ознак самозігрівання, псування або пошкодження внаслідок порушення режимів сушіння. Для якісного зерна характерними є природний запах здорової сировини без сторонніх відтінків (затхлого, пліснявого, солодового тощо) та типовий для відповідного ботанічного різновиду колір.

Заготівля кукурудзи на даному підприємстві здійснюється вигляді зерна. Інколи зернова маса при надходженні може містити уламки качанів та частинки їх обгорткових листків, а також частки стебел. Це може відбуватися через певні поломки техніки при зборі урожаю, але вміст із таких компонентів не повинен перевищувати нормативно встановлених значень.

Для кукурудзи, що надходить на заготівельні та зернопереробні підприємства, встановлено базисні та гранично допустимі показники якості. Сучасні технології вирощування та збирання передбачають переважно механізоване збирання качанів із одночасним обмолотом зерна, що сприяє скороченню виробничих витрат та підвищенню продуктивності збиральних робіт.

Під час розміщення зерна на зберігання основними критеріями оцінювання його стану є вологість і засміченість. Для зерна кукурудзи виділяють чотири групи за вологістю: сухим вважають зерно – до 14 – 14,5 % включно, середнє по сухості – від 14,6 до 15,5 %, вологим є – від 15,6 до 17,1 %, сирим є зерно кукурудзи із вмістом води понад 17,1 %. За ступенем засміченості зернову масу поділяють на чисту, середньої чистоти та засмічену. До чистої належить кукурудза із загальним вмістом домішок не більше 1 %, до середньої чистоти – від 1 до 3 %, а до засміченої – понад 3 %. Від кількості домішок значною мірою залежать умови зберігання, режими очищення та ефективність подальшої технологічної обробки зерна.

Зерно кукурудзи зберігають переважно в підлогових складах або силосних ємностях. Допустима висота насипу визначається його вологістю та технічним станом зернозберігання. Для сухого зерна висота насипу обмежується конструктивними особливостями складу. За вологості 15,5 – 17 % висота насипу

не повинна перевищувати 2 м, при вологості 17 – 19 % - 1,5 м, а для зерна з вологістю понад 19 % рекомендується зменшувати висоту насипу до 1 м для запобігання самозігріванню.

Після обмолоту кукурудзу піддають очищенню на повітряно-ситових сепараторах, призначених для видалення великих домішок, частинок стрижнів качанів та квіткових оболонок. Для очищення середньозернових сортів використовують сита з круглими отворами діаметром 4,5 – 5,0 мм, тоді як для дрібнозернових форм застосовують сита з отворами 3,5 – 4,0 мм.

Домішки, що проходять крізь підсівні сита, представлені переважно дрібними, щуплими, битими та подрібненими зернами. Остаточне виділення легких неповноцінних фракцій здійснюється в аспіраційних або пневмосепарувальних каналах. Ефективне відокремлення щуплого та пошкодженого зерна забезпечується за швидкості повітряного потоку в межах 8 – 9 м/с, що дозволяє підвищити якість очищення та підготувати зерно до подальшого сушіння або зберігання [3, 5, 6, 11].

1.2 Удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи

Післязбиральна обробка зерна кукурудзи є одним із найбільш відповідальних етапів технологічного процесу, від якого залежить збереження кількісних та якісних показників урожаю. Основними операціями технологічної лінії є приймання зерна, попереднє очищення, тимчасове накопичення, сушіння, первинне та вторинне очищення, охолодження і закладання на зберігання [4].

На більшості вітчизняних зернопереробних підприємств експлуатується обладнання, значна частина якого морально та фізично застаріла. Це призводить до підвищених енерговитрат, зниження продуктивності, збільшення втрат зерна та погіршення якості готової продукції. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває модернізація технологічних ліній післязбиральної обробки кукурудзи [15].

Одним із перспективних напрямів удосконалення є впровадження високопродуктивних зерноочисних машин, які забезпечують ефективне видалення домішок різного походження при мінімальному травмуванні зерна. Використання сучасних сепараторів дозволяє підвищити якість очищення, знизити навантаження на сушильне обладнання та скоротити витрати енергоресурсів [6].

Важливе значення має вдосконалення процесу сушіння зерна. Сучасні зерносушарки характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії, автоматичним регулюванням температурних режимів і можливістю використання альтернативних джерел енергії. Оптимізація режимів сушіння сприяє зменшенню пошкодження зерна, збереженню його технологічних властивостей та скороченню витрат палива [12, 17].

Перспективним напрямом розвитку є автоматизація виробничих процесів. Застосування автоматизованих систем контролю та управління дозволяє здійснювати безперервний моніторинг параметрів роботи обладнання, контролювати вологість зерна, температуру сушильного агента, продуктивність транспортних механізмів та інші технологічні показники. Це сприяє підвищенню надійності роботи технологічної лінії та зменшенню впливу людського фактору [18].

Суттєвим резервом підвищення ефективності є удосконалення транспортних систем підприємства. Використання сучасних норій, скребкових і стрічкових конвеєрів із підвищеною продуктивністю дозволяє скоротити втрати зерна та забезпечити безперервність технологічного процесу [19].

Отже, основними напрямками удосконалення технологічних ліній післязбиральної обробки зерна кукурудзи є модернізація зерноочисного обладнання, оптимізація процесів сушіння, впровадження автоматизованих систем керування та підвищення ефективності транспортних операцій. Водночас значна частина підприємств України продовжує експлуатувати застаріле обладнання, що зумовлює необхідність подальшого вдосконалення технологічних ліній та впровадження сучасних технічних рішень. Реалізація зазначених заходів забезпечує підвищення продуктивності підприємства,

зменшення експлуатаційних витрат і покращення якості підготовки зерна до зберігання та подальшої переробки [17, 18, 20, 21].

Висновки за розділом

Аналіз особливостей зернової маси кукурудзи показав, що вона характеризується підвищеною вологістю, наявністю значної кількості домішок та неоднорідністю фізико-механічних властивостей, що обумовлює необхідність проведення комплексу післязбиральних операцій. Дослідження сучасного стану технологічних ліній післязбиральної обробки свідчить про доцільність їх удосконалення шляхом модернізації обладнання, впровадження енергоощадних технологій та автоматизованих систем управління.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис діючої технологічної схеми

На даному хлібоприймальному підприємстві діє стандартна технологічна схема приймання, обробки та зберігання зерна. Діюча технологічна схема приймання зерна і первинної його обробки наведена на рисунку 2.1.

Технологічний процес приймання та первинної обробки зерна кукурудзи починається з відбору проб зерна для лабораторного аналізу. Далі іде зважування партії зерна на автомобільних вагах коромислового типу.

Після зважування та встановлення якості партії зерна у ВТЛ та визначення подальшого обробітку та розміщення зернової маси, розвантаження автомобіля здійснюється на автомобільному розвантажувачі. Під час розвантаження зерно потрапляє у приймальний бункер 3, далі, за допомогою приймального транспортера 2 – на норію №1. За допомогою норії зерно подається в робочу башту, звідки по самопливним трубам направляється на ковшові ваги 4 для проміжного контролю зважування. Після проміжного зважування, за допомогою самопливних труб зерно кукурудзи подається на норію №2. Далі зерно через розподільну трубу 5 подається на надсепараторний бункер 6 для накопичення, щоб забезпечити безперебійну роботу сепаратора. Також є можливість відразу ж направити на зберігання або відвантаження, якщо якість зернової маси відповідає вимогам ДСТУ.

Із надсепараторного 6 бункера зерно кукурудзи направляється на очищення до сепаратора А1-БСХ-100. Під час очищення від зерна кукурудзи відокремлюються різного роду домішки та биті зерна, які направляються до бункеру відходів, а очищене зерно просипається у підсепараторний бункер 8.

З бункера 8 за допомогою самопливних труб зерно подається на норію № 2, з якої потім по розподільній трубі потрапляє на стрічковий скидний конвеєр до складу на подальше його зберігання.

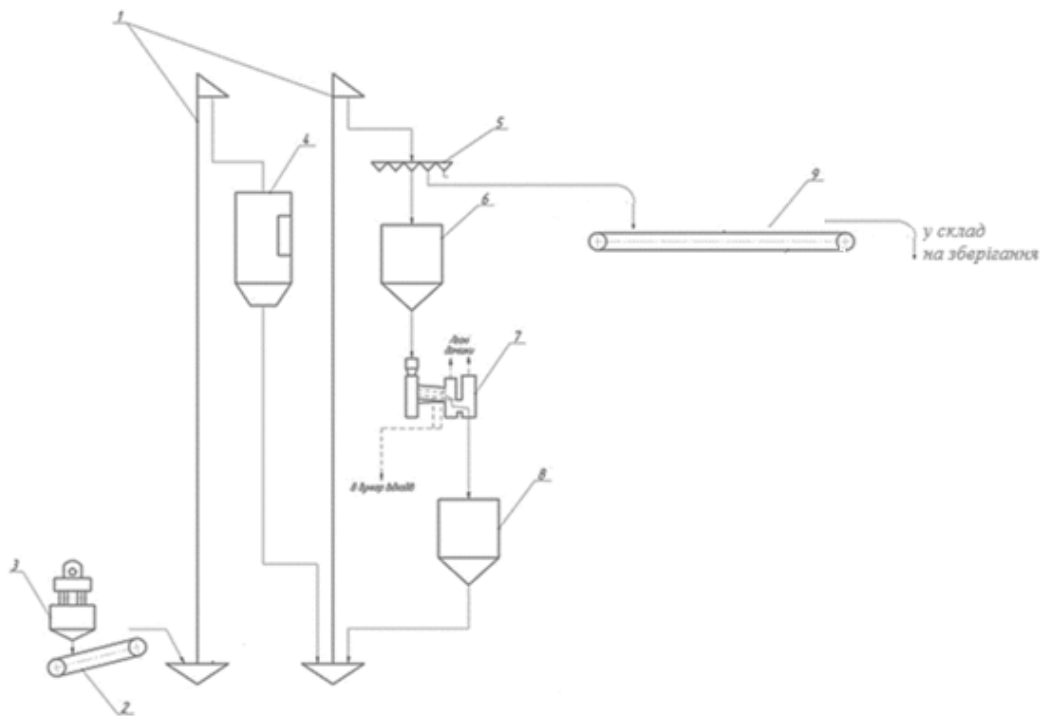


Рисунок 2.1 – Технологічна схема лінії первинної обробки зерна кукурудзи

- 1 – норія; 2 – приймальний транспортер; 3 – бункер приймальний;
 4 – ваги; 5 – розподільна труба; 6 – бункер над сепараторний;
 7 – повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100; 8 – бункер під сепараторний;
 9 – конвеєр стрічковий скидний

Суттєвим недоліком у роботі представленої технологічної лінії є відсутність обладнання для попереднього очищення зернової маси, яка при надходженні на підприємство проходить очищення лише на повітряно-ситовій машині А1-БСХ-100, а це досить сильно знижує ефективність його роботи, оскільки найважливішим завданням такої технологічної операції, як первинна обробка зерна кукурудзи на будь-якому хлібоприймальному та іншому заготівельному або зернопереробному підприємстві є відокремлення від зернової маси різного роду домішок та битих зерен з метою покращення його збереженості та товарних характеристик.

2.2 Біологічне та технологічне обґрунтування вибору технології післязбиральної обробки зерна кукурудзи

Однією з найважливіших умов збереження врожаю кукурудзи є своєчасна та ефективна післязбиральна обробка зерна. Необхідність проведення комплексу технологічних операцій обумовлена біологічними особливостями зерна та специфічними властивостями зернової маси, які безпосередньо впливають на її стійкість під час зберігання. Від правильності організації післязбиральної обробки значною мірою залежить рівень втрат продукції, якість зерна та економічна ефективність роботи підприємства.

