

**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 післязбиральної
обробки зерна на елеваторі**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Єлизавета ВАРЕЦЬ

Керівник: _____ Дмитро ТИМЧАК

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 ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Варець Єлизаветі Миколаївні

1. Тема роботи: «Удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна на елеваторі».

Керівник роботи: Тимчак Дмитро Олександрович, старший викладач, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

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

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологічна схема роботи елеватора з приймання зерна злакових культур. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

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

5. Перелік демонстраційного матеріалу
1 Відомості про підприємство. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина.
4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Карта охорони праці. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	ст. викладач Дмитро ТИМЧАК	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-02.05.26	виконано
2	Загальна частина	03.05-05.05.26	виконано
3	Технологічна частина	06.05-15.05.26	виконано
4	Проектна частина	16.05-26.05.26	виконано
5	Впровадження елементів системи НАССР	27.05-29.05.26	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.05-31.05.26	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування	01.06-02.06.26	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	03.06-06.06.26	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.06-08.06.26	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Єлизавета ВАРЕЦЬ
(підпис)

Керівник роботи _____ Дмитро ТИМЧАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна на елеваторі»

Кваліфікаційна робота бакалавра: 63 с., 9 рис., 5 табл., 30 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: зерно кукурудзи та ячменю, процес трієрування.

Метою роботи є дослідження можливості удосконалення технологічної лінії з післязбиральної обробки зерна на елеваторі.

Методи дослідження:

У роботі використано загальноприйняті методики проведення технологічних розрахунків елеваторних підприємств. Для визначення параметрів технологічного процесу післязбиральної обробки зерна, підбору необхідної кількості обладнання, а також розрахунку площ виробничих приміщень і техніко-економічних показників застосовано довідникові та нормативні методи.

Робота присвячена удосконаленню технологічної лінії післязбиральної обробки зерна шляхом підвищення ефективності очищення зернової маси. На основі аналізу діючої технологічної схеми елеваторного підприємства Дніпропетровської області встановлено відсутність етапу глибокого очищення зерна від довгих та коротких домішок, у зв'язку з чим запропоновано впровадження трієрного обладнання.

Розглянуто сучасні зразки вітчизняного та закордонного трієрного обладнання, зокрема окремі трієри та блокові рішення. Обґрунтовано доцільність застосування трієрного блоку ТРБ-800, який забезпечує ефективне видалення коротких і довгих домішок в одному агрегаті та відповідає параметрам існуючої технологічної лінії.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Встановлено, що впровадження запропонованого рішення забезпечує рентабельність понад 11% та надзвичайно короткий термін окупності капітальних вкладень – близько 0,09 року, що підтверджує економічну доцільність модернізації технологічної лінії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Післязбиральна обробка зерна, кукурудза, ячмінь, елеватор, трієр, трієрування, домішки, удосконалення, технологічна лінія.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	7
1.1 Стан вирощування основних зернофуражних культур в Дніпропетровській області.....	7
1.2 Характеристика зерна кукурудзи та ячменю та його післязбиральної обробки	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Опис діючої технологічної схеми.....	18
2.2 Пропозиції щодо удосконалення технологічної схеми	22
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	31
3.1 Технологічний розрахунок.....	31
3.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання	35
3.3 Розрахунок площ та компонування обладнання основних виробничих приміщень	38
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР	41
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	46
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виконанні післязбиральної обробки зерна	46
5.2 Утилізація відходів виробництва.....	49
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
БІБЛІОГРАФІЯ	60

ВСТУП

Елеваторний сектор, як одна з ключових ланок агропромислового комплексу України, демонструє стабільну тенденцію до розвитку. Навіть за умов, коли світові ціни на сільськогосподарську продукцію досягають мінімальних значень за тривалий період, аграрні підприємства та фермерські господарства продовжують акумулювати фінансові ресурси для участі у ринку землі. На тлі загального уповільнення економічних процесів у країні інвестиційна активність у сфері будівництва сучасних зерноскладів і портів зернових терміналів залишається на високому рівні.

Потужності зі зберігання та перевантаження зерна поступово зростають, а технічні й технологічні параметри елеваторів та обладнання дедалі більше відповідають міжнародним стандартам. Водночас вітчизняні виробники елеваторного обладнання впевнено нарощують виробничі можливості та успішно конкурують із провідними світовими компаніями, демонструючи високий рівень якості та інноваційності продукції.

Упродовж останніх років елеваторна галузь України зазнала суттєвих трансформацій, що зумовлено активізацією зернового ринку та впровадженням сучасних технологічних рішень. Аналітичні дані свідчать, що починаючи з 2010 року в експлуатацію введено понад 14 млн т потужностей одночасного зберігання зерна, оснащених високотехнологічним обладнанням, здатним забезпечити належну якість продукції під час тривалого зберігання. При цьому близько 4 млн т становлять потужності портів елеваторів, орієнтованих на перевалку зернових вантажів.

Загалом упродовж останнього періоду, у зв'язку зі зростанням експортного потенціалу аграрного сектору України, спостерігається інтенсивне збільшення обсягів інвестування у розвиток портової інфраструктури. Це сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів, скороченню часу обробки вантажів та зміцненню позицій України на світовому ринку зерна.

Сучасні елеваторні комплекси дедалі частіше впроваджують автоматизовані системи управління технологічними процесами, що дозволяє мінімізувати вплив людського фактору та підвищити точність контролю якості зерна. Використання цифрових рішень забезпечує оптимізацію режимів сушіння, очищення та зберігання, що позитивно впливає на економічні показники підприємств.

Важливим напрямом розвитку галузі є також підвищення енергоефективності обладнання та впровадження ресурсозберігаючих технологій. Це дає можливість зменшити витрати енергоносіїв, скоротити собівартість послуг та знизити негативний вплив на навколишнє середовище, що є особливо актуальним у сучасних умовах.

Перспективи подальшого розвитку елеваторної галузі пов'язані з модернізацією існуючих потужностей, розширенням логістичних можливостей та інтеграцією у міжнародні торговельні системи. Удосконалення інфраструктури зберігання і транспортування зерна сприятиме підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору України та забезпеченню стабільного експорту продукції на світові ринки.

Метою роботи є пошук шляхів стосовно удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна на елеваторі, що призведе до покращення якості оброблюваного зернового матеріалу.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна в умовах зростання вимог до якості продукції та конкурентоспроможності аграрного сектору України. Удосконалення технологічних ліній елеваторів дозволяє зменшити втрати зернового матеріалу, забезпечити стабільність його якісних показників під час зберігання та транспортування, а також оптимізувати виробничі витрати. У сучасних умовах впровадження більш досконалих технічних і технологічних рішень є важливим чинником підвищення економічної ефективності підприємств та зміцнення позицій України на світовому ринку зерна.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Стан вирощування основних зернофуражних культур в Дніпропетровській області

«У період 2015-2025 років показники виробництва зерна кукурудзи, з урахуванням кон'юнктури внутрішнього та зовнішнього ринків, свідчать про стійке зростання інтересу до цієї культури» [1]. За своїм господарським значенням кукурудзівництво посідає важливе місце у формуванні зернофуражного балансу та фактично не має рівноцінної альтернативи. Обсяги виробництва кукурудзи значною мірою визначають економічний стан тваринницької галузі, а також істотно впливають на розвиток зернового сектору загалом.

У сучасних умовах кукурудза широко вирощується на всій території України, причому протягом 2015-2025 років спостерігається тенденція до збільшення посівних площ та їх стабілізації, особливо в степовій зоні. «Частка цієї культури в структурі посівів залишається значною, а коливання показників за роками зумовлюються впливом погодних факторів та ринкової ситуації. Водночас площі під кукурудзою на зерно у степових регіонах демонструють відносну сталість, що свідчить про економічну доцільність її вирощування та високий попит на продукцію» [1].

Дніпропетровська область традиційно належить до регіонів з розвиненим кукурудзівництвом, де упродовж 2015-2025 років зберігається вагома частка посівів цієї культури. У господарствах області відзначається тенденція до розширення площ під зерною кукурудзою, що супроводжується підвищенням рівня врожайності. «Завдяки впровадженню сучасних високопродуктивних гібридів та вдосконаленню технологій вирощування досягнуто стабільно високих показників валового збору зерна, які в окремі роки перевищують мільйон тонн» [2]. Це підтверджує значний потенціал регіону щодо подальшого нарощування виробництва кукурудзи та зміцнення його ролі в аграрному секторі України.