Зерно кукурудзи після збирання являє собою біологічно активний матеріал, у якому продовжуються процеси обміну речовин. Навіть після відокремлення від материнської рослини зернівки залишаються живими організмами, здатними до дихання та інших фізіологічних процесів. Інтенсивність цих процесів визначається насамперед вологістю зерна, температурою навколишнього середовища та доступом повітря. За несприятливих умов зберігання це може призводити до підвищення температури зернової маси, розвитку мікрофлори та втрати технологічних властивостей продукції.

Особливістю кукурудзи є те, що під час збирання її зерно часто має вологість, вищу за нормативні показники, необхідні для безпечного зберігання. Крім того, окремі зернівки в межах однієї партії можуть істотно відрізнятися за вологістю, ступенем стиглості та механічними пошкодженнями. Така неоднорідність зернової маси ускладнює технологічний процес і вимагає застосування спеціальних заходів щодо її підготовки до зберігання.

Суттєвий вплив на вибір технології післязбиральної обробки мають морфологічні особливості зернівки кукурудзи. Значна частка зародка та підвищений вміст жиру зумовлюють високу інтенсивність дихання і чутливість зерна до змін температурно-вологісного режиму. Внаслідок цього кукурудза є менш стійкою до тривалого зберігання порівняно з багатьма іншими зерновими

культурами і потребує оперативного очищення та сушіння після надходження на підприємство.

Поряд із зерном до складу зернової маси входять різноманітні домішки, кількість і склад яких залежать від умов вирощування, способу збирання та транспортування врожаю. Наявність рослинних решток, насіння бур'янів, частинок ґрунту та пошкоджених зерен негативно впливає на якість продукції. Домішки характеризуються підвищеною вологістю та біологічною активністю, що сприяє розвитку небажаних мікробіологічних процесів. Саме тому очищення є обов'язковим етапом технологічної схеми післязбиральної обробки.

Вибір способів очищення визначається фізико-механічними властивостями зерна та домішок. Для їх розділення використовують відмінності за геометричними розмірами, формою, густиною, аеродинамічними характеристиками та іншими показниками. Найбільш поширеним рішенням є застосування повітряно-ситових сепараторів, які забезпечують ефективне видалення як крупних, так і дрібних домішок при мінімальному пошкодженні зерна.

Враховуючи високу початкову вологість кукурудзи, визначальне місце в технологічному процесі займає сушіння. Його основним завданням є доведення вологості зерна до рівня, який забезпечує стабільність під час подальшого зберігання. Рационально підібрані режими сушіння дозволяють не лише знизити вологість, а й зберегти структуру ендосперму, зменшити кількість тріщин у зернівках та запобігти погіршенню їх технологічних показників.

Після завершення сушіння зерно потребує охолодження, оскільки підвищена температура може спричиняти повторну активізацію фізіологічних процесів. Охолодження сприяє стабілізації стану зернової маси та створює сприятливі умови для її тривалого зберігання. Для остаточного доведення показників якості до нормативних вимог застосовують додаткове очищення та сортування зерна.

З урахуванням біологічних властивостей кукурудзи та особливостей її післязбирального стану найбільш раціональною є технологічна схема, яка передбачає послідовне виконання операцій приймання, попереднього очищення,

сушіння, охолодження, повторного очищення та розміщення зерна на зберігання. Такий підхід забезпечує підвищення збереженості врожаю, зниження виробничих втрат та формування однорідних партій зерна, придатних для подальшого використання за призначенням.

Отже, біологічні особливості зерна кукурудзи, його висока початкова вологість, неоднорідність зернової маси та наявність домішок є визначальними чинниками під час вибору технології післязбиральної обробки. Комплексне застосування операцій очищення, сушіння, охолодження та сортування дозволяє забезпечити належний рівень якості зерна та підвищити ефективність функціонування технологічної лінії первинної обробки.

2.3 Пропозиції щодо удосконалення технологічної лінії

З метою підвищення продуктивності та ефективності функціонування зерноочисного обладнання запропоновано модернізацію технологічної лінії шляхом встановлення скальператора. Використання даної машини на початковому етапі очищення дасть змогу проводити попереднє видалення грубих домішок із зернової маси кукурудзи, зокрема рослинних решток, частин стебел і залишків качанів. Подальше очищення зернової маси на основному етапі буде спрямоване на відокремлення дрібних домішок та пошкоджених зерен.

Запропоноване технічне рішення забезпечить часткове зменшення навантаження на основний сепаратор А1-БСХ-100, що сприятиме підвищенню ефективності його роботи, зниженню інтенсивності зношування робочих органів, зокрема решіт, а також подовженню строку їх експлуатації. Крім того, очікується збільшення річної продуктивності технологічної лінії орієнтовно на 3000 т зерна.

Для впровадження запропонованого удосконалення на першому етапі проведемо огляд і аналіз сучасного обладнання, призначеного для попереднього очищення зерна, та визначимо його технологічні та експлуатаційні переваги.

2.4 Огляд сучасного обладнання для попереднього очищення зерна

Розглянемо сепаратор СППЗ-100 (рис. 2.2), який призначений для попереднього очищення зерна призначений для видалення домішок із зернової маси на початковому етапі її оброблення. Обладнання може ефективно застосовуватися для очищення зернових, зернобобових та інших сільськогосподарських культур. Машина використовується у складі технологічних ліній зерноочисних комплексів аграрних підприємств, елеваторів, а також на борошномельних і круп'яних виробництвах.

Принцип роботи сепаратора базується на розділенні компонентів зернової суміші за відмінностями їх геометричних параметрів та аеродинамічних характеристик. Відокремлення домішок здійснюється залежно від їх ширини, товщини та здатності взаємодіяти з повітряним потоком. Конструкція СППЗ-100 включає сітчастий барабан і пневмосепарувальний канал, робота яких забезпечується комплексом допоміжних вузлів та механізмів.

Надходження зернового матеріалу до сепаратора здійснюється через зернопровід у приймальний бункер спеціальної конструкції. Для підвищення довговічності обладнання в бункері передбачено відбійну пластину, яка зменшує абразивне зношування стінок під дією потоку зерна. Далі зернова маса під дією сили тяжіння подається до сітчастого барабана, де відбувається первинне відокремлення крупних домішок. Після проходження барабана матеріал надходить у камеру просіювання, в якій рівномірно розподіляється по робочій поверхні та через дозувальний пристрій спрямовується до аспіраційного каналу.

У пневмосепарувальному каналі здійснюється видалення легких і дрібних домішок за допомогою повітряного потоку. Великогабаритні включення, що не проходять через отвори барабана, відводяться окремим каналом для видалення грубих домішок.

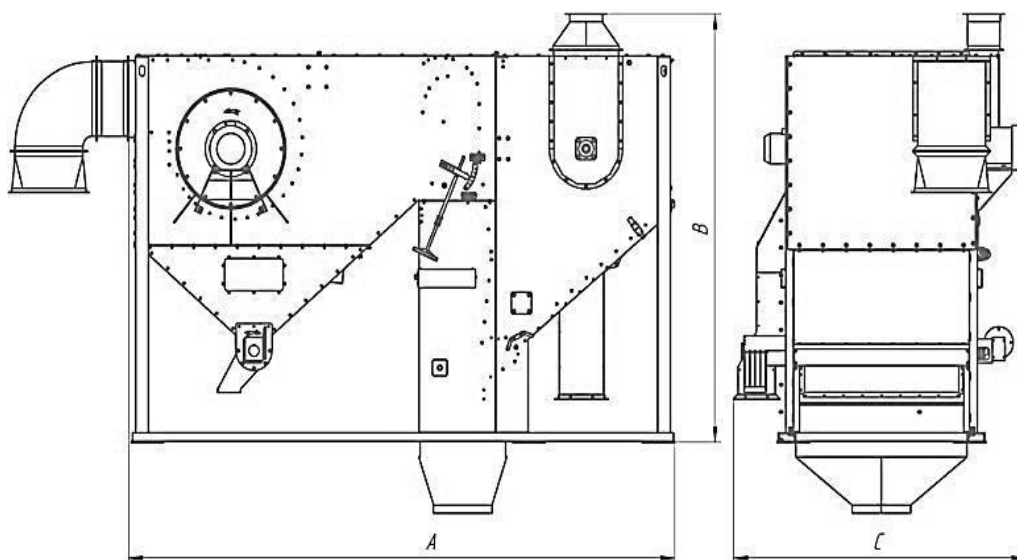


Рисунок 2.2 – Сепаратор СППЗ-100

Після завершення процесу за допомогою аспірації очищене зерно через нижній випускний отвір пневматично-сепарувального каналу подається до накопичувального бункера або транспортуючого обладнання, що визначається прийнятою технологічною схемою підприємства.

Технічні характеристики сепаратора СППЗ-100: продуктивність машини становить 100 т/год, ефективність очищення – 90 %, потужність приводу вентилятора до 11,0 кВт, потужність приводу барабану до 0,75 кВт, потужність шнека, що виводить легкі домішки до 0,75 кВт, габарити машини – 3520×2750×2700 мм, опір аеродинамічний – не більше за 500 Па, витрати повітря від 12 тис. м³/год, частота обертів шнекового валу – 140 об/хв, вага укомплектованої машини не більше 2200 кг.

Домішки, вилучені із зернової маси, разом із повітряним потоком надходять до циклона типу БО-10, інтегрованого в аспіраційну систему. У циклоні відбувається осадження твердих частинок, тоді як очищене повітря за допомогою вентилятора та системи повітропроводів відводиться за межі виробничого приміщення. Легкі домішки додатково транспортуються та видаляються шнековим механізмом.

Скальператор А1-БЗО (барабанного типу) (рис. 2.3) призначений для попереднього очищення зернової маси від крупних сторонніх включень, зокрема каміння, рослинних решток, частин стебел та інших домішок, що потрапляють до

зерна в процесі збирання, транспортування та зберігання.

Конструктивно скальператор складається з корпусу, всередині якого розміщена робоча камера із ситовим барабаном. Корпус обладнаний трьома опорними стійками з монтажними пластинами, що забезпечують надійне кріплення машини до будівельних конструкцій за допомогою анкерних з'єднань.

На одному з торців корпусу передбачено кронштейн для встановлення підшипникових вузлів приводного валу та елементів приводу. Протилежна торцева стінка оснащена технологічним отвором, який забезпечує можливість монтажу та демонтажу ситового барабана під час технічного обслуговування або ремонту. Отвір герметично закривається спеціальною кришкою. Привідний механізм скальператора включає електродвигун і черв'ячний редуктор, кінематично з'єднані клинопасовою передачею.

Основним робочим органом машини є ситовий барабан, закріплений консольно на приводному валу та розташований у горизонтальній площині. Барабан складається зі сферичного днища та двох функціональних зон просіювання. Приймальна зона машини обладнана решетами з розмірами отворів 25×25 мм, тоді як сходова частина решіт має отвори 10×10 мм. Всередині барабана встановлено циліндричної конструкції секції з отворами, які формують необхідну калібрувальну поверхню для ефективного відокремлення домішок.

Для транспортування та виведення крупних домішок передбачено гвинтоподібну лопать, виготовлену з листової сталі та закріплену на внутрішній поверхні барабана. Під час обертання барабана вона забезпечує переміщення відокремлених включень у напрямку розвантажувального отвору, що сприяє безперервності технологічного процесу.

Для запобігання засміченню отворів ситової поверхні у верхній частині барабана вздовж його твірної встановлено щітковий очисник. Робочими елементами щітки є еластичні прутки, які забезпечують постійне очищення сит під час роботи обладнання. Конструкція кріплення передбачає можливість відкидання щітки на шарнірах, що полегшує проведення огляду та обслуговування машини.

Подача зернової маси до робочої зони здійснюється через приймальний

пристрій, який складається з завантажувального патрубку та похилого лотка, що забезпечують рівномірне надходження матеріалу до ситового барабана.