«Аналіз динаміки зібраних площ кукурудзи на зерно за категоріями господарств у період 2015-2025 років показує, що в умовах Дніпропетровської

області основна частка посівів зосереджена у сільськогосподарських підприємствах і становить близько 61 %, тоді як на господарства населення припадає приблизно 39 %» [3]. Це свідчить про збереження провідної ролі аграрних підприємств у виробництві зернової кукурудзи, хоча участь приватного сектору також залишається вагомою.

«Водночас у структурі загальних посівних площ кукурудзи в регіоні простежується тенденція до поступового скорочення частки аграрних підприємств і відповідного зростання ролі господарств населення. Незважаючи на періодичне збільшення площ посіву кукурудзи в сільськогосподарських підприємствах, їх частка у загальній структурі знижується, тоді як у приватному секторі спостерігається стійке розширення площ» [4]. Така трансформація структури виробництва свідчить про зміни в організації аграрного сектору та підвищення активності індивідуальних виробників у вирощуванні кукурудзи.

Народногосподарська ефективність вирощування кукурудзи в Дніпропетровській області у період 2015-2025 років залишається на високому рівні. «Ця культура відзначається значно вищою продуктивністю порівняно з іншими зерновими і лише в окремі роки може поступатися озимій пшениці» [1]. Такі показники підтверджують її важливу роль у формуванні стабільної зернової бази регіону.

Водночас особливо відчутними є переваги кукурудзи серед зернофуражних культур (рис. 1.1). «У середньому за досліджуваний період її врожайність перевищує показники ячменю ярого та вівса приблизно на 0,8–1,0 т/га, а зернобобових культур – більш ніж на 1,0 т/га» [1]. Це створює передумови для більш ефективного використання земельних ресурсів і сприяє підвищенню загальної продуктивності аграрного виробництва.

Ключовим чинником, що визначає ефективність виробництва кукурудзи, є рівень її врожайності. «Цей показник відображає не лише рівень розвитку землеробства, а й слугує індикатором впровадження інтенсивних технологій та їх економічної результативності» [5]. Висока врожайність свідчить про раціональне використання ресурсів і ефективність організації виробничих процесів.

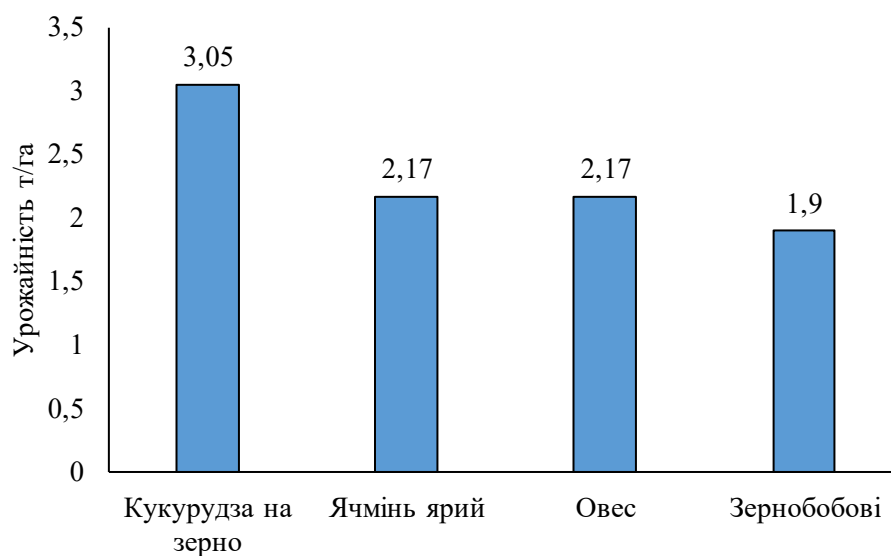


Рисунок 1.1 – Урожайність основних зернофуражних культур в господарствах Дніпропетровської області

Підтвердженням цього є результати аналізу господарств у період 2015–2025 років, згрупованих за рівнем урожайності кукурудзи на прикладі Дніпропетровської області, які демонструють чітку залежність між підвищенням врожайності та зростанням економічної ефективності її вирощування.

Результати аналізу більшості сільськогосподарських підприємств Дніпропетровської області за період 2015-2025 років свідчать про чітку залежність між рівнем урожайності та економічною ефективністю виробництва зерна кукурудзи. Із підвищенням урожайності спостерігається зростання прибутковості, що підтверджує доцільність інтенсифікації виробництва та впровадження сучасних технологій.

Зокрема, у господарствах з найнижчими показниками врожайності зафіксовано найвищу собівартість продукції, що зумовлює низький рівень рентабельності виробництва. «Натомість у групах підприємств із більш високою врожайністю, яка досягає понад 5,0–7,5 т/га, спостерігається зниження собівартості зерна та суттєве підвищення економічної віддачі» [6, 7]. При цьому навіть за умов збільшення витрат на одиницю площі забезпечується максимальна прибутковість

виробництва, що підтверджує ефективність інтенсивного ведення кукурудзівництва.

«У період 2015-2025 років у сільськогосподарському виробництві значна частина орних земель характеризується високим рівнем засміченості, який охоплює близько 70-80 % площ, тоді як необроблені ділянки стають джерелом активного поширення бур'янів» [1]. Дослідження показують, що «ефективним способом покращення фітосанітарного стану посівів є застосування гербіцидів, які дозволяють знищити до 80-95 % бур'янової рослинності» [8]. Попри те, що використання таких засобів захисту рослин супроводжується значними витратами, економічні розрахунки підтверджують їх доцільність, оскільки приріст урожайності та додатковий прибуток, як правило, компенсують понесені витрати, забезпечуючи позитивний результат уже в короткостроковій перспективі.

У системі агротехнологічних та організаційно-економічних заходів, спрямованих на стабілізацію обсягів виробництва кукурудзи та підвищення її конкурентоспроможності, важливу роль відіграє ефективне використання генетичного потенціалу сучасних гібридів. Інтенсифікація виробництва безпосередньо пов'язана з упровадженням досягнень селекції та насінництва, що дозволяє підвищити адаптивність рослин до несприятливих умов вирощування та їх стійкість до хвороб. «Застосування нових високопродуктивних гібридів і використання якісного насіннєвого матеріалу високих репродукцій забезпечує зростання врожайності кукурудзи в середньому на 20-25 %, що суттєво підвищує ефективність галузі» [2].

Залежно від параметрів сушіння, початкової вологості та подальшого використання зерна у період 2015–2025 років витрати рідкого палива становлять у межах 1,6-3,4 кг на видалення 1 % вологи з 1 т зернової маси. «Зокрема, для доведення зерна до базисних кондицій за врожайності 7–8 т/га та збиральної вологості 25-35 % додаткові витрати палива можуть коливатись у межах 140-160 до 300-330 кг» [5]. При цьому енергетичні витрати безпосередньо на вирощування кукурудзи, включаючи обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, збирання та транспортування, залишаються на рівні близько 110-

120 кг/га, що свідчить про значну енергоємність процесу післязбиральної доробки зерна.

У період 2015–2025 років ячмінь ярий залишається важливою зернофуражною культурою, яка характеризується відносно стабільними показниками виробництва та широким використанням у тваринництві. «Його вирощування відзначається меншою вимогливістю до ґрунтово-кліматичних умов порівняно з іншими зерновими, що робить його поширеним у різних регіонах України» [4]. Водночас рівень урожайності ячменю поступається кукурудзі, проте культура забезпечує стабільний валовий збір зерна та відіграє важливу роль у формуванні кормової бази.

З економічної точки зору виробництво ячменю характеризується помірними витратами ресурсів, що дозволяє забезпечити прийнятний рівень рентабельності навіть за середніх показників урожайності. Водночас підвищення ефективності його вирощування пов'язане з удосконаленням технологій, впровадженням сучасних сортів та оптимізацією систем удобрення, що сприяє зростанню продуктивності та якості зерна.

«Овес у сучасних умовах 2015–2025 років займає відносно меншу частку в структурі посівних площ, проте зберігає своє значення як цінна кормова та продовольча культура. Його вирощування характеризується високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов, зокрема до підвищеної вологості, що забезпечує стабільність виробництва навіть у несприятливі роки» [6]. Водночас рівень урожайності вівса, як правило, нижчий порівняно з іншими зерновими культурами.

Економічна ефективність вирощування вівса значною мірою залежить від рівня технологічного забезпечення та напрямів використання продукції. Завдяки невисоким витратам на вирощування культура може бути рентабельною за умови раціональної організації виробництва. «Додатковою перевагою є використання вівса у виробництві дієтичних та функціональних продуктів харчування, що підвищує його ринкову привабливість» [7].