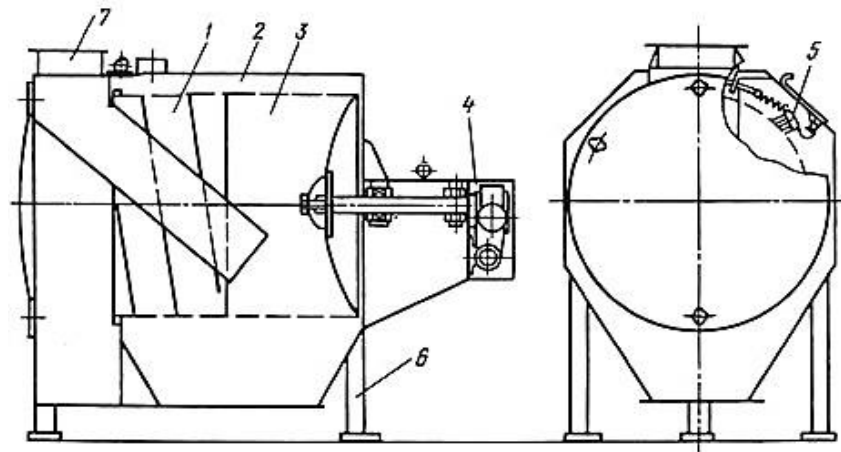


Рисунок 2.3 – Технологічна схема скальператора А1-БЗО:

1 – пристрій приймальний, 2 – корпус машини, 3 – ситовий барабан,
4 – привід, 5 – щітка для очищення, 6 – стійка машини, 7 – приймальний
патрубок

Принцип роботи скальператора ґрунтується на механічному відокремленні крупних домішок від зернової маси на початковій стадії її очищення. Вихідний матеріал через приймальний патрубок рівномірно надходить до завантажувального лотка, звідки спрямовується у приймальну зону ситового барабана. Під час обертання барабана зерно проходить крізь отвори ситової поверхні та виводиться з машини для подальшого технологічного оброблення.

Крупні сторонні вclusions, розміри яких перевищують діаметр отворів сита, затримуються всередині барабана та переміщуються вздовж його робочої поверхні до розвантажувальної частини. Видалення таких домішок здійснюється за допомогою гвинтоподібної лопаті, яка транспортує їх до випускного патрубку для відходів.

Надійність та ефективність роботи скальператора значною мірою залежать від технічного стану приводних і опорних вузлів. Підвищення температури корпусів підшипників або черв'ячного редуктора під час експлуатації може свідчити про недостатню кількість мастильного матеріалу або порушення

режиму змащування, що потребує своєчасного технічного обслуговування обладнання.

Технічні характеристики скальператора А1-БЗО-100: продуктивність машини становить 100 т/год, ефективність очищення зернової маси – 70 %, довжина ситового циліндра становить 1078 мм, діаметр ситового циліндра 950 мм. Витрати повітря на аспірацію 12 м³/хв, частота обертів ситового циліндра 1 – 21 об/хв, потужність електродвигуна до 37,0 кВт, вага укомплектованої машини складає 400 кг, габарити машини – 2150×1130×1665 мм.

Результативність роботи скальператора визначається сукупністю технологічних і конструктивних параметрів, серед яких найбільший вплив мають частота обертання ситового барабана, геометричні характеристики ситової поверхні та ступінь її очищення в процесі експлуатації. Оптимальне поєднання зазначених параметрів забезпечує ефективне видалення крупних домішок і стабільну роботу обладнання.

Скальператор А1-БЗО характеризується високою ефективністю відокремлення великих сторонніх включень із зернової маси, простотою обслуговування та заміни ситових елементів, а також надійністю функціонування в умовах безперервного виробничого процесу.

Разом із тим у процесі експлуатації обладнання можуть виникати окремі технологічні несправності. Зокрема, надмірне завантаження машини зерновою масою або накопичення грубих домішок у отворах ситового барабана може призвести до зниження якості сепарування та втрат зерна, яке виводиться разом із відходами.

Важливе значення для стабільної роботи скальператора має ефективність очищення ситової поверхні. Недостатнє притискання щіткового очищувача або зношування його еластичних елементів спричиняє засмічення отворів сита, що негативно впливає на продуктивність і якість очищення зерна. Крім того, порушення натягу приводних ременів може стати причиною зниження частоти обертання або повної зупинки ситового барабана, що унеможлиблює нормальне виконання технологічного процесу.

Скальператор СКО-100 (рис. 2.4) належить до обладнання попереднього очищення зерна та призначений для видалення з зернової маси крупних сторонніх домішок. Принцип його дії базується на розділенні компонентів суміші за геометричними розмірами. Зерновий матеріал надходить до обертового ситового барабана, через отвори якого проходить основна маса зерна, тоді як великі домішки затримуються на ситовій поверхні та транспортуються до вихідної частини барабана, де виводяться окремим потоком.

Застосування скальператора на початковому етапі очищення є важливим елементом технологічного процесу підготовки зерна до подальшого оброблення. Попереднє видалення крупних домішок сприяє стабільній роботі зерносушильного обладнання, запобігає засміченню його робочих органів, знижує питомі витрати енергії на сушіння та забезпечує захист транспортних механізмів від пошкоджень, спричинених потраплянням сторонніх предметів.

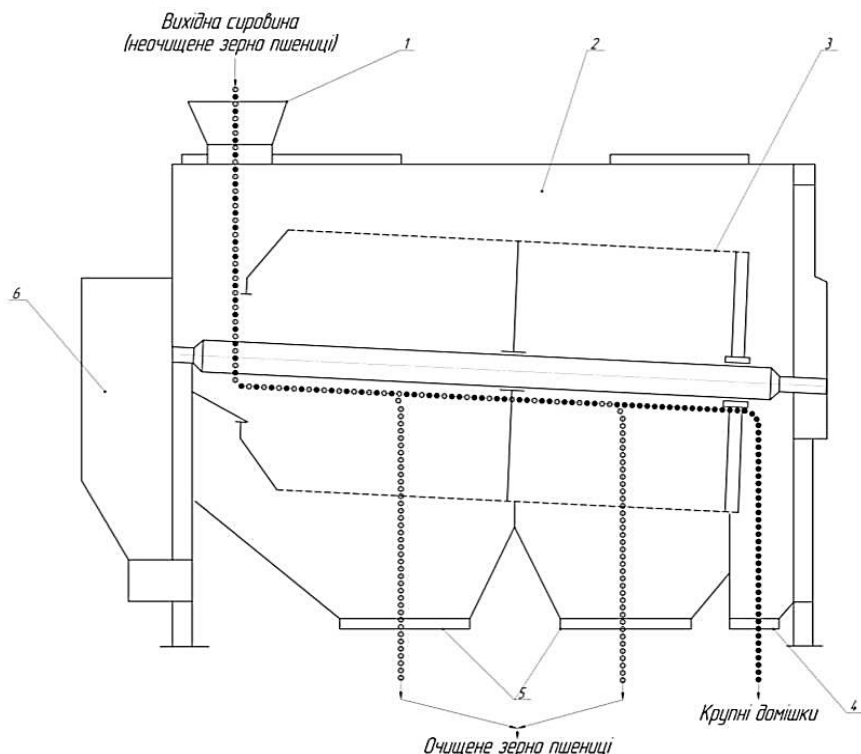


Рисунок 2.4 – Технологічна схема скальператора СКО-100

1 – бункер приймальний; 2 – корпус машини; 3 – барабан ситовий;

4 і 5 – патрубки для виводу крупних домішок та очищеного зерна відповідно; 6 – система механізмів приводу, в т.ч. і для регуляції кута нахилу ситового барабану

Ефективність роботи скальператора значною мірою залежить від правильного вибору параметрів ситової поверхні. Розмір перфорації сит визначається видом зернової культури, її вологістю та характеристиками домішок, які необхідно вилучити. За потреби початкові секції ситового барабана можуть використовуватися також для відокремлення дрібних домішок, що підвищує якість попереднього очищення зернової маси.

До основних переваг скальператора СКО-100 належать висока технологічна ефективність, що досягається завдяки значній площі ситової поверхні та можливості її адаптації до конкретних виробничих умов; підвищена міцність конструкції та стійкість її щодо зношення; простота регуляції кута нахилу барабану, що дозволяє оптимізувати режим роботи обладнання залежно від властивостей зернового матеріалу; безпечність експлуатації; а також зручність технічного обслуговування, зокрема швидка заміна сит стандартного типорозміру без необхідності виконання додаткових монтажних операцій.

Технічні характеристики скальператора СКО-100: продуктивність машини становить 100 т/год, ефективність очищення зернової маси – 90-98 %, діаметр ситового барабану 900 мм, потужність машини 1,5 кВт, вага укомплектованої машини складає 2050 кг, габарити машини – 2500×2355×3640 мм.

Отже, за результатами аналізу конструктивних особливостей, технічних характеристик та експлуатаційних показників обладнання для попереднього очищення зерна встановлено, що найбільш доцільним для впровадження на досліджуваному підприємстві є скальператор СКО-100. Незважаючи на те, що за показником енергоспоживання дана машина не належить до найменш енергоємних серед розглянутих аналогів, її використання характеризується високою ефективністю технологічного процесу. Зокрема, ступінь видалення крупних домішок може досягати 90 %, що забезпечує якісну підготовку зернової маси до подальших етапів оброблення.

Враховуючи наведені переваги, для модернізації технологічної лінії доцільно рекомендувати встановлення скальператора СКО-100 як машини попереднього очищення зерна.

2.5 Визначення прийнятої технологічної схеми первинної обробки зерна кукурудзи та її характеристика

Технологічну схему первинної обробки зерна кукурудзи після впровадження запропонованих заходів з удосконалення наведено на рис. 2.5.

Відповідно до прийнятої схеми зерно пшениці за допомогою норії транспортується на верхній поверх робочої башти, звідки самопливними комунікаціями подається до ковшових ваг для проведення проміжного контролю маси. Після зважування зернова маса надходить до скальператора СКО-100, де здійснюється попереднє очищення від грубих та крупних домішок. На цьому етапі з потоку видаляються рослинні рештки, частини стебел, каміння та інші сторонні вclusions, що можуть негативно впливати на роботу наступного технологічного обладнання.

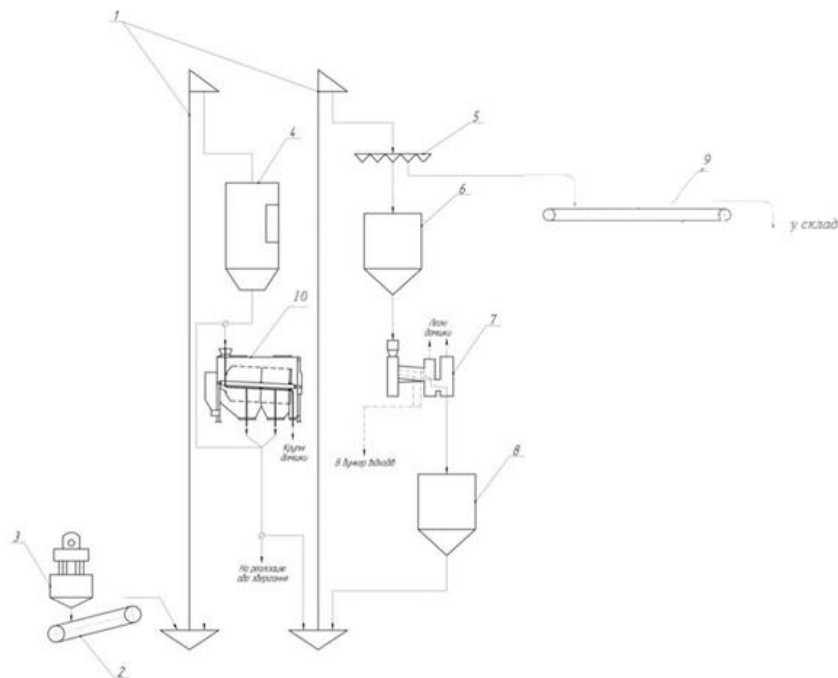


Рисунок 2.5 – Технологічна схема лінії з первинної обробки зерна кукурудзи після удосконалення

- 1 – норії; 2 – приймальний транспортер стрічковий; 3 – бункер; 4 – ваги;
5 – розподільна труба; 6 – бункер надсепараторний; 7 – повітряно-ситовий сепаратор БСХ-100; 8 – бункер підсепараторний; 9 – транспортер стрічковий скидний; 10 – скальператор СКО-100.

Після попереднього очищення проводиться оцінювання показників якості зерна. У разі відповідності зерна встановленим нормативним вимогам воно може бути направлено безпосередньо на відпуск споживачеві або за допомогою норій системою розподільних трубопроводів до складських приміщень для подальшого зберігання.

Якщо якісні показники зерна не відповідають вимогам нормативної документації, зернова маса самопливом надходить на норію 2, повторно піднімається на верхній рівень робочої будівлі та через розподільний пристрій подається до надсепараторного бункера. Наявність даного бункера забезпечує створення необхідного запасу зерна для стабільної та безперервної роботи зерноочисного обладнання.

Із над сепараторного бункера зернова маса сепаратор А1-БСХ-100, де здійснюється основний етап очищення. У процесі сепарації від зернової маси відокремлюються дрібні домішки, щупле та пошкоджене зерно, які відводяться до бункера відходів. Очищене зерно після проходження сепаратора накопичується у підсепараторному бункері для подальшого транспортування, зберігання або відвантаження залежно від прийнятої технологічної схеми підприємства.

Запропонована модернізація технологічної лінії шляхом встановлення скальператора СКО-100 перед основним сепаратором дозволяє підвищити ефективність очищення зернової маси, зменшити навантаження на сепаратор А1-БСХ-100, скоротити зношування його робочих органів та збільшити загальну продуктивність підприємства.

Із підсепараторного бункера очищене зерно самопливом надходить до норії № 2, за допомогою якої транспортується до верхнього рівня робочої башти. Далі через систему розподільних труб зернова маса подається на конвеєр стрічковий скидний, звідки спрямовується на тривале зберігання в складські приміщення або на відвантаження споживачам відповідно до виробничих потреб підприємства.

Висновки за розділом

У ході виконання роботи було проведено аналіз діючої технологічної лінії первинної обробки зерна кукурудзи на стандартному хлібоприймальному підприємстві. За результатами проведеного аналізу встановлено основні недоліки діючої схеми, які обмежують продуктивність підприємства та негативно впливають на ефективність роботи зерноочисного обладнання.

З метою усунення виявлених недоліків запропоновано модернізацію технологічної лінії шляхом встановлення скальператора СКО-100 виробництва компанії «Оліс» на етапі попереднього очищення зерна. Використання даного обладнання дозволить здійснювати вилучення крупних і грубих домішок до надходження зернової маси на основний повітряно-решітний сепаратор. Це забезпечить зменшення навантаження на сепаратор А1-БСХ-100, підвищення ефективності його роботи та зниження інтенсивності зношування робочих органів, що сприятиме збільшенню строку експлуатації обладнання.

За попередніми розрахунками впровадження запропонованого технічного рішення забезпечить збільшення обсягів первинної обробки зерна кукурудзи приблизно на 3000 т за рік. Крім того, очікується покращення якості очищення зернової маси, підвищення пропускної здатності елеватора та зростання ефективності використання наявного технологічного обладнання.

Отже, запропонована модернізація технологічної схеми є технічно обґрунтованою та доцільною. Її реалізація сприятиме підвищенню технологічної надійності виробництва, збільшенню продуктивності елеватора та покращенню економічних показників діяльності підприємства.

3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок кількості обладнання

Очікується, що введення в експлуатацію додаткового технологічного обладнання сприятиме підвищенню пропускної здатності підприємства та забезпечить збільшення обсягів приймання зерна пшениці орієнтовно на 3000 т за рік.

З урахуванням реалізації запропонованого заходу прогнозований річний обсяг обробки зерна на елеваторі становитиме близько 30 000 т. Це дозволить підвищити ефективність використання виробничих потужностей підприємства та покращити показники його господарської діяльності.

Тривалість розрахункового періоду протягом якого надходить 80 % планового обсягу заготівельного зерна (Π_p , діб) визначати, враховуючи терміни збирання урожаю і приймається – 25 діб.

Коефіцієнт добової (K_o^a) нерівномірності надходження зерна автомобільним транспортом вірно приймати в залежності від обсягу заготівлі (A , м) і тривалості їхнього розрахункового періоду (Π_p , діб) дорівнює 25 діб.

Коефіцієнти щогодинної нерівномірності надходження зерна автомобільним транспортом ($K_r^a = 1,3$).

Тривалість розрахункового періоду заготівель – 25 (Π_p , діб). Середнє добове надходження зерна – 1300 тон на добу.

Розрахунковий добовий об'єм зерна, що надходить автомобільним транспортом, розраховують за формулами:

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{0,8 \cdot A_{\text{з.п.}}^a \cdot K_o^a}{\Pi_p}, \quad (3.1)$$

де K_o^a – коефіцієнт добової нерівномірності надходження зерна на автотранспорт;

Π_p – період заготівель, діб

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{0,8 \cdot 30000 \cdot 1,6}{25} = 1536 \text{ т/добу}$$

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{A_{\text{к.д.}}^a \cdot K_{\varepsilon}^a}{T}, \quad (3.2)$$

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{1536 \cdot 1,3}{24} = 83,2 \text{ т/год.}$$

При відпуску зерна кукурудзи на автотранспорт приймаємо розрахунковий місячний відпуск ($A_{\text{вм.}}$, т/міс): [10]

$$A_{\text{вм.}} = \frac{A_{\text{вд.}}}{N \cdot K_{\text{вм.}}}, \quad (3.3)$$

де $A_{\text{вд.}}$ – річний об'єм відпуску зерна з автотранспорту, тис. т;

$K_{\text{вм.}}$ – коефіцієнт місячної нерівномірності приймання зерна, $K_{\text{вм.}} = 1,4$;

N – число місяців відпуску, $N = 2$ міс.

$$A_{\text{вм.}} = \frac{30000}{1,4 \cdot 2,0} = 10714,3 \text{ т/міс}$$

Розрахунковий добовий відпуск ($A_{\text{вд.}}$, т/добу):

$$K_{\text{вд.}} = \frac{A_{\text{вм.}}}{T_{\text{м}} \cdot K_{\text{вд.}}} = 2,5$$

де $A_{\text{вд.}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності відпуску зерна

$K_{\text{вд.}}$ – мірності відпуску зерна

$T_{\text{м}}$ – тривалість відпуску за добу, $T_{\text{м}} = 24$ години.

$$A_{\text{гд}} = \frac{10714,3}{24 \cdot 2,5} = 178,6 \text{ т/добу.}$$

Розрахунковий годинний відпуск ($A_{\text{гг}}$, т/год):

$$A_{\text{гг}} = \frac{A_{\text{гд}}}{T_{\text{гд}} \cdot K_{\text{гг}}}, \quad (3.5)$$

де $K_{\text{гг}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності відпуску зерна, $K_{\text{гг}} = 2,9$ [12].

$$A_{\text{гг}} = \frac{178,6}{1 \cdot 2,9} = 61,6 \text{ т/год.}$$

В складі технологічної схеми підприємства відповідно до задач і обсягів технологічних операцій із зерном можуть бути передбачені пристрої для приймання зерна, а також лабораторія з майданчиком для відбору проб. Їх розташовано зазвичай перед в'їздом до підприємства у зручних для під'їзду автотранспорту місцях. Також, має бути забезпечено встановлення максимально близько до технологічної лабораторії автоматичних пробовідбірників та спеціальних містків для відбору проб візерувальниками.

Зважування партій зерна, що надходить залізничним транспортом, необхідно проводити згідно з вимогами стандарту «Зернові культури. Норми точності зважування».

Визначення маси зерна між технологічними операціями можна здійснювати на вагових апаратах, що мають похибку під час вимірювання не більше $\pm 1,0$ %.

Сучасним і найбільш ефективним підходом до визначення маси зерна є застосування методу безпосереднього визначення маси нето. При проведенні таких операцій необхідно забезпечити можливість візуального контролю показань

вагового обладнання представником постачальника або особою, відповідальною за розвантаження зернової сировини. Також допускається використання методу подвійного зважування, який передбачає окреме визначення маси транспортного засобу з вантажем (брутто) та без вантажу (тара) на автомобільних або вагонних вагах.

У разі приймання зерна, що доставляється автомобільним транспортом, із застосуванням бункерних ваг, інтегрованих в єдину технологічну лінію з автомобілерозвантажувачем, вибір необхідної кількості та типорозмірів вагового обладнання здійснюється з урахуванням кількості автомобілерозвантажувачів, особливостей технологічної схеми підприємства, а також об'ємно-планувальних характеристик приймальних пристроїв.

Кількість вагових агрегатів та їхня пропускна здатність повинні бути узгоджені з продуктивністю технологічного процесу та надходження зерна, що забезпечує безперервність виробничого процесу та ефективне функціонування зерноприймального комплексу.

Потрібну кількість автомобільних ваг (N , шт) розраховують за формулою:

$$N = 0,000666 \cdot \frac{A \cdot K_{\text{ва}} \cdot K_{\text{вз}} \cdot t}{P_p \cdot G_a}, \quad (3.6)$$

де t – час, необхідний для дворазового зважування одного автомобіля і оформлення відповідної документації, $t = 3$ хв;

G_a – розрахункова вантажопід'ємність автомобіля, т, $G_a = 20$ т.

$$N = 0,000666 \cdot \frac{30000 \cdot 2,5 \cdot 2,9 \cdot 3}{25 \cdot 20} = 0,87$$

Приймаємо $N = 1$ шт.

Для проведення технологічних розрахунків доцільно приймати нормативний час подвійного зважування одного автомобіля або автомобіля з причепом за умови одноразового установки їх на вагову платформу на рівні 3 хвилин. Під час

зважування автопоїзда за 2 приймання тривалість операції займає 4,7 хвилини, а за три приймання – 8,7 хвилини. Наведені нормативи характерні для вагового обладнання, оснащеного циферблатним показчиком та механізмом автоматичного друку результатів зважування.

Зернова маса, що надходить на заготівельні елеватори та хлібоприймальні підприємства автомобільним транспортом, повинна проходити попереднє очищення в потоці приймання з метою видалення грубих і легких домішок. Подальше основне очищення передбачає вилучення відокремлюваних домішок до рівня показників якості, що відповідають вимогам подальшого використання зерна за його цільовим призначенням.

Очищення зерна від домішок, які не впливають на його збереженість під час зберігання, допускається виконувати після завершення заготівельного сезону. Такий підхід дає змогу оптимізувати навантаження на технологічне обладнання в період максимального надходження зернової сировини.

Кількість машин первинного очищення зерна (скальператорів), а також їхня сумарна продуктивність повинні визначатися відповідно до пропускну здатності приймальних технологічних ліній, що забезпечує безперервність виробничого процесу та ефективну роботу зерноприймального комплексу.

Сумарну продуктивність скальператорів попереднього очищення сухого зерна

($\sum Q_c$, т/год) визначаємо за формулою:

$$Q_c = \frac{0,04}{\Pi_p} \cdot \frac{A_{\text{в}}}{K}$$

де K – коефіцієнт, що залежить від культури, вологості і вмісту відокремлювальної домішки, $K = 0,6$ [1].

$$Q_c = \frac{0,04}{25} \cdot \frac{30000}{0,6} = 80,0 \text{ т/год}$$

Для здійснення первинного очищення зерна кукурудзи від крупних домішок використовують широкий спектр зерноочисного обладнання, зокрема скальператори вітчизняного та закордонного виробництва. Такі машини забезпечують ефективне видалення крупних механічних домішок на початковому етапі технологічної обробки зернової сировини.

З урахуванням технологічних параметрів і необхідної пропускної здатності приймально-очисної лінії даного підприємства доцільним є використання скальператора СКО-100 виробництва компанії «Оліс». Номінальна продуктивність цієї машини становить 100 т/год, що відповідає вимогам технологічного процесу та забезпечує ефективне функціонування лінії первинного очищення зерна кукурудзи.