Зернобобові культури упродовж 2015–2025 років набувають дедалі більшого значення в аграрному виробництві завдяки високому вмісту білка та здатності покращувати родючість ґрунтів. «Їх вирощування сприяє біологічній фіксації азоту, що дозволяє зменшити потребу у внесенні мінеральних добрив і підвищити ефективність сівозмін» [7, 8]. Незважаючи на відносно нижчу врожайність порівняно з кукурудзою, зернобобові відіграють важливу роль у забезпеченні кормової та продовольчої безпеки.

Економічна доцільність вирощування зернобобових культур зумовлюється їх високою поживною цінністю та зростаючим попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. «Впровадження сучасних сортів, удосконалення технологій вирощування та збирання дозволяє підвищити їх продуктивність і зменшити виробничі ризики» [8]. Це створює передумови для подальшого розширення площ під цими культурами та зміцнення їх ролі в структурі аграрного виробництва України.

1.2 Характеристика зерна кукурудзи та ячменю та його післязбиральної обробки

1.2.1 Кукурудза

Кукурудза є однією з найдавніших культур, що сформувалась у землеробстві та має універсальне призначення, поєднуючи продовольче, кормове і технічне використання. «Вона відзначається високою продуктивністю серед зернових культур і широко застосовується у різних галузях, причому основна частина зерна використовується для кормових потреб, менша – для харчової промисловості та технічної переробки» [9]. Завдяки своїм властивостям культура займає провідне місце у світовому аграрному виробництві.

«Історичний розвиток кукурудзи пов'язаний з територією Центральної Америки, звідки вона поступово поширилась у країни Європи, а згодом і в Україну. Протягом тривалого періоду культура зазнавала значних змін під впливом селекції, що сприяло формуванню сучасних високопродуктивних гібридів» [10]. Сьогодні

кукурудза займає значні площі посівів у світі та є однією з основних зернових культур за валовими зборами.

«В Україні кукурудза вирощується у різних природно-кліматичних зонах, проте основні посіви на зерно зосереджені в Степу та Лісостепу, тоді як на зелений корм і силос її культивують практично повсюдно» [10]. Високий рівень урожайності робить цю культуру однією з найефективніших у структурі зернового виробництва, що забезпечує її важливе значення для аграрного сектору.

Кукурудза характеризується широкими можливостями використання, оскільки з її зерна отримують різноманітні продукти харчування та технічної переробки, включаючи крохмаль, сиропи, спирт і рослинну олію. Крім того, вона має значення для харчової культури багатьох народів, що підкреслює її універсальність та економічну цінність.

«Післязбиральна обробка зерна кукурудзи є складним технологічним процесом, що зумовлений підвищеною вологістю зерна під час збирання, яка часто досягає 30–35 %» [10]. Це потребує обов'язкового сушіння, очищення та сортування зернової маси з метою доведення її до безпечних показників зберігання. Інтенсивність втрати вологи залежить від біологічних особливостей гібридів, морфології качана та умов вирощування, що визначає специфіку технологічних операцій.

Зберігання зерна кукурудзи потребує суворого дотримання температурно-вологісного режиму, оскільки воно відзначається підвищеною гігроскопічністю та інтенсивністю дихання. «При підвищеній вологості швидко розвиваються мікроорганізми, тому зерно перед закладанням на тривале зберігання необхідно висушувати до оптимальних показників і охолоджувати. Контроль якості під час зберігання включає систематичне визначення температури, вологості, зараженості та інших показників, що дозволяє запобігти втратам і забезпечити збереження споживчих властивостей продукції» [9].

Сучасні технології передбачають використання різних способів зберігання кукурудзи, включаючи силосні ємності, склади та полімерні рукави, що забезпечують гнучкість у виборі умов залежно від обсягів і призначення зерна.

Особливе значення має рівномірний розподіл вологи та запобігання утворенню конденсату, що може призводити до псування продукції.

«Для кормових цілей широко застосовується технологія консервування вологого зерна кукурудзи, яка дозволяє уникнути витрат на сушіння та зберегти високу поживну цінність корму» [10]. Такий підхід базується на природних біохімічних процесах, що забезпечують стабілізацію маси без використання хімічних добавок. Це сприяє зниженню енерговитрат і підвищенню ефективності використання культури в тваринництві.

Післязбиральна доробка кукурудзи передбачає поетапне виконання технологічних операцій, спрямованих на стабілізацію стану зернової маси та запобігання втратам якості. «Першочерговим етапом є очищення від механічних домішок, рослинних решток та пошкоджених зерен, що дозволяє зменшити вологість і покращити аераційні властивості насипу. Важливим також є калібрування зерна, яке забезпечує однорідність партії та підвищує ефективність подальшого сушіння» [9].

Сушіння зерна кукурудзи є найбільш енергоємною операцією післязбиральної обробки, оскільки початкова вологість зерна значно перевищує допустимі норми для зберігання. «Процес здійснюється із дотриманням оптимальних температурних режимів, щоб уникнути термічного пошкодження зернівки та зниження її технологічних властивостей» [10]. Ефективність сушіння значною мірою залежить від рівномірності подачі зерна та правильного підбору режимів роботи сушильного обладнання.

Завершальним етапом післязбиральної обробки є охолодження та підготовка зерна до зберігання або транспортування. «Охолодження дозволяє знизити інтенсивність дихальних процесів і попередити розвиток мікроорганізмів, що особливо важливо для зерна з підвищеною вологістю» [9, 10]. Рациональна організація всіх етапів післязбиральної доробки кукурудзи забезпечує збереження її якісних показників, зменшення втрат і підвищення економічної ефективності виробництва.

1.2.2 Ячмінь

«Ячмінь належить до найдавніших культур, які були введені в землеробство ще в глибоку давнину на територіях Близького Сходу, а згодом поширилися в Європі та на українських землях» [11]. Історичний розвиток культури свідчить про її високу адаптивність та здатність до вирощування в різних природно-кліматичних умовах. «Спочатку переважали дворядні форми, тоді як шестирядні з'явилися значно пізніше, що стало результатом селекційного вдосконалення» [12].

У сучасних умовах ячмінь є однією з провідних зернових культур світу, площі посівів якої перевищують десятки мільйонів гектарів. Його вирощують у різних країнах, що підтверджує високу пластичність культури та здатність пристосовуватись до широкого діапазону умов, включаючи як гірські території, так і низинні регіони. «В Україні ячмінь займає значні площі, особливо у степовій та лісостеповій зонах» [13].

Виробництво ячменю має чітко виражену зональну спеціалізацію, що зумовлено напрямками використання продукції. «У різних регіонах переважають продовольчі, пивоварні або кормові напрями вирощування, що визначає вимоги до якості зерна та технології його вирощування» [13]. Така диференціація дозволяє ефективно використовувати природні ресурси та задовольняти потреби різних галузей економіки.

Особливе місце серед різновидів культури займають голозерні форми, які відзначаються скоростиглістю та підвищеною стійкістю до несприятливих умов. «Водночас їх продуктивність дещо нижча порівняно з традиційними формами, що обмежує їх поширення. Проте вони мають важливе значення для виробництва продовольчої продукції у специфічних умовах вирощування» [11].

Ячмінь є високопродуктивною культурою, яка часто перевищує інші ярі зернові за рівнем урожайності за умови дотримання сучасних технологій вирощування. «Він широко використовується як кормова культура, оскільки його зерно характеризується високою поживною цінністю, збалансованим амінокислотним складом і добре засвоюється тваринами, що сприяє підвищенню продуктивності тваринництва» [12].

Крім кормового призначення, ячмінь має значне продовольче та технічне значення. Його використовують для виробництва круп, борошна та пивоварної продукції, причому якість зерна визначається вмістом крохмалю, білка та однорідністю фракцій. Важливим етапом є також правильне зберігання зерна, яке передбачає контроль вологості, температури та санітарного стану, що забезпечує збереження його якості протягом тривалого часу.

«Післязбиральна обробка зерна ячменю передбачає комплекс технологічних операцій, спрямованих на доведення його до кондиційного стану. Основними етапами є очищення від домішок, сортування за розмірами та сушіння до безпечної вологості» [12]. Особливе значення має рівномірність зерна за фракціями, оскільки це забезпечує стабільність подальших технологічних процесів, зокрема під час зберігання або переробки.

«Зберігання зерна ячменю здійснюється у спеціалізованих зерносховищах насипом або в тарі з дотриманням визначених умов. Важливим є підтримання оптимальної вологості, яка повинна бути нижчою за критичну, а також контроль температурного режиму, що впливає на інтенсивність фізіологічних процесів у зерновій масі» [11]. Для забезпечення якісного зберігання застосовують активне вентилування, що сприяє запобіганню самозігріванню та розвитку мікрофлори.

У процесі зберігання необхідно регулярно здійснювати контроль якості зерна, включаючи визначення температури, вологості, наявності шкідників і органолептичних показників. «Своєчасне виявлення відхилень дозволяє запобігти втратам якості та забезпечити збереження технологічних властивостей зерна» [13]. Дотримання оптимальних умов післязбиральної обробки та зберігання є важливим фактором зниження втрат і підтримання високої якості продукції.

Висновки по розділу.

Проведений аналіз стану вирощування основних зернофуражних культур у Дніпропетровській області свідчить про їх важливу роль у формуванні аграрного потенціалу регіону. Встановлено, що кукурудза займає провідне місце за рівнем урожайності та економічної ефективності, тоді як ячмінь, овес і зернобобові

культури забезпечують стабільність виробництва та формування кормової бази. Водночас простежується залежність результативності галузі від рівня інтенсифікації виробництва та впровадження сучасних технологій.

За умов впровадження високопродуктивних гібридів і сортів, удосконалення агротехнологій та раціонального використання ресурсів забезпечується зниження собівартості продукції та підвищення прибутковості господарств. Це підтверджує доцільність подальшої модернізації технологічних процесів у рослинництві.

У результаті дослідження характеристик зерна кукурудзи та ячменю встановлено, що їх фізико-механічні та технологічні властивості істотно впливають на організацію післязбиральної обробки та зберігання. Зокрема, підвищена вологість зерна кукурудзи зумовлює необхідність інтенсивного сушіння, тоді як зерно ячменю потребує ретельного очищення та контролю однорідності. Це визначає специфіку технологічних операцій і вимоги до обладнання.

Обґрунтовано, що ефективність післязбиральної обробки зерна значною мірою залежить від дотримання оптимальних режимів очищення, сушіння, охолодження та зберігання. Раціональна організація цих процесів дозволяє мінімізувати втрати, зберегти якість продукції та підвищити загальну ефективність виробництва. Таким чином, удосконалення технологічних ліній післязбиральної обробки є важливим напрямом розвитку зернового господарства.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис діючої технологічної схеми

Для подальшого опису технологічного процесу післязбиральної обробки зернових культур на елеваторному підприємстві Дніпропетровської області приймається стандартна технологічна схема (рис. 2.1), яка є типовою для сучасних зернопереробних комплексів.



Рисунок 2.1 – Загальна технологічна схема з післязбиральної обробки зерна зернових культур

Вона передбачає послідовне виконання основних операцій – приймання зерна кукурудзи та ячменю, попереднє та первинне очищення, сушіння за необхідності, вторинне очищення, тимчасове або тривале зберігання у силосах, а також подальше відвантаження споживачу. «Такий підхід забезпечує уніфікацію технологічних рішень, стабільність якості продукції та ефективну організацію виробничих потоків в умовах елеваторної промисловості регіону» [14, 15].

Технологічний процес післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю на елеваторі базується на принципі безперервної потоковості, що забезпечує послідовне проходження зернової маси через усі стадії обробки. «Устаткування комплексу формує єдину механізовану лінію, яка охоплює операції приймання, очищення, сушіння, повторного очищення та зберігання зерна з доведенням його до базисних кондицій і подальшим відвантаженням споживачу» [14]. Така організація процесу дозволяє підвищити ефективність роботи елеватора, зменшити втрати та забезпечити стабільну якість продукції.

«Приймання зерна кукурудзи та ячменю здійснюється шляхом розвантаження автотранспортних засобів у приймальні бункери за допомогою автомобільних розвантажувачів типу ГУАР-30» [15]. Після цього зернова маса транспортується за допомогою норій і конвеєрів до робочого відділення елеватора, де відбувається її первинна обробка. «На цьому етапі важливе значення має рівномірність подачі зерна та попереднє видалення крупних домішок, що забезпечує стабільність роботи наступного обладнання» [16].

Первинне очищення зерна здійснюється у скальператорах та зерноочисних сепараторах типу А1-БСХ-100, які видаляють великі, легкі та дрібні домішки. Зерноочисні сепаратори типу А1-БСХ-100 відіграють ключову роль у забезпеченні якісного очищення зерна кукурудзи та ячменю на всіх стадіях післязбиральної обробки.

«Принцип їх роботи базується на розділенні зернової маси за аеродинамічними та геометричними властивостями. Під час подачі зерна на ситовий корпус відбувається його розподіл по решетах різного калібру, де видаляються крупні та дрібні домішки, а система аспірації одночасно відокремлює

легкі частинки, пил і половиу» [16]. Завдяки цьому досягається висока ефективність очищення та зменшується навантаження на наступні етапи технологічного процесу.

Особливістю роботи сепараторів є можливість регулювання режимів очищення залежно від культури та її стану, що особливо важливо при обробці кукурудзи з підвищеною вологістю або ячменю, який потребує більш делікатного очищення для збереження цілісності зерна. «Висока продуктивність обладнання, яка може досягати 100 т/год, дозволяє забезпечити безперервність технологічного потоку» [14, 16]. Ефективність роботи сепараторів значною мірою залежить від правильного підбору сит, інтенсивності повітряного потоку та рівномірності подачі зернової маси.

«Очищене зерно, залежно від показників вологості, направляється або на тимчасове зберігання, або на сушіння. Для кукурудзи, яка надходить із підвищеною вологістю, етап сушіння є обов'язковим, тоді як для ячменю він застосовується за необхідності» [15].

Сушіння здійснюється у зерносушарках із дотриманням оптимальних температурних режимів для збереження якості зерна. Сушіння зерна кукурудзи та ячменю здійснюється у сучасних модульних зерносушарках типу Mathews Company MC 975, які характеризуються високою продуктивністю, енергоефективністю та можливістю адаптації до різних обсягів зернової маси.

«Принцип роботи сушарки полягає у поступовому проходженні зерна через сушильні секції, де воно контактує з потоком нагрітого повітря. Конструкція обладнання передбачає наявність зон нагрівання, витримки та охолодження, що забезпечує рівномірне видалення вологи та збереження технологічних властивостей зерна» [16].

Модульна будова сушарки MC 975 дозволяє змінювати її продуктивність залежно від потреб елеватора шляхом збільшення або зменшення кількості секцій. Це забезпечує гнучкість експлуатації та ефективну роботу як у період пікового надходження зерна, так і при менших навантаженнях. «Для кукурудзи, яка надходить на елеватор із підвищеною вологістю, сушіння є обов'язковим етапом,

тоді як для ячменю режим роботи підбирається залежно від фактичного стану зернової маси» [14].

Особлива увага приділяється дотриманню температурних режимів сушіння, оскільки перегрів зерна кукурудзи може викликати утворення тріщин та погіршення його якості, а для ячменю надмірна температура здатна знизити технологічні та посівні властивості. «Система автоматичного контролю сушарки забезпечує регулювання температури теплоносія, швидкості проходження зерна та рівня вологості на виході, що дозволяє підтримувати стабільний режим роботи та зменшувати витрати палива» [16].

Після сушіння зернова маса проходить вторинне очищення, яке забезпечує доведення її до вимог стандартів за чистотою та однорідністю. Відокремлені домішки транспортуються у спеціальні бункери для відходів із подальшим їх видаленням. «Очищене зерно за допомогою транспортного обладнання подається у силоси або інші ємності для зберігання, де підтримуються оптимальні умови для збереження його якості» [15].

Вертикальне транспортування зерна в межах елеватора здійснюється за допомогою норій, продуктивність яких забезпечує безперервність технологічного процесу. «Система аспірації, встановлена на основних вузлах, дозволяє зменшити запиленість повітря та покращити санітарно-гігієнічні умови роботи. Контроль якості зерна здійснюється на всіх етапах обробки, що дозволяє оперативно коригувати технологічні параметри» [14].

Завершальним етапом технологічного процесу є зберігання або відвантаження зерна кукурудзи та ячменю споживачам. Зерно, доведене до базисних кондицій, може направлятися безпосередньо на відвантаження або закладатися на тривале зберігання у силосах. «Рациональна організація всіх стадій післязбиральної обробки забезпечує збереження якісних показників зерна, мінімізацію втрат і підвищення ефективності функціонування елеваторного комплексу» [15].