Кількість скальператорів (N_c , шт.) визначаємо за формулою:

$$N_c = \frac{Q_c}{Q_{\text{сн}}} , \quad (3.8)$$

де $Q_{\text{сн}}$ – паспортна продуктивність скальператора, який встановлено на лінії, т/год, $Q_{\text{сн}} = 100$ т/год.

$$N_c = \frac{80,0}{100} = 0,8$$

Приймаємо $N_c = 1$ шт.

На технологічній лінії буде встановлено скальператор СКО-100, продуктивність якого становить 100 т/год.

Місткість бункерів приймають, враховуючи продуктивність лінії 100 т/год та враховуючи забезпечення безперебойної їх роботи часом 2 години. Тобто, ємність бункера буде дорівнювати 200 тон кожен.

3.2 Коротка характеристика технологічного обладнання удосконаленої лінії

Повітряно-ситовий сепаратор А1-БСХ-100 є високоефективною решітно-пневматичною машиною, призначеною для очищення зернової маси від сторонніх домішок, які відрізняються від основного продукту за лінійними розмірами та аеродинамічними характеристиками. Розділення компонентів зернової суміші здійснюється шляхом послідовного просіювання через систему решіт та обробки повітряним потоком у пневмосепарувальному каналі.

Особливістю конструкції даного сепаратора є відсутність осаджувальної камери, що дозволило зменшити його габаритні розміри по висоті. Використання дебалансного приводу в поєднанні з приводними шківками забезпечує стабільний круговий рух решітного корпусу, завдяки чому досягається висока ефективність видалення як крупних, так і дрібних домішок. Закріплення решітних рам здійснюється за допомогою ексцентрикового механізму, який гарантує їх надійну фіксацію та спрощує виконання операцій із заміни решіт. Для підвищення контролю за технологічним процесом конструкцією передбачено освітлення пневмосепарувальних каналів, що дає змогу оператору візуально оцінювати якість відокремлення легких домішок.

Технологічний процес роботи сепаратора відбувається таким чином. Вихідна зернова суміш самопливом надходить до робочої зони машини, де на верхньому решіті здійснюється відокремлення великих домішок. Виділені домішки виводяться з обладнання через спеціальний розвантажувальний канал. Далі зерно переміщується на нижні решета, на яких відбувається подальше сортування та видалення дрібних домішок. Частинки, розміри яких менші за отвори підсівного сита, проходять крізь нього та відводяться окремим потоком, тоді як очищене зерно спрямовується на наступні стадії технологічного процесу.

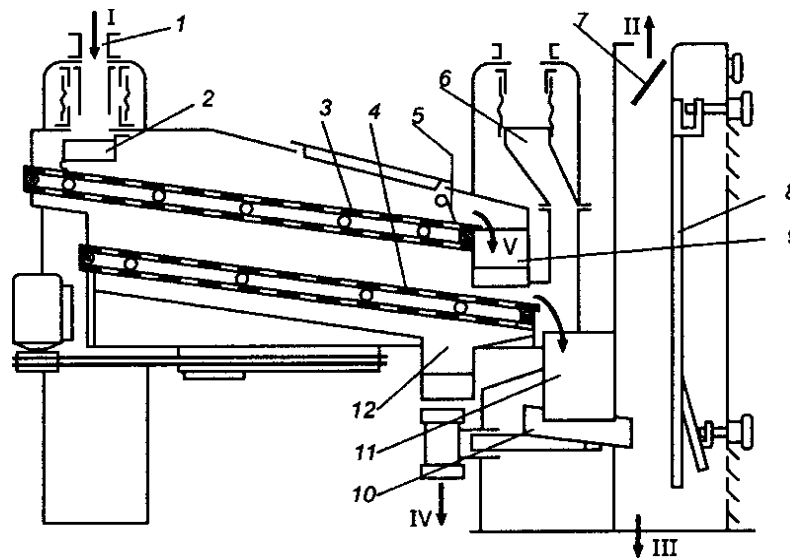


Рисунок 3.1 – Сепаратор А1-БСХ-100:

1 – приймальний патрубок; 2 – розподільвальний клапан; 3 – сортувальне решето; 4 – підсівне решето; 5 – фартух; 6 – аспіраційний канал; 7 – дросельна заслінка; 8 – стінка рухома; 9 – лоток для крупних домішок; 10 – вібротокот; 11 – коробка живильника; 12 – лоток для дрібних домішок; I – неочищене зерно; II – легкі домішки; III – очищене зерно; IV – дрібні домішки; V – крупні домішки

Після вилучення великих і дрібних домішок за допомогою ситового обладнання зернове ядро надходить на вібророзподільний ролик, після чого спрямовується до пневмосепараційного каналу. У процесі проходження повітряного потоку крізь зернову масу відбувається аеродинамічне розділення компонентів: легкі домішки відокремлюються від основного продукту та транспортуються повітряним потоком через сепараційний канал до горизонтального циклона. Очищена зернова маса, виходячи з пневмосепараційного каналу, переміщується та гравітаційною трубою подається на наступні етапи технологічної обробки.

Оглядова камера пневмосепараційного каналу має регульовану конструкцію та виготовлена з тришарового скла, що одночасно виконує функцію зовнішньої

стілки каналу. У верхній частині каналу горизонтально змонтовано освітлювальний елемент, а світловідбивач забезпечує спрямування світлового потоку всередину камери. Така конструкція створює рівномірне освітлення по всій довжині пневмосепараційного каналу, що дає змогу здійснювати візуальний контроль процесу видалення легких домішок із зернової маси на всіх стадіях її переміщення через канал.

У процесі експлуатації сепаратора під робочим навантаженням здійснюють контроль основних технологічних параметрів його функціонування. Особливу увагу приділяють рівномірності подачі зернової маси до решітного вузла, рівномірному розподілу продукту по всій ширині сепарувального сита, стабільності коливального руху решітного механізму, а також відсутності втрат зерна та надмірного утворення пилу. Важливими умовами ефективної роботи обладнання є підтримання необхідного рівня зерна в завантажувальному бункері над вібрлотком, забезпечення належної ефективності повітряної сепарації та недопущення засмічення ситової поверхні зерном або сторонніми домішками.

Для підвищення результативності вилучення легких домішок у пневмосепараційних каналах виконують налаштування основних технологічних параметрів процесу. Зокрема, регулюють амплітуду коливань вібрлотка, розміри вхідного та вихідного перерізів каналу, а також швидкість повітряного потоку в його верхній і нижній зонах. Оптимізація зазначених параметрів забезпечує максимальну ефективність аеродинамічного розділення зернової суміші.

До складу обладнання входить горизонтальний циклон спеціальної конструкції, який встановлюється після сепаратора та призначений для осадження легких пилоподібних частинок і пуху, що видаляються із зернової маси в процесі очищення. Під час проведення технічного обслуговування необхідно контролювати технічний стан решітних рам і гумових очищувальних елементів. У разі виявлення механічних пошкоджень або значного зношування зазначені деталі підлягають заміні.

Крім того, слід своєчасно усувати несправності, виявлені під час експлуатації, перевіряти ступінь натягу приводного ремня та герметичність прилягання решітної рами й оглядових кришок. Особливу увагу рекомендується приділяти надійності різьбових з'єднань, кріпленню елементів гнучкої підвіски до корпусу і рами грохота, а також фіксації електродвигуна та вібраційних механізмів.

Технічні характеристики сепаратора А1-БІС-100: продуктивність машини становить 100 т/год, ефективність очищення зернової маси – 40 – 50 %, витрати повітря на аспірацію 8500 м³/год, частота коливань – 360 об/хв, потужність сепаратора до 1,5 кВт, вага укомплектованої машини складає 1600 кг, габарити машини – 2600×2520×1510 мм. Входить до комплекту 8 решітних рам розміром 1000×750, площею 6 м².

Скальператор СКО-100 призначений для здійснення попереднього очищення зернової маси шляхом видалення великих сторонніх домішок і сміттєвих включень. Обладнання широко використовується на зернозберігальних та зернопереробних підприємствах, зокрема на елеваторах і зернових токах, де виконує функцію первинної підготовки зерна до подальших технологічних операцій.

Принцип дії скальператора ґрунтується на механічному розділенні компонентів зернової суміші за геометричними розмірами. Зернова маса надходить до обертового барабана, оснащеного перфорованими ситовими поверхнями. Під час проходження продукту через барабан зерно проходить крізь отвори сит, тоді як великогабаритні домішки та сміття затримуються на їх поверхні й виводяться через випускний отвір у кінцевій частині барабана.

Застосування скальператора як обладнання попереднього очищення має важливе технологічне значення. Видалення грубих домішок забезпечує стабільну роботу зерносушильних установок, запобігає засміченню робочих органів обладнання, сприяє зниженню енерговитрат на процес сушіння та захищає транспортне обладнання від пошкоджень, які можуть бути спричинені

випадковими сторонніми предметами. Розмір перфорації ситових поверхонь підбирається залежно від виду зернової культури, її вологості та характеру домішок, що підлягають вилученню. За необхідності перші секції сит можуть використовуватись також для відокремлення дрібних домішок.

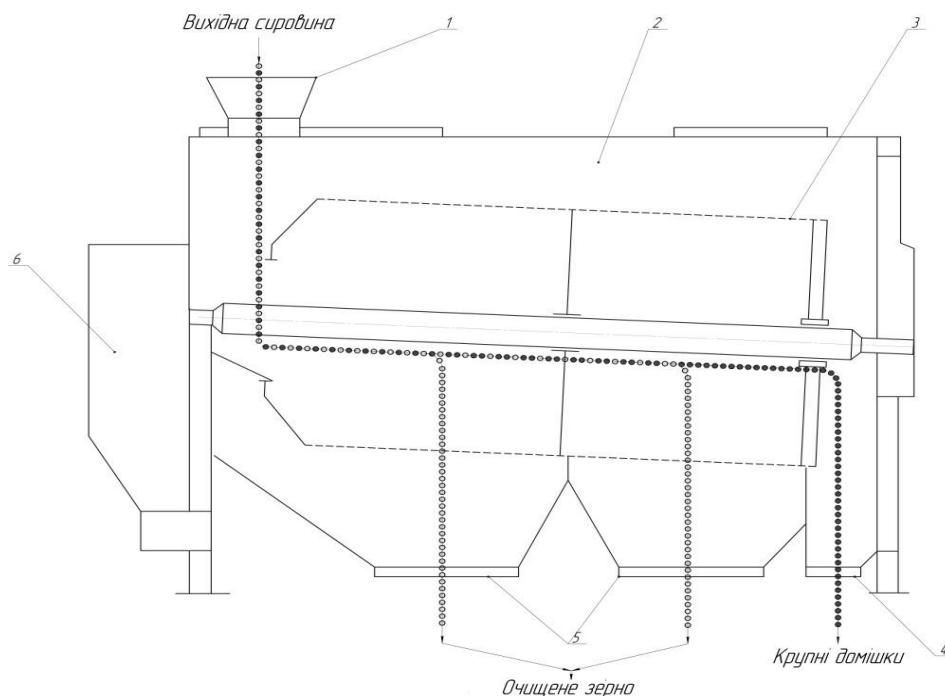


Рисунок 3.2 – Схема роботи скальператора СКО-100

1 – приймальний бункер; 2 – корпус; 3 – ситовий барабан; 4 – патрубок для виводу крупних домішок; 5 – патрубки для виводу очищеного зерна; 6 – кожух механізмів приводу та регулювання кута нахилу ситового барабану.

Основними перевагами скальператора СКО-100 є:

- висока ефективність очищення зернової маси, що досягається завдяки значній площі ситових поверхонь та можливості їх адаптації до конкретних виробничих умов;
- міцність і довговічність конструкції, які забезпечують тривалий термін експлуатації обладнання;

- можливість зміни кута нахилу барабану, що дозволяє оптимізувати технологічний процес залежно від характеристик зернової сировини;
- високий рівень безпеки під час експлуатації;
- зручність технічного обслуговування та швидка заміна сит стандартних типорозмірів без необхідності їх додаткової механічної обробки.

Технічні характеристики скальператора СКО-100: продуктивність машини становить 100 т/год, потужність скальператора до 1,5 кВт, вага укомплектованої машини складає 2050 кг, габарити машини – 2500×2355×3640 мм. Діаметр ситового барабану 900 мм.

Технічна характеристика обладнання приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Специфікація технологічного обладнання

№ з/п	Найменування обладнання	Марка	Коротка характеристика	Кількість
1.	Повітряно-ситовий сепаратор	А1-БСХ- 100	Продуктивність 100 т/год Потужність 1,5кВт	1
2.	Скальператор	СКО-100	Продуктивність 100 т/год Потужність 0,37кВт	1
3.	Норія	НЦ-100	Продуктивність 100 т/год Швидкість руху стрічки 1,5 м/с Висота норії 60 м	4
5	Стрічковий транспортер	СТ-100	Продуктивність 100 т/год Потужність приводу 3,0 кВт Максимальна довжина транспортера 75 м	3
8	Атомобілерозвантажувач	У15-УРАГ	Вантажопідйомність 55 т Потужність приводу 22 кВт	1

3.3 Розрахунок площі та компонування обладнання основних виробничих приміщень

Розміщення технологічного обладнання в робочій будівлі підприємства здійснюють відповідно до прийнятої технологічної схеми підприємства. Характер компонування значною мірою визначається висотою робочої будівлі. У висотних спорудах (58–70 м) обладнання та оперативні бункери розташовують таким чином, щоб забезпечити послідовне переміщення зернового матеріалу під дією сили тяжіння від верхніх рівнів до нижніх згідно з технологічним процесом. При цьому на кожному поверсі, за можливості, групують машини та механізми однакового функціонального призначення. У будівлях меншої висоти (до 49 м) на одному рівні можуть встановлюватися різні види обладнання, що дозволяє зменшити об'єм оперативних ємностей та компенсувати це збільшенням кількості транспортних механізмів.

Під час компонування технологічного обладнання важливим завданням є досягнення максимальної компактності виробничих приміщень і раціонального використання наявної площі. Розташування машин та апаратів повинно забезпечувати безпечні умови праці, зручність експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, а також відповідати вимогам чинних нормативних документів щодо організації проходів та робочих зон.

Обладнання, яке не містить рухомих елементів, зокрема самопливні зернопроводи, повітропроводи, норійні труби та інші комунікації, допускається розміщувати поблизу стін за умови забезпечення можливості монтажу, технічного обслуговування та ремонту. Відстань між такими елементами і стінами повинна становити не менше 0,25 м. Ширина основних поздовжніх і поперечних проходів, що ведуть до евакуаційних виходів або суміжних приміщень, має бути не меншою за 1,0 м, тоді як між окремими одиницями обладнання необхідно передбачати проходи шириною щонайменше 0,8 м.

Остаточні габаритні розміри робочої будівлі визначають після завершення компонування технологічного обладнання з урахуванням місця встановлення зерносушарки, прийнятої будівельної сітки, а також необхідності узгодження будівлі із силосними корпусами та приймально-відпускними пристроями.

Вибір будівельної сітки залежить від архітектурно-планувального рішення робочої будівлі та технології її спорудження. У практиці проектування найчастіше застосовують два варіанти: окремо розташовану робочу будівлю або будівлю, конструктивно об'єднану із силосними корпусами.

Для монолітних споруд, які зводяться методом ковзної опалубки, більш доцільним є використання окремо розташованої робочої будівлі. У таких випадках можуть застосовуватися різні варіанти координаційних осей, зокрема $2,4 \times 3,5$ м або 3×3 м. Якщо робочу будівлю поєднують із силосним корпусом, необхідно забезпечити єдність конструктивних рішень для виробничої та силосної частин споруди. Сходові клітки зазвичай розміщують у крайніх прольотах будівлі.

У разі спорудження збірних робочих будівель конструктивна схема визначається типом елеватора, особливостями виготовлення збірних елементів, умовами будівельного майданчика та економічними показниками проєкту. Сходові клітки розташовують у крайніх прольотах, виконуючи їх із цегли, а зовнішні огорожувальні конструкції формують із навісних залізобетонних панелей.

Для заготівельних елеваторів середньої місткості, що споруджуються із застосуванням збірного залізобетону, більш раціональним вважається рішення із блокуванням робочої будівлі та силосного корпусу. Такі споруди, як правило, мають безкаркасну конструкцію, основу якої становить поєднання силосів, бункерів та міжповерхових перекриттів виробничих приміщень. Ефективним варіантом є використання збірних силосних блоків розміром 3×3 м, що одночасно визначає й параметри будівельної сітки робочої будівлі. Сходові клітки в цьому випадку розміщують безпосередньо в межах силосної частини споруди.

Слід зазначити, що конкретна схема розташування технологічного обладнання в робочій башті потокової лінії може змінюватися залежно від

продуктивності підприємства, особливостей технологічного процесу, типу встановленого обладнання та прийнятих конструктивно-планувальних рішень.

З врахуванням габаритних розмірів обладнання, що встановлено в цеху доцільно прийняти розміри головної будівлі 12×9 м. Отже площу цеху розрахуємо за формулою:

$$S = a \cdot b \quad (3.9)$$

$$S = 12 \cdot 9 = 108, \text{ м}^2$$

Розрахунок площі будівлі, враховуючи особливості технологічної схеми первинної обробки зерна кукурудзи та комплектації обладнання. Кількість поверхів робочої башти складає 6, відповідно загальна площа будівлі складе:

$$S_{\text{бvd}} = S \cdot 6 \quad (3.10)$$

$$S_{\text{бvd}} = 108 \cdot 6 = 648, \text{ м}^2$$

Габаритні характеристики технологічного обладнання є одним із визначальних чинників при встановленні висоти виробничих приміщень. Відповідно до чинних санітарно-гігієнічних вимог висота приміщень від рівня підлоги до стелі повинна становити не менше 3,5 м. З урахуванням особливостей розміщення обладнання та необхідності забезпечення зручності його експлуатації для проєктованої виробничої будівлі прийнято висоту поверху 4,2 м.

Висновки за розділом

У даному розділі кваліфікаційної роботи виконано перевірочні розрахунки технологічного та транспортного обладнання, необхідного для функціонування удосконаленої технологічної лінії первинної обробки зерна кукурудзи. Проведені розрахунки підтвердили технічну та економічну доцільність запропонованого удосконалення виробничого процесу.

На підставі отриманих результатів обґрунтовано необхідність встановлення одного скальператора СКО-100 виробництва компанії «Оліс», продуктивність якого становить 100 т/год, що забезпечує ефективне попереднє очищення зернової маси від крупних домішок.

У результаті компоновальних розрахунків визначено, що площа одного поверху виробничої будівлі становить 108 м², тоді як загальна площа будівлі дорівнює 648 м². Проєктом передбачено шість поверхів висотою по 4,2 м кожний. Відповідно загальна висота виробничої будівлі становить 25,2 м, що забезпечує раціональне розміщення технологічного обладнання та створює необхідні умови для безпечної й ефективної експлуатації технологічної лінії.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження системи аналізу небезпечних чинників і контролю у критичних точках (НАССР) є комплексним та поетапним процесом, який потребує залучення всіх структурних підрозділів підприємства та активної участі персоналу. Ефективне функціонування системи передбачає не лише розроблення відповідної документації та впорядкування виробничих процесів, а й формування культури безпеки харчових продуктів серед усіх учасників харчового ланцюга — від виробника до кінцевого споживача [23, 24].

Початковим етапом впровадження системи НАССР є проведення комплексного діагностичного аудиту підприємства. Такий аудит дає змогу оцінити поточний стан виробництва, виявити потенційні небезпечні чинники та визначити виробничі операції, які можуть впливати на безпеку готової продукції [24, 25].

Застосування принципів НАССР забезпечує системний підхід до управління ризиками на всіх стадіях виробництва харчових продуктів. Особлива увага приділяється контролю технологічних процесів і виробничих умов, що мають вирішальне значення для запобігання виникненню небезпечних факторів. Реалізація вимог системи сприяє підвищенню стабільності показників якості продукції, зміцненню довіри споживачів, розширенню ринків збуту та підтверджує спроможність підприємства забезпечувати постійний випуск безпечної харчової продукції [23, 26, 27].

Було проведено аналіз технологічного процесу первинної обробки зерна кукурудзи на хлібоприймальному підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ» та визначено потенційно небезпечні фактори на деяких етапах технологічної лінії. Їх наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Потенційно небезпечні фактори на деяких етапах первинної обробки зерна кукурудзи на хлібоприймальному підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ»

Технологічна операція	Небезпечний фактор і його причина	Заходи контролювання
Очищення зерна	Займання зерна, спричинене утворенням іскри від потрапляння металоманітних та мінеральних домішок	Ретельний контроль зерна при прийманні працівниками ВТЛ
Зберігання зерна	Займання зернової маси , причиною якого є самозігрівання зернової маси	1. Постійний контроль за станом зернової маси(вологість, температура зернової маси); 2. Усунення причин та наслідків цих негативних явищ, в т.ч. шляхом перекидання, повторного очищення, протруювання зернової маси при зберіганні
	Утворення понаднормової кількості відходів, що утворюються в процесі псування зерна фізичними факторами та активної життєдіяльності шкідників хлібних запасів	

На основі отриманих даних з табл. 4.1 було визначено критичні контрольні точки процесу первинної обробки зерна кукурудзи із застосуванням згідно 2-го принципу системи НАССР. Результати наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Виявлення критичних точок контролю при первинній обробці зерна кукурудзи на хлібоприймальному підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ»

Технологічна операція	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Питання 4	Чи є ККТ?
Очищення зерна	Так	-	-	Так	Так
Зберігання зерна	Так	-	-	Так	Так

Наступним етапом є встановлення критичних меж для критичних контрольних точок первинної обробки зерна кукурудзи відповідно до 3-го принципу системи НАССР (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Специфікація критичних меж для критичних точок контролю

Критичні контрольні точки (ККТ)	Потенційні ризики			Характеристики небезпечних чинників	Граничне значення ККТ
	Біологічні	Хімічні	Фізичні		
Очищення зерна	-	-	+	Металомагнітні домішки	Не допустимо
Зберігання зерна	+	-	-	Продезін Комплекс	0,0008 мг/кг

Висновки за розділом

Проведене дослідження організації технологічного процесу первинної обробки зерна кукурудзи на хлібоприймальному підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ» показало 2 критичні контрольні точки на етапі очищення зерна та його зберігання. По кожній критичній точці була приведена характеристика небезпечних факторів і визначена гранична межа їх значень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Карту безпеки праці на етапі очищення зерна (рис. 5.1) було розроблено з урахуванням всіх особливостей та умов праці для операторів відділення очищення зерна на хлібоприймальному підприємстві.

ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ»	
1. Загальна інформація Посада: оператор зерноочисного відділення Тривалість робочого часу: 1 зміна. 7:00-18:30. Проходження медогляду: 1 раз на рік Проходження вторинного інструктажу з ОП – 1 раз на 6 міс. Термін дії картки: 08.06.2028 року, за умови не введення змін у хід технологічного процесу.	2. Забезпечення одягом та ЗІЗ Головний убір – 1 раз на рік Черевики шкіряні – 1 раз на 6 міс. Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 міс. Рукавиці трикотажні – до зносу Респіратор – до зносу Навушники протишумові – до зносу Захисні окуляри – до зносу
3. Вимоги перед початком роботи Робітник повинен оглянути і надіти спецодяг. Робітник повинен підготувати робочу зону для безпечної роботи Про виявлені при огляді порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.	4. Вимоги під час роботи Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання і до якої допущений. Забороняється доручати свою роботу ненавченим і стороннім особам. Робітник повинен застосовувати необхідні для безпечної роботи справне устаткування, інструмент, пристосування.
5. Вимоги охорони праці при закінченні роботи Після закінчення роботи привести в порядок робоче місце, інструменти, пристосування прибрати у відведене місце. Зняти і здати на збереження спецодяг та інші засоби захисту. Виконати правила особистої гігієни. Повідомити керівнику і змінника про всі порушення і зауваження, виявлених в процесі роботи.	6. Вимоги охорони праці в надзвичайних ситуаціях При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків, слід негайно: - припинити всі роботи; - відключити використовуване обладнання; - доповісти керівнику робіт. При отриманні травми, отруєння або раптового захворювання потерпілому повинна бути надана перша (долікарська) допомога
Контакти служб екстреної допомоги 	

Рисунок 5.1 – Карта безпеки праці оператора зерноочисного відділення хлібоприймального підприємства

5.2 Утилізація відходів виробництва

Під час проведення технологічного процесу на хлібоприймальних, зернопереробних та інших підприємствах зернопереробної галузі має суттєвий вплив на навколишнє середовище. Характеристикою процесу є наступні головні аспекти: забруднення навколишнього середовища через викид пилових інших забруднюючих речовин, потрапляння забруднювачів до стічних вод та виробничий шум.