2.2 Пропозиції щодо удосконалення технологічної схеми

На підставі аналізу існуючої технологічної лінії післязбиральної обробки зерна встановлено, що окремі її елементи потребують удосконалення з метою підвищення загальної ефективності роботи елеваторного комплексу. Зокрема, це стосується оптимізації процесів очищення, сушіння та транспортування зернової маси, а також зменшення енергетичних витрат і втрат зерна під час обробки. У зв'язку з цим доцільно розглянути та обґрунтувати пропозиції щодо модернізації технологічної схеми, впровадження більш продуктивного обладнання та вдосконалення організації потокових процесів, що дозволить підвищити якість кінцевої продукції та ефективність функціонування підприємства.

Водночас встановлено, що у вихідному зерновому матеріалі спостерігається підвищений вміст домішок, які не повністю видаляються на етапах первинного та вторинного очищення. У зв'язку з цим доцільно розглянути можливість удосконалення технологічної схеми шляхом додаткового включення в неї трієрів, призначених для відділення довгих і коротких домішок. Це дозволить значно підвищити ступінь очищення зерна кукурудзи та ячменю, зменшити навантаження на основне сепараційне обладнання та забезпечити стабільніші показники якості готової продукції.

У складі наявної технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю відсутня операція трієрування, що обмежує можливості повного видалення довгих і коротких домішок із зернової маси. Через це частина домішок може потрапляти на наступні етапи обробки та зберігання, що негативно впливає на загальну якість продукції та ефективність роботи обладнання.

У зв'язку з цим доцільно розглянути варіант доповнення технологічної схеми трієрами як окремим етапом очищення, що дозволить підвищити ступінь очищення зерна, зменшити навантаження на основні зерноочисні машини та забезпечити більш стабільні якісні показники кінцевого продукту. Впровадження такої операції сприятиме підвищенню ефективності всієї післязбиральної доробки зерна на елеваторі.

Для можливого удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю доцільно розглянути варіанти сучасного зерноочисного обладнання, яке може бути інтегроване у діючу елеваторну систему без суттєвої перебудови виробничого процесу. Основна увага приділяється машинам, що забезпечують додаткове очищення зерна від важковідокремлюваних домішок, зокрема трієрним блокам та комбінованим сепараційним установкам.

Серед можливих рішень можуть бути використані циліндричні та дискові трієри продуктивного типу, які ефективно відокремлюють довгі та короткі домішки за геометричними ознаками. «Таке обладнання може працювати у складі потокової лінії після первинного або вторинного очищення, що дозволяє підвищити загальну якість зернової маси перед сушінням або закладанням на зберігання» [16].

Додатково можуть бути розглянуті сучасні комбіновані зерноочисні машини, що поєднують повітряно-решітну сепарацію та трієрний принцип очищення. «Такі установки характеризуються високою універсальністю та здатністю працювати з різними культурами, включаючи кукурудзу та ячмінь, забезпечуючи більш глибоке очищення у порівнянні з традиційними сепараторами типу А1-БСХ» [14].

Одним із варіантів щодо встановлення в наявну технологічну лінії з українських трієрів є машини виробництва ТОВ «ОЛИС», які можуть бути інтегровані у технологічну лінію післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю без порушення її поточності та продуктивності.

Для удосконалення технологічної схеми доцільно розглянути використання трієрів ТЦК-700 (кукільний або короткої домішки) та ТЦО-700 (вівсюговідбірник). Обидві машини належать до серії комірчастих циліндричних трієрів і призначені для глибокого очищення зернової маси за довжиною, що є важливим доповненням до стандартних повітряно-решітних сепараторів.

Трієр ТЦК-700 (рис. 2.2) призначений для відокремлення коротких домішок (кукіль, биті зернівки та дрібні фракції) «і забезпечує продуктивність до приблизно 5,3 т/год, що дозволяє використовувати його як елемент додаткового очищення без перевантаження основної лінії. Його конструкція дає можливість монтувати

машину як окремо, так і в складі трієрного блоку, що підвищує гнучкість інтеграції у елеваторні системи» [17].

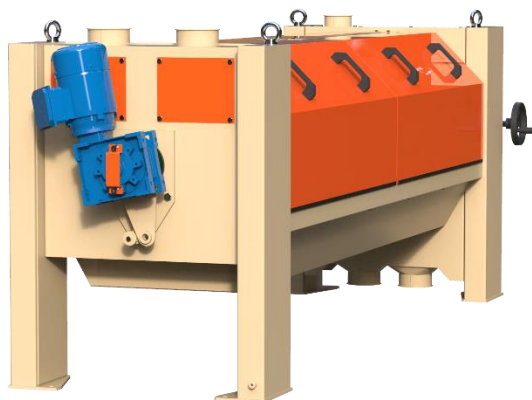


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд трієру ТЦК-700

Трієр ТЦО-700 призначений для відокремлення довгих домішок, зокрема вівсюга, та фракціонування зернової маси за довжиною. «Його продуктивність становить орієнтовно до 6,0 т/год, що дозволяє використовувати його на етапі фінішного очищення або як селективний модуль для підвищення якості зерна перед сушінням або зберіганням» [18].



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд трієру ТЦО-500

З урахуванням продуктивності основного обладнання елеваторної лінії, запропоновані трієри можуть бути встановлені у байпасному або паралельному режимі після первинного та вторинного очищення. Це дозволяє забезпечити

глибше очищення зерна кукурудзи та ячменю, знизити навантаження на сушильне обладнання та підвищити стабільність якісних показників кінцевої продукції.

Ще одним варіантом удосконалення може стати трієрний блок ТРБ-800 виробництва Хорольського механічного заводу, оскільки він поєднує у собі функції куکیلного та вівсяного трієрів у єдиному модульному агрегаті. Це дозволяє здійснювати глибоке очищення зернової маси від коротких і довгих домішок після первинної та вторинної сепарації, підвищуючи загальну якість підготовленого зерна до зберігання або реалізації.

«За технічними характеристиками ТРБ-800 (рис. 2.4) має продуктивність близько 8 т/год, що є оптимальним для включення його в елеваторну лінію середньої потужності як вузла додаткового (фінішного) очищення. Такий рівень продуктивності забезпечує узгоджену роботу з основними зерноочисними машинами типу А1-БСХ-100 без створення «вузьких місць» у технологічному потоці та дозволяє організувати паралельну або байпасну схему обробки зерна» [19].



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд трієрного блоку ТРБ-800

Конструктивно блок ТРБ-800 складається з двох взаємопов'язаних модулів – трієра для видалення коротких домішок та трієра для відокремлення довгих домішок, що забезпечує комплексний ефект очищення за довжиною зерна.

«Наявність модульних циліндрів і регульованих режимів роботи дозволяє адаптувати обладнання до різних культур, зокрема кукурудзи та ячменю, враховуючи їх фізико-механічні властивості та ступінь засміченості» [19].

Також в даному аналіз варто розглянути моделі трієрів закордонного виробництва. Першим варіантом є трієрний блок індентного типу Bühler Group серії Ultratrieur (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд трієрної машини Ultratrieur LADB

Це модульна система циліндричних трієрів, яка дозволяє виконувати як видалення коротких домішок (кукіль, биті зернівки), так і довгих домішок (вівсюг). «Конструкція передбачає комбінування секцій у єдиний блок, що дає змогу налаштовувати продуктивність у межах приблизно 4-8 т/год для малих та середніх конфігурацій» [20]. Обладнання широко використовується у зерноочисних лініях для кукурудзи та ячменю завдяки високій точності фракціонування за довжиною зерна.

Конструктивною перевагою Ultratrieur є модульний принцип побудови, який дозволяє адаптувати обладнання під конкретні вимоги виробництва. «Машина може комплектуватися різними за довжиною секціями від 1 до 4 метрів, що забезпечує гнучкість у формуванні продуктивності та ступеня очищення» [20]. Поєднання різних модулів дає можливість виконувати як відділення коротких, так

і довгих домішок, а також здійснювати фінішне сортування зерна, що є критично важливим для отримання високоякісної продукції.

«Важливим елементом конструкції є індентний циліндр (trieur jacket), характеристики якого безпосередньо впливають на ефективність сепарації. Виробник пропонує різні типорозміри комірок, а також загартовані поверхні, що збільшують термін експлуатації обладнання та знижують експлуатаційні витрати» [20].

Додатково передбачені зручні рішення для обслуговування, очищення та контролю процесу, включаючи доступ до внутрішніх елементів і можливість оперативного відбору проб, що забезпечує стабільно високу якість очищення зернової маси.

Другим варіантом удосконалення технологічної лінії післязбиральної обробки зерна закордонного виробництва є індентний циліндричний сепаратор серії H-500/TR виробництва Westrup A/S (рис. 2.6), який відноситься до обладнання глибокого очищення зерна за довжиною.

«Дана система призначена для ефективного виділення домішок, що відрізняються від основної зернової маси за геометричними параметрами, і широко застосовується у зерноочисних та насінневих лініях для кукурудзи, ячменю та інших злакових культур» [21]. Основною функцією обладнання є підвищення чистоти зерна після первинного та вторинного очищення шляхом видалення як коротких, так і довгих домішок.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд трієрного блоку H-500/TR

Конструктивно Н-500/TR може комплектуватися як окремими ідентними циліндрами, так і комбінованою двоблоковою схемою, що поєднує кукулярний та вівсюговий трієри. «Така компоновка забезпечує послідовне розділення зернової маси за довжиною у дві стадії, що дозволяє досягти високого ступеня очищення навіть при значному вмісті важковідокремлюваних домішок» [21]. Регулювання режимів роботи та налаштування параметрів подачі зерна дає можливість адаптувати обладнання до різних культур та їх фізико-механічних властивостей.

«Для умов елеваторної лінії середньої продуктивності оптимальним є робочий діапазон даного сепаратора на рівні приблизно 4–8 т/год, що забезпечує його узгоджену роботу з основними зерноочисними машинами без створення перевантажень у технологічному потоці» [21]. Така продуктивність дозволяє інтегрувати обладнання як окремий вузол глибокого очищення після етапів попередньої та вторинної сепарації, зберігаючи стабільність загальної пропускної здатності лінії.

«Додатковою перевагою серії Н-500/TR є надійна конструкція робочих органів та ідентних поверхонь, що забезпечує стабільну ефективність очищення протягом тривалого періоду експлуатації» [21]. Використання даного обладнання у складі елеваторного комплексу дозволяє підвищити якість зерна кукурудзи та ячменю за рахунок більш глибокого вилучення домішок, знизити навантаження на сушильне обладнання та покращити загальні показники збереження та товарної якості зернової продукції.

Узагальнюючи проведений аналіз сучасного трієрного обладнання вітчизняного та іноземного виробництва, можна відзначити, що всі розглянуті варіанти відповідають вимогам елеваторної технологічної лінії середньої продуктивності та можуть бути інтегровані як вузли глибокого очищення зерна кукурудзи та ячменю. Порівняння основних техніко-економічних показників (табл. 2.1) дозволяє систематизувати отримані результати та обґрунтувати вибір оптимального обладнання для подальшого впровадження.

Аналіз наведених даних свідчить, що вітчизняні моделі мають нижчу вартість при достатньому рівні продуктивності, що робить їх економічно привабливими для

впровадження на елеваторах середньої потужності. Водночас іноземні аналоги характеризуються більш високим рівнем технологічної гнучкості, модульності та точності очищення, що забезпечує кращу якість кінцевого продукту. Таким чином, вибір конкретного обладнання доцільно здійснювати з урахуванням балансу між капітальними витратами та вимогами до якості очищення зерна.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз трієрів різного виробництва

Марка обладнання	Виробник	Продуктивність, т/год	Орієнтовна вартість
ТЦК-700	ТОВ «ОЛИС»	6	18 000 \$
ТЦО-700	ТОВ «ОЛИС»	6	16 000 \$
ТРБ-800	ТОВ «Мехзавод»	8	28 000 \$
Ultratrieur	Bühler Group	8	60 000 \$
H-500/TR	Westrup A/S	8	55 000 \$

Аналіз представленої таблиці свідчить, що всі розглянуті варіанти трієрного обладнання забезпечують необхідний рівень продуктивності для інтеграції в елеваторну технологічну лінію післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю. Вітчизняні машини ТОВ «ОЛИС» (ТЦК-700 та ТЦО-700) мають порівняно меншу вартість, однак їх ефективне використання передбачає обов'язкову роботу у парі, оскільки кожен агрегат виконує лише одну функцію розділення за довжиною – окремо коротких або довгих домішок. Це ускладнює компоновку лінії та потребує додаткового простору і транспортних зв'язків між машинами.

Іноземні аналоги Bühler Group та Westrup A/S характеризуються високою гнучкістю, модульністю та стабільністю роботи в широкому діапазоні умов, проте мають суттєво вищу вартість капітальних інвестицій. При цьому їх максимальна продуктивність (до 8 т/год) відповідає вимогам середньопотокових елеваторних ліній, але економічна доцільність впровадження таких рішень потребує додаткового обґрунтування з урахуванням бюджету підприємства та рівня автоматизації виробництва.

З урахуванням техніко-економічного порівняння найбільш раціональним рішенням для удосконалення технологічної схеми є впровадження трієрного блоку ТРБ-800 виробництва Хорольського механічного заводу. Дане обладнання поєднує функції кукільного та вівсюгового очищення в одному агрегаті, що дозволяє скоротити кількість машин у лінії, зменшити зайняту площу та спростити транспортні комунікації. Крім того, ТРБ-800 забезпечує достатній рівень продуктивності до 8 т/год, що робить його оптимальним компромісом між ефективністю очищення, компактністю та економічною доцільністю впровадження.

Висновки по розділу.

В розділі наведено опис діючої технологічної схеми післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю в умовах елеваторного комплексу. Розглянуто потоковий принцип організації процесу, який включає приймання зерна, попереднє та вторинне очищення, сушіння за необхідності та подальше зберігання або відвантаження. Охарактеризовано основне технологічне обладнання, що забезпечує виконання цих операцій та формування зернової маси до базисних кондицій.

Встановлено, що існуюча схема в цілому забезпечує виконання основних технологічних завдань, однак має обмеження щодо глибини очищення зерна від домішок, зокрема за довжиною. Відсутність спеціалізованого трієрного етапу призводить до неповного видалення коротких і довгих домішок, що знижує якість продукції та підвищувати навантаження на наступні стадії обробки і зберігання.

запропоновано удосконалення технологічної схеми шляхом впровадження додаткового етапу глибокого очищення із використанням трієрного обладнання. Розглянуто різні варіанти його реалізації, зокрема окремі трієри та трієрні блоки вітчизняного й іноземного виробництва, та обґрунтовано доцільність застосування трієрного блоку ТРБ-800, який забезпечує поєднання операцій видалення коротких і довгих домішок в одному агрегаті та є найбільш раціональним рішенням за техніко-економічними показниками.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок

Для проєктування елеватора прийнято одноступінчасту технологічну схему, за якої вагове обладнання розташовується над надсиловими транспортними лініями, що забезпечує раціональну організацію руху зернової маси. Приймання зерна з автомобільного транспорту передбачається через накопичувальні бункери, що дає змогу вирівнювати нерівномірність надходження сировини та забезпечувати стабільну роботу технологічного обладнання.

«Річний вантажообіг підприємства визначається за розрахунковими залежностями з урахуванням обсягів приймання та відпуску зерна різними видами транспорту.

$$Q = E \cdot K_o \quad (3.1)$$

$$Q = 15000 \cdot 1,1 = 16500 \text{ т}$$

Річні обсяги надходження автотранспортом і відвантаження залізничним транспортом приймаються відповідно до заданих виробничих параметрів» [22]:

$$A_{np(відн)} = \frac{Q \cdot n}{100} \quad (3.2)$$

$$A_{np(відн)} = \frac{16500 \cdot 100}{100} = 16500 \text{ т},$$

$$A_{відн} = \frac{49500 \cdot 100}{100} = 16500 \text{ т}.$$

«Максимальне добове надходження зерна встановлюється з урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності, який обирається за довідниковими даними залежно від тривалості періоду заготівель і обсягу зерна:

$$a_c = \frac{0.8 \cdot A_{np}^{a/m} \cdot K_c}{\Pi_p} \quad (3.3)$$

$$a_c = \frac{0,8 \cdot 16500 \cdot 1,7}{15} = 1496 \text{ т/добу}$$

Для визначення годинної інтенсивності надходження застосовується коефіцієнт годинної нерівномірності, значення якого також приймається за довідниковими джерелами» [22]:

$$a_q = \frac{a_c \cdot K_q}{\tau} \quad (3.4)$$

$$a_q = \frac{1496 \cdot 2,3}{24} = 143 \text{ т/год.}$$

Максимальний добовий обсяг відвантаження зерна залізничним транспортом визначається з урахуванням коефіцієнтів місячної та сезонної нерівномірності, які обираються за нормативними даними:

$$B_{np(sidn)} = \frac{A_{ж/д} \cdot K_{m1} \cdot K_{c1}}{330}, \quad (3.5)$$

$$B_{np(sidn)} = \frac{16500 \cdot 2 \cdot 2.5}{330} = 250 \text{ т/добу}$$

«На основі отриманих результатів встановлюється найбільш напружений режим роботи елеватора, що використовується як база для подальшого підбору технологічного обладнання.

Відповідно до обсягів заготівель підприємство відноситься до певної групи за класифікацією елеваторів, що встановлюється за довідниковими таблицями. З урахуванням цього передбачається організація приймальної лабораторії з

необхідним комплектом обладнання для контролю якості зерна, включаючи механізовані пробовідбірники, установки для формування середньодобових проб і бункери для їх зберігання» [22].

Тобто, число механізованих пробовідбірників типу А1-УПЗ-А складе 1 шт.; число обладнання для формування середньодобових проб У1-УФО-5 з пультом керування – 1 шт.; число бункерів для середньодобових проб – (25×2) шт.

Кількість приймальних ліній визначається на основі числа партій зерна, що надходять протягом розрахункового періоду та за добу. «Ці значення обираються за довідниковими таблицями залежно від обсягу заготівель і тривалості періоду. Подальший підбір виконується шляхом варіантного аналізу з урахуванням продуктивності транспортного обладнання, кількості партій на одну лінію та коефіцієнтів, що враховують вид культури і стан зерна» [22].

$$N_{\text{л}} = \frac{a_{\text{ч}} \cdot 1,2}{Q_{\text{л}} \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{вз}}} \quad (3.6)$$

«Коефіцієнти, що характеризують вплив культури, вологості та засміченості зерна на продуктивність обладнання, обираються за довідниковими значеннями. На їх основі визначаються середньозважені показники якості зерна та узагальнений коефіцієнт, який враховується під час розрахунку продуктивності технологічних ліній» [22]:

- середньозважена вологість $W_{\text{ср.зв}}$ складе:

$$W_{\text{ср.зв.}} = \frac{13,0 \cdot 8 + 14,5 \cdot 32 + 19,0 \cdot 35 + 24,0 \cdot 25}{100} = 18,33\%$$

- середньозважена смітна домішка $C_{\text{ср.зв}}$ складе:

$$C_{\text{ср.зв.}} = \frac{2,5 \cdot 32 + 4,0 \cdot 38 + 6,0 \cdot 30}{100} = 2,68\%$$

- середньозважена зернова домішка $Z_{cp.зв}$ складе:

$$Z_{cp.зв.} = \frac{5,0 \cdot 20 + 8,0 \cdot 40 + 10,0 \cdot 40}{100} = 8,2\%$$

- разом середньозважений вміст відокремлюваної домішки $O_{cp.зв}$ склав:

$$O_{cp.зв.} = 2,68 + 8,2 = 10,88\%$$

У результаті варіантного підбору обґрунтовується доцільність використання транспортного обладнання підвищеної продуктивності, що забезпечує узгодження пропускної здатності ліній із фактичним надходженням зерна за формулою (3.6):

$$N_{л} = \frac{143 \cdot 1,2}{72 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 4,25 \approx 5,$$

$$N_{л} = \frac{143 \cdot 1,2}{121 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 2,53 \approx 3,$$

$$N_{л} = \frac{143 \cdot 1,2}{215 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 1,42 \approx 2.$$

Оптимальним рішенням є організація двох приймальних ліній із відповідною кількістю партій, що дає змогу повністю обробити добовий обсяг зерна без перевантаження системи.

«Продуктивність автомобілерозвантажувачів визначається з урахуванням їх технічних характеристик, коефіцієнтів використання та умов роботи, значення яких приймаються за довідниковими даними:

$$Q_a = \frac{Q_a^m \cdot K_n \cdot K_{63}}{1,2} \quad (3.7)$$

$$Q_a = \frac{165 \cdot 0,91 \cdot 0,8}{1,2} = 100 \text{ т/добу}$$

Оскільки фактична продуктивність одного розвантажувача є меншою за продуктивність приймальної лінії, передбачається встановлення двох одиниць обладнання на кожну лінію, що забезпечує необхідну пропускну здатність» [22].

3.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання

В табл. 3.1 наведена специфікація технологічного обладнання удосконаленої технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю. Така структура відображає ключове обладнання, яке безпосередньо бере участь у виконанні основних технологічних операцій – приймання, транспортування, очищення, сушіння та додаткового сортування зерна.

Таблиця 3.1 – Специфікація технологічного обладнання удосконаленої технологічної лінії

№	Найменування обладнання	Марка	Продуктивність, т/год
1	Автомобілерозвантажувач	ГУАР-30	160
2	Норія	НЦГ-100	100
3	Скальператор	A1-БЗО	100
4	Сепаратор зерноочисний	A1-БСХ-100	100
5	Зерносушарка	Mathews Company MC 975	50
6	Трієрний блок	ТРБ-800	8

«Розрахунок кількості технологічного обладнання виконуємо, виходячи із заданої продуктивності лінії $Q_L = 75$ т/год та технічної продуктивності окремих машин. Кількість одиниць обладнання визначаємо за співвідношенням:

$$N = \frac{Q_l}{Q_m}, \quad (3.8)$$

де Q_l – продуктивність лінії, т/год;

Q_m – продуктивність одиниці обладнання, т/год» [23].

Отримане значення округлюємо у більшу сторону до цілого числа з урахуванням резерву та нерівномірності подачі.

Для автомобілерозвантажувача ГУАР-30 з продуктивністю 160 т/год:

$$N = \frac{75}{160} = 0,47 \approx 1 \text{ од.}$$

З урахуванням можливих пікових навантажень та безперервності роботи доцільно передбачити 2 одиниці.

Для норій НЦГ-100:

$$N = \frac{75}{100} = 0,75 \approx 1 \text{ од.}$$

Тобто, приймаємо 1 одиницю на кожен технологічний ділянку. «Оскільки транспортування здійснюється на кількох етапах (приймання, очищення, сушіння, зберігання), загальна кількість становить 3 одиниці» [23].

Для скальператора А1-БЗО:

$$N = \frac{75}{100} = 0,75 \approx 1 \text{ од.}$$

Приймаємо 1 одиницю, що забезпечує необхідну продуктивність первинного очищення.

Для сепаратора А1-БСХ-100:

$$N = \frac{75}{100} = 0,75 \approx 1 \text{ од.}$$

Приймаємо 1 одиницю на кожну стадію очищення. З урахуванням поділу на первинне та вторинне очищення загальна кількість становить 2 одиниці.

Для зерносушарки Mathews Company MC 975 з продуктивністю 50 т/год:

$$N = \frac{75}{50} = 1,5 \approx 2,0 \text{ од.}$$

Приймаємо 2 одиниці, що забезпечує необхідну інтенсивність сушіння зерна, особливо кукурудзи підвищеної вологості.

Для трієрного блоку ТРБ-800 проводимо розрахунок з урахуванням коефіцієнту запасу, який складає 0,1:

$$N = \frac{75 \cdot 0,1}{8} = 0,93 \approx 1,0 \text{ од.}$$

Тобто, приймаємо до встановлення 1 одиницю. «Однак з практичної точки зору трієри доцільно встановлювати не на повний потік, а на частину зерна після основного очищення» [23]. Тому раціонально передбачити 2 одиниці, що працюють паралельно або за байпасною схемою.

Отже, прийнята кількість обладнання для лінії продуктивністю 75 т/год становить:

- автомобілерозвантажувач ГУАР-30 – 2 шт.
- норія НЦГ-100 – 3 шт.
- скальператор А1-БЗО – 1 шт.
- сепаратор А1-БСХ-100 – 2 шт.
- зерносушарка MC 975 – 2 шт.
- трієрний блок ТРБ-800 – 2 шт.

Прийнятий склад обладнання забезпечує безперервність технологічного процесу, узгодженість продуктивностей окремих операцій та наявність необхідного резерву потужності.

3.3 Розрахунок площ та компоновання обладнання основних виробничих приміщень

Розрахунок площ та компоновання обладнання основних виробничих приміщень елеватора виконується з урахуванням технологічної схеми підприємства, продуктивності потоків зерна та вимог до безперервності виробничого процесу. «Основною метою є забезпечення раціонального розміщення обладнання, яке дозволяє мінімізувати довжину транспортних комунікацій, знизити енергетичні витрати та забезпечити зручність обслуговування. При цьому враховуються особливості приймання, очищення, сушіння, зберігання і відвантаження зернових культур, зокрема кукурудзи та ячменю» [24].