Найважливішим завданням в організації заходів з охорони навколишнього середовища для хлібоприймального підприємства ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ» мінімізація факторів забруднення повітря, через загрозу забруднення атмосферного повітря.

Під час очищення, сортування та транспортування зернової маси в технологічному процесі утворюється значна кількість пилу мінерального й органічного походження. Для запобігання потраплянню пилових викидів у навколишнє середовище та зменшення негативного впливу на територію підприємства передбачено функціонування аспіраційної системи, яка забезпечує локальне відсмоктування пилоповітряної суміші від усіх основних джерел її утворення. Очищення аспіраційного повітря здійснюється за допомогою циклонів і фільтрів різних типів, що забезпечують високий ступінь уловлювання пилових частинок.

Транспортно-технологічна схема ХПП спроектована з урахуванням мінімізації кількості перевантажувальних операцій та скорочення довжини транспортних комунікацій. Розташування технологічного обладнання забезпечує зручність його експлуатації, технічного обслуговування та проведення санітарного очищення. Режим роботи обладнання відповідають проєктним параметрам, вимогам нормативно-технічної документації та правилам ведення технологічного процесу. Під час експлуатації обладнання підтримується у справному технічному стані, що гарантує його надійну роботу в міжремонтний період.

Для переміщення виробничих відходів на підприємстві застосовуються різні види транспортних засобів, зокрема самохідний транспорт, стрічкові конвеєри та системи пневматичного транспортування. З метою зменшення пиловиділення стрічкові конвеєри експлуатуються при відносно невисоких швидкостях руху стрічки, які, як правило, не перевищують 1,0–1,5 м/с.

Конструктивне виконання виробничих приміщень передбачає використання гладких поверхонь стін, стель, підлог, несучих конструкцій та дверних заповнень, що сприяє ефективному видаленню пилових відкладень і підтриманню належного санітарного стану. Виробничі, допоміжні та складські приміщення, а також технологічне обладнання і механізми систематично утримуються в чистоті відповідно до встановлених санітарних вимог.

Видалення пилу з виробничих об'єктів, технологічного обладнання та покрівель будівель здійснюється відповідно до затверджених графіків прибирання. Періодичність виконання робіт визначається залежно від особливостей окремих виробничих ділянок і може здійснюватися щозмінно, щоденно, щомісячно або щоквартально. Графіки санітарного очищення затверджуються керівником підприємства та є обов'язковими для виконання.

Екологічна політика підприємства спрямована на мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє природне середовище, забезпечення безпечних і комфортних умов праці для персоналу, а також створення передумов для підвищення ефективності виробничих процесів та сталого розвитку підприємства.

Висновки за розділом

У процесі роботи над даним розділом кваліфікаційної роботи розроблено карту безпеки праці працівника (оператора або майстра) на стадії очищення зерна підприємства, обговорено і запропоновано шляхи утилізації відходів зернозаготівельного підприємства, а також вплив їх на екологічну безпеку місцевості.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для оцінювання економічної ефективності запропонованого удосконалення технологічної лінії первинної обробки зерна кукурудзи проведено розрахунок комплексу техніко-економічних показників. У ході дослідження визначено величину основних і додаткових капітальних вкладень, витрати на здійснення виробничого процесу, прогнозований річний економічний результат від реалізації проектного рішення та термін повернення інвестованих коштів

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані проекту удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи

Показники	Значення
Основна продукція	Кукурудза (зерно)
Побічна продукція обробки	Зернові відходи
Загальні обсяги сировини, що надходить на переробку, т	30000
Вартість 1 т зерна, що надходить на підприємство, грн.	11000
Засміченість зерна в середньому, %	8,8
Вартість 1 т зернових відходів, грн.	1280
Вартість 1 т очищеного зерна, грн.	12240
Загальна кількість робітників лінії, осіб	8
Середня місячна зарплата працівника з нарахуваннями, грн.	14800
Загальний обсяг доданих капіталовкладень, грн.	800000
Витрати електроенергії за рік, кВт/год.	81623
Вартість 1 кВт/год. електроенергії, грн.	6,88

Економічну оцінку проекту визначають шляхом розрахунку наступних показників:

1. Вартість сировини, що поступає на обробку (B_n), грн.:

$$B_n = Q_n \cdot C_n \quad (6.1)$$

де Q_n – обсяг зерна, що поступає на обробку, т. $Q_n=30000$ т;

C_n – вартість 1 т сировини (зерно кукурудзи), грн. $C_n=11000$ грн.

$$B_n = 30000 \cdot 11000 = 330\,000\,000 \text{ грн}$$

2. Вихід готової продукції досить суттєво залежить від вихідних показників засміченості, яка визначається у ВТЛ. Згідно вихідних даних середня засміченість зернової маси складає 8,8 %, враховуючи те, що вміст смітної домішки за базовими показниками рівний 2,5 %, тоді необхідно із загальної маси сировини відрахувати 6,3 % смітної домішки.

3. Обсяг очищеного зерна (Q_u), т:

$$Q_u = \frac{Q_n \cdot 100 - z}{100} \quad (6.2)$$

$$Q_u = \frac{30000 \cdot 100 - 6,3}{100} = 28110 \text{ т.}$$

4. Вихід зернових відходів (Q_z), т:

$$Q_z = Q_n - Q_u \quad (6.3)$$

$$Q_z = 30000 - 28110 = 1890 \text{ т.}$$

5. Вартість очищеного зерна (B_q), грн.:

$$B_q = Q_q \cdot C_q \quad (6.4)$$

де C_q – ціна однієї тони очищеного зерна, грн. $C_q = 12240$ грн/т

$$B_q = 28110 \cdot 12240 = 344066400 \text{ грн}$$

6. Експлуатаційні витрати (EB) всього, грн.:

$$EB = ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} + IB \quad (6.5)$$

7. Заробітна плата ($ЗП$) з нарахуваннями, грн.:

$$ЗП = ЗП_{cp} \cdot K_{np} \cdot 12 \quad (6.6)$$

де $ЗП_{cp}$ – середньомісячна заробітна плата одного працівника з нарахуваннями, грн.

$$ЗП_{cp} = 14800 \text{ грн};$$

K_{np} – кількість основних робітників, чол. $K_{np} = 8$ чол.

Виходячи з того, що в результаті удосконалення кількість працівників залишилася незмінною, то і заробітна плата матиме однакові значення, як для базового, так і для проектного варіанту:

$$ЗП = 14800 \cdot 8 \cdot 12 = 1420800 \text{ грн}$$

8. Амортизаційні відрахування (A), грн.:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100}, \quad (6.7)$$

де λ – норма амортизації, %, складає 10 %;

B – обсяг капіталовкладень, грн.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань для базового варіанту приймаємо $B = 2000000$ грн (вартість основних виробничих фондів підприємства), а для проектного варіанту приймаємо $B = 2800000$ грн (суму основних виробничих фондів та додаткових капітальних складень на модернізацію).

- для базового варіанту:

$$A = \frac{2000000 \cdot 10}{100} = 200000 \text{ грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$A = \frac{2800000 \cdot 10}{100} = 280000 \text{ грн.}$$

9. Вартість електроенергії ($B_{ел.}$), грн.:

$$B_{ел.} = Q_{ел.} \cdot C_{ел.} \quad (6.8)$$

де $Q_{ел.}$ – річні витрати електроенергії, кВт/год.;

$C_{ел.}$ – ціна одного кВт електроенергії, грн. $C_{ел.} = 6,88$ грн.

Під час удосконалення технологічної лінії витрати електроенергії за рік зросли на 4217 кВт/год і відповідно загальні вони складають $Q_{ел.} = 85840$ кВт/год.

- для базового варіанту:

$$B_{ел.} = 81623 \cdot 6,88 = 561566,2 \text{ грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$B_{ел.} = 85840 \cdot 6,88 = 590579,2 \text{ грн.}$$

10. Витрати ($B_{рем}$) на поточний ремонт та технічне обслуговування складають 30 % від суми амортизаційних відрахувань, грн.:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100} \quad (6.9)$$

де A – сума амортизаційних відрахувань, грн.

- для базового варіанту:

$$B_{рем} = \frac{200000 \cdot 30}{100} = 60000 \quad \text{грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$B_{рем} = \frac{280000 \cdot 30}{100} = 84000 \quad \text{грн.}$$

11. Інші витрати (IB) складають 3% від суми всіх експлуатаційних витрат, грн.:

$$IB = \frac{ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100} \quad (6.10)$$

де $ЗП$ – заробітна плата з нарахуваннями, грн;

A – амортизаційні відрахування, грн;

$B_{ел}$ – вартість електроенергії, грн;

$B_{рем}$ – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування, грн.

- для базового варіанту:

$$IB = \frac{1420800 + 200000 + 561566,2 + 60000 \cdot 3}{100} = 23623,66 \quad \text{грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$IB = \frac{1420800 + 280000 + 590579,2 + 84000 \cdot 3}{100} = 25433,79 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати будуть становитимуть:

- для базового варіанту:

$$EB = 142080 + 200000 + 561566,2 + 60000 = 963646,2 \text{ грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$EB = 142080 + 280000 + 590579,2 + 84000 = 1096659,2 \text{ грн.}$$

12. Повна собівартість продукції ($ПС$), грн.:

$$ПС = EB + B_n \cdot 1,02 \quad (6.11)$$

де EB – загальні експлуатаційні витрати, грн;

B_n – вартість зерна, що надходить на переробку, грн.

- для базового варіанту:

$$ПС = 963646,2 + 289676597 \cdot 1,02 = 296433775,14 \text{ грн.}$$

- для проектного варіанту:

$$ПС = 1096659,2 + 330000000 \cdot 1,02 = 337696659 \text{ грн.}$$

13. Вартість всієї (основної і побічної) продукції (B_{np}), грн.:

$$B_{np} = B_q + B_z \quad (6.12)$$

де B_q – вартість очищеного зерна, грн;

B_z – вартість зернових відходів, грн.