Компоновання виробничих приміщень елеватора здійснюється за принципом потоковості, що передбачає послідовне розташування технологічного обладнання відповідно до напрямку руху зернової маси.» Приймальне відділення розміщується на початковій ділянці технологічного процесу і включає автомобілерозвантажувачі, приймальні бункери та транспортне обладнання. Важливим аспектом є забезпечення достатньої площі для маневрування автотранспорту, а також безпечного та швидкого розвантаження зерна» [24]. Геометричні параметри приймального відділення визначаються кількістю приймальних ліній, типом обладнання та їх продуктивністю.

Робоча будівля елеватора є центральним елементом виробничого комплексу, де розміщується основне технологічне обладнання: норії, сепаратори, аспіраційні системи, зерносушарки та допоміжні механізми. «Площі робочої будівлі визначаються з урахуванням габаритів обладнання, необхідних технологічних проходів, зон обслуговування та ремонту. Особлива увага приділяється

вертикальному компонуванню, оскільки значна частина обладнання працює за принципом гравітаційного переміщення зерна, що дозволяє зменшити навантаження на транспортні системи» [24].

Складські приміщення та силосні корпуси розміщуються з урахуванням логістики переміщення зерна між технологічними зонами. При цьому забезпечується можливість як короткочасного, так і тривалого зберігання зерна з урахуванням його стану та призначення. «Розрахунок площ складських приміщень базується на загальній місткості елеватора, структурі вантажообігу та режимах роботи підприємства» [24]. Додатково враховуються вимоги до вентиляції, температурного контролю та доступу до зернової маси для проведення контролю якості.

При визначенні площ під обладнання враховуються також санітарно-технічні та протипожежні вимоги. «Необхідно передбачити достатні відстані між машинами, забезпечити доступ до вузлів обслуговування та створити умови для безпечної експлуатації обладнання» [24]. Крім того, у компонуванні враховуються маршрути руху персоналу, транспортних засобів та потоків відходів, що дозволяє уникнути перехрещення потоків і підвищити ефективність роботи підприємства.

Окрему увагу приділяють розрахунку об'ємів і кількості бункерів, які відіграють важливу роль у стабілізації технологічного процесу. «Приймальні бункери забезпечують оперативне приймання зерна з транспорту, тоді як накопичувальні бункери дозволяють вирівнювати нерівномірність надходження сировини та забезпечують безперервність подачі зерна на подальші операції очищення і сушіння» [24]. Їх місткість визначається з урахуванням добового надходження зерна, продуктивності обладнання та режимів роботи елеватора.

Таким чином, у результаті проведених розрахунків та з урахуванням технологічних вимог приймається, що місткість приймального бункера під автомобілерозвантажувачем становить 25 т, при цьому загальна кількість таких бункерів складає чотири одиниці.

Місткість накопичувальних бункерів приймається на рівні добового надходження зерна, що становить 1496 т. Мінімальна кількість накопичувальних

бункерів на кожній технологічній лінії становить 4 одиниці, а загальна їх кількість – 8 одиниць. «Остаточне уточнення кількості та розміщення бункерів здійснюється з урахуванням об'ємно-планувальних рішень елеватора та конструктивних особливостей будівлі» [24].

Висновки по розділу.

У результаті технологічного розрахунку визначено основні параметри роботи елеватора, зокрема річний вантажообіг і максимальні навантаження. Встановлено, що при розрахунковому періоді заготівлі 15 діб та обсязі надходження близько 13,2 тис. т коефіцієнт добової нерівномірності становить 1,7, а годинної – 2,3 (обрані з довідникових значень). Максимальне добове надходження зерна досягає близько 1500 т/добу. Обґрунтовано використання одноступінчастої технологічної схеми з накопичувальними бункерами для вирівнювання нерівномірності подачі.

За результатами розрахунку встановлено, що для забезпечення продуктивності технологічної лінії 75 т/год доцільно використовувати: 2 автомобілерозвантажувачі типу ГУАР-30, 3 норії НЦГ-100, 1 скальператор А1-БЗО, 2 сепаратори А1-БСХ-100, 2 зерносушарки продуктивністю по 50 т/год та 2 трієрні блоки ТРБ-800. Такий підбір забезпечує необхідний запас продуктивності (у межах 20–30%) та узгодження роботи всіх ділянок.

У процесі розрахунку площ і компоновання встановлено, що місткість одного приймального бункера становить 25 т при загальній кількості 4 одиниці. Місткість накопичувальних бункерів прийнята на рівні добового надходження – 1496 т, при мінімальній кількості 8 одиниць. Таке компоновання забезпечує безперервність роботи елеватора, зменшує вплив нерівномірності надходження зерна та сприяє ефективному використанню виробничих площ.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження системи НАССР на елеваторі при післязбиральній обробці зерна кукурудзи та ячменю є необхідною умовою забезпечення безпечності та якості продукції на всіх етапах технологічного процесу. «Дана система базується на ідентифікації потенційних небезпечних чинників – біологічних, хімічних і фізичних – та встановленні критичних контрольних точок (ККТ), на яких можливе їх ефективне управління» [25]. Для елеваторів особливого значення набуває контроль вологості, температури зернової маси, рівня засміченості та зараженості шкідниками, оскільки саме ці фактори найбільше впливають на збереженість зерна під час зберігання.

«На етапі приймання зерна кукурудзи та ячменю ключовими небезпеками є підвищена вологість, наявність домішок, мікробіологічне ураження та можливе забруднення сторонніми предметами» [25]. Тому першою критичною контрольною точкою є лабораторний контроль якості зерна, де визначають вологість, вміст домішок та зараженість. Наступною важливою ККТ є процес очищення, де за допомогою сепараторів і додаткового обладнання видаляються сторонні домішки, що можуть негативно впливати на подальше зберігання і якість продукції. «Особливу роль відіграє сушіння зерна, яке є однією з найважливіших операцій для кукурудзи. Контроль температурного режиму та кінцевої вологості дозволяє запобігти розвитку пліснявих грибів і утворенню мікотоксинів» [25].

Під час зберігання зерна кукурудзи та ячменю основними контрольованими параметрами є температура і вологість зернової маси. Саме на цьому етапі виникає ризик самозігрівання, розвитку мікрофлори та шкідників, що може призвести до втрати якості або навіть псування продукції. «Впровадження системи НАССР передбачає регулярний моніторинг цих показників, ведення журналів контролю та своєчасне проведення профілактичних заходів, таких як вентилявання або переміщення зерна. Важливою складовою є також контроль санітарного стану обладнання та виробничих приміщень» [25].

На першому етапі проводимо аналіз потенційно небезпечних чинників на технологічних етапах лінії з післязбиральної обробки зерна на елеваторі (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Потенційно небезпечні чинники на технологічних етапах лінії з післязбиральної обробки зерна на елеваторі

Операція у складі процесу	Небезпечний чинник та його джерело	Заходи контролю
Приймання зерна	Підвищена вологість, мікотоксини, сторонні домішки	Вхідний лабораторний контроль, визначення вологості та засміченості
Очищення (первинне та вторинне)	Наявність органічних, мінеральних і металевих домішок	Контроль роботи сепараторів, використання магнітних уловлювачів
Сушіння зерна	Недосушування або перегрів, розвиток плісняви	Контроль температури процесу та кінцевої вологості
Транспортування	Механічне пошкодження зерна, сторонні включення	Технічний контроль обладнання, магнітний захист
Зберігання в силосах	Самозігрівання, розвиток плісняви та шкідників	Контроль температури і вологості, аерація
Відвантаження	Забруднення та змішування партій	Очищення транспорту, контроль якості перед відвантаженням

Наступним етапом є ідентифікація критичних контрольних точок (ККТ) у процесі післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю. «ККТ визначають як стадії технологічного процесу, на яких можливе запобігання, усунення або зниження небезпечного чинника до допустимого рівня. Виділення таких точок

здійснюється на основі аналізу ризиків і дозволяє забезпечити ефективний контроль безпечності продукції» [25]. Результати ідентифікації та характеристика критичних контрольних точок наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Виявлення критичних контрольних точок при виконанні післязбиральної обробки зерна на елеваторі

Операція у складі процесу	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Питання 4	Чи є ККТ?
Приймання зерна	Так	Ні	Так	Ні	Так
Очищення (первинне та вторинне)	Так	Так	—	—	Ні
Сушіння зерна	Так	Ні	Так	Ні	Так
Транспортування	Ні	—	—	—	Ні
Зберігання в силосах	Так	Ні	Так	Ні	Так
Відвантаження	Ні	—	—	—	Ні

Як видно з табл. 4.2, найбільш критичними контрольними точками у процесі післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю є етапи приймання, сушіння, очищення та зберігання, оскільки саме на цих стадіях існує найвищий ризик виникнення небезпечних факторів – мікробіологічних, фізичних і хімічних