- у базовому варіанті собівартість 1 т готової продукції становить 11 130 грн. При її визначенні враховано витрати на зберігання зерна на елеваторному підприємстві протягом шести місяців. Тариф на зберігання прийнято в розмірі 130 грн за 1 т зерна на місяць. Відповідно, вартість очищеного зерна для базового варіанту розраховується за такою залежністю:

Вартість чистого зерна для базового варіанту:

$$B_q = 27000 \cdot 11130 = 300510000 \text{ грн.}$$

Вартість чистого зерна для проектного варіанту:

$$B_q = 28110 \cdot 12240 = 344066400,0 \text{ грн.}$$

Вартість зернових відходів:

$$B_{зв} = 1890 \cdot 1280 = 2419200,0 \text{ грн}$$

Вартість продукції (основної і побічної) (B_{np}), для базисного варіанту становить:

$$B_{np} = 300510000,0 + 2419200,0 = 302929200 \text{ грн}$$

- для проектного варіанту до вартості всієї продукції входить вартість чистого зерна, яка рівна 344066400,0 грн та вартість зернових відходів – 2419200,0 грн, тоді:

$$B_{np} = 344066400,0 + 2419200,0 = 346485600 \text{ грн}$$

14. Загальний прибуток (Π), грн.:

$$\Pi = B_{np} - ПС \quad (6.13)$$

- для базового варіанту:

$$\Pi = 302929200 - 296433775,14 = 6495424,86 \text{ грн}$$

- для проектного варіанту:

$$\Pi = 346485600 - 337696659 = 8788941 \text{ грн.}$$

15. Рівень рентабельності (P), %:

$$P = \frac{\Pi}{\Pi C} \cdot 100 \quad (6.14)$$

- для базового варіанту:

$$P = \frac{6495424,86}{296433775,14} \cdot 100 = 2,19 \%$$

- для проектного варіанту:

$$P = \frac{8788941}{2337696659} \cdot 100 = 2,60 \%$$

16. Термін окупності додаткових капітальних вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{B_{доо}}{\Delta \Pi} \quad (6.15)$$

Приріст прибутку ($\Delta \Pi$), грн:

$$\Delta \Pi = \Pi_2 - \Pi_1$$

де Π_1 – прибуток до удосконалення, грн;

Π_2 – прибуток після удосконалення, грн.

$$\Delta \Pi = 8788941 - 6495424,86 = 2293516,14 \text{ грн}$$

Виходячи з цього, термін окупності складатиме:

$$T_o = \frac{800000}{2293516,14} = 0,35 \text{ року}$$

Таблиця 6.2 – Економічна ефективність проекту удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид готової продукції	Зерно кукурудзи	Зерно кукурудзи
Побічна продукція	Зерновідходи	Зерновідходи
Загальний обсяг зерна, що поступає на переробку, т	27000	30000
Вартість сировини, тис. грн.	330000000	330000000
Кількість основних робітників, осіб	8	8
Обсяг капіталовкладень, грн.	-	800000
Експлуатаційні витрати всього, грн.:	963646,2	1096659,2
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	1420800	1420800
- амортизаційні відрахування, грн.	200000	280000
- вартість електроенергії, грн.	561566,2	590579,2
- витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування, грн.	60000	84000
- інші витрати, грн.	23623,66	25433,79
Собівартість продукції, грн.	296433775,14	337696659,00
Загальний прибуток, грн.	6495424,86	8788941,00
Рівень рентабельності, %	2,19	2,60
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	0,35

Висновки за розділом

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи є економічно доцільним. Реалізація проекту дозволяє збільшити обсяг переробки сировини з 27 000 до 30 000 т без зміни чисельності основних робітників, що свідчить про підвищення ефективності використання виробничих ресурсів.

У результаті впровадження проектних рішень загальний прибуток зростає з 6,50 до 8,79 млн грн, а рівень рентабельності підвищується з 2,19 % до 2,60 %. За необхідних капіталовкладень у розмірі 800 тис. грн термін їх окупності становить 0,35 року, що підтверджує економічну ефективність та доцільність впровадження запропонованого удосконалення у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз особливостей зернової маси кукурудзи показав, що вона характеризується підвищеною вологістю, наявністю значної кількості домішок та неоднорідністю фізико-механічних властивостей, що обумовлює необхідність проведення комплексу післязбиральних операцій. Дослідження сучасного стану технологічних ліній післязбиральної обробки свідчить про доцільність їх удосконалення шляхом модернізації обладнання, впровадження енергоощадних технологій та автоматизованих систем управління.

Проаналізовано схему діючої технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи на хлібоприймальному підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ», встановлено місця, які потребують удосконалення, що в майбутньому суттєво буде впливати на якість і кількість зерна що може прийняти, обробити і відвантажити підприємство.

З метою підвищення продуктивності технологічної лінії та покращення ефективності функціонування зерноочисного обладнання запропоновано удосконалення існуючої технологічної схеми первинної обробки зерна кукурудзи. Для реалізації поставленого завдання передбачено встановлення додаткового скальператора марки СКО-100 виробництва компанії «Оліс».

Використання зазначеного обладнання забезпечить попереднє видалення крупних домішок із зернової маси, що сприятиме зниженню навантаження на основний сепаратор та створить умови для підвищення надійності його роботи й збільшення строку експлуатації. Очікується, що впровадження запропонованого технічного рішення дозволить збільшити річний обсяг первинної обробки зерна кукурудзи приблизно на 3000 т.

У процесі виконання роботи здійснено уточнювальні розрахунки технологічного і транспортного обладнання, а також проведено аналіз ефективності функціонування лінії первинної обробки зерна кукурудзи. Результати розрахунків підтвердили доцільність удосконалення існуючої

технологічної схеми. Для забезпечення необхідної продуктивності запропоновано встановлення скальператора СКО-100 виробництва ОЛІС з пропускною здатністю 100 т/год.

На підставі проєктних розрахунків визначено основні параметри виробничої будівлі. Площа одного поверху становить 108 м², а сумарна площа об'єкта — 648 м². Конструкцією передбачено шість поверхів заввишки 4,2 м кожний, що забезпечує загальну висоту будівлі на рівні 25,2 м.

За результатами аналізу технології первинної обробки зерна кукурудзи на підприємстві ТОВ «ХЛІБНИЙ КРАЙ ПРИВІЛЬНЕ» встановлено наявність двох критичних контрольних точок у межах процесів очищення та зберігання зернової сировини. Для кожної з визначених точок проведено оцінювання потенційних небезпек і встановлено допустимі межі контрольованих показників.

Крім того, сформовано карту безпеки праці оператора зерноочисного відділення, у якій відображено основні виробничі ризики та заходи щодо їх мінімізації. Також обґрунтовано напрями утилізації відходів, що утворюються під час виконання технологічних операцій із зерном, та проаналізовано їх можливий вплив на екологічний стан довкілля і рівень екологічної безпеки території.

Можна зробити висновок, що при такому удосконаленні технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи підтверджено економічну доцільність реалізації запропонованого проекту.

Впровадження удосконаленої технологічної лінії дозволяє збільшити обсяг переробки сировини з 27 000 до 30 000 т на рік, тобто на 11,1 %, без збільшення чисельності основних виробничих робітників. Це свідчить про підвищення продуктивності праці та ефективніше використання наявних виробничих ресурсів.

Незважаючи на певне зростання експлуатаційних витрат, пов'язане з додатковими витратами на амортизацію, електроенергію та технічне обслуговування обладнання, запропоновані заходи забезпечують збільшення загального прибутку підприємства з 6495424,86 грн до 8788941,00 грн.

Приріст прибутку становить 2293516,14 грн, або 35,3 % порівняно з базовим варіантом.

Рівень рентабельності виробництва підвищується з 2,19 % до 2,60 %, що підтверджує покращення економічних показників функціонування підприємства після впровадження проектних рішень.

Для реалізації проекту необхідні додаткові капіталовкладення у розмірі 800 тис. грн. Розрахунковий термін їх окупності становить 0,35 року (близько 4 місяців), що свідчить про високу ефективність та швидке повернення інвестованих коштів.

Результати проведених розрахунків підтверджують економічну ефективність запропонованого удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи та доцільність його впровадження у виробництво.

Можна зробити висновок, що за всіма визначеними показниками запропоноване удосконалення технологічної лінії первинної обробки кукурудзи є доцільним і може бути реалізоване на підприємстві.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Кирпа М. Я. Зберігання і переробка зерна. Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2018. 320 с.
2. Кирпа М. Я. Елеватори, зерносклади і зерносушарки. Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2020. 484 с.
3. Пазюк В. М. Технологія післязбиральної обробки та зберігання зерна. Вінниця : ВНАУ, 2021. 280 с.
4. Белінська А. П., Станкевич Г. М. Сучасні технології та обладнання зернопереробних виробництв. Київ : ЦП «Компринт», 2022. 356 с.
5. . ДСТУ 4525:2006. Кукурудза. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.
6. Науменко О. А. Машини та обладнання для очищення і сортування зерна. Харків : ХНТУСГ, 2019. 248 с.
7. Гапоненко О. М., Коваленко І. В. Удосконалення технологій сепарування зернових сумішей. *Техніка та технології АПК*. 2021. № 4. С. 25–31.
8. Кирпа М. Я. Захист зерна під час зберігання та сучасні методи дезінсекції. *Зерно і хліб*. 2020. № 3. С. 18–24.
9. Technology Audit and Production Reserves. Determination on energy efficiency in corn grain drying. 2025. № 4(1). С. 33–39.
10. Li B., Zeng Z., Zhang X. et al. Study on the Variable-Temperature Drying Process of Corn Drying in an Industrial Corn-Drying System Equipped with a Self-Adaptive Control Heat Exchanger. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11(6). Article 2772.
11. Кирпа М. Я. Кукурудза: збирання, сушіння та зберігання зерна. Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2019.
12. Coradi P. C., Maldaner V., Lutz E. et al. Influences of drying temperature and storage conditions for preserving the quality of maize postharvest on laboratory and field scales. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10.
13. Timm N. S. Effects of Corn Drying and Storage Conditions on Flour,

Starch, Feed and Ethanol Production: A Review. *Journal of Food Science and Technology*. 2022.

14. Кирпа М. Я. Якість зерна та фактори її формування під час післязбиральної обробки. *Зерно і хліб*. 2020. № 2.

15. Станкевич Г. М. Фізико-механічні властивості зерна та зернових мас. Одеса : Астропринт, 2018.

16. Кирпа М. Я. Якість зерна та фактори її формування під час післязбиральної обробки. *Зерно і хліб*. 2020. № 2.

17. Li B., Zeng Z., Zhang X. et al. Study on the Variable-Temperature Drying Process of Corn Drying in an Industrial Corn-Drying System Equipped with a Self-Adaptive Control Heat Exchanger. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11(6).

18. Ereemeeva A. M., Ilyushin Y. V. Automation of the control system for drying grain crops. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13.

19. Бондаренко В. В. Транспортне обладнання зернопереробних підприємств. Харків : Факт, 2020.

20. Гапоненко О. М., Коваленко І. В. Модернізація зернопереробних підприємств в умовах енергозбереження. *Техніка та технології АПК*. 2021. №4

21. Gorbenko O., Lapenko H., Lapenko T., Kolotii S. Determination on energy efficiency in corn grain drying. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025.

22. Comparison on drying characteristic, efficiency, unit drying cost and quality of maize dried by a novel multi-crop mobile dryer, existing industrial dryer and sun drying method. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023.

23. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації харчового ланцюга. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

24. Codex Alimentarius Commission *Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application*. Rome: FAO/WHO, 2022.

25. Mortimore S., Wallace C. HACCP: A Practical Approach HACCP: A Practical Approach. – 4th ed. – Springer, 2019.

26. Food and Agriculture Organization Food Quality and Safety Systems. A Training Manual on Food Hygiene and the HACCP System. – Rome: FAO, 2020.

27. International Organization for Standardization ISO 22000 Food Safety Management Systems – Guidance and Application Documents, 2021.

28. Мостенська Т. Л., Сичевський М. П., Рибачук-Ярова Т. В., Бойко І. А. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проєкту для студентів спеціальності «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів». – Київ: НУХТ, 2007. – 52 с. У посібнику наведено методику визначення капітальних вкладень, експлуатаційних витрат, прибутку, рентабельності та строку окупності проєктних рішень.

29. Суліма Н. М., Степасюк Л. М., Гуцул Т. А., Величко О. В. Економіка підприємства: навчальний посібник. – 2-ге вид. – Київ: ЦП «Компринт», 2018. – 391 с. Видання містить методичні підходи до розрахунку собівартості продукції, формування прибутку, визначення економічної ефективності виробництва та оцінки інвестиційних проєктів.

30. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О. Економіка аграрного підприємства: навчальний посібник. – Мелітополь: Люкс, 2016. – 498 с. У посібнику розглянуто питання економічної оцінки виробничої діяльності аграрних підприємств, визначення витрат, доходів, прибутку та показників рентабельності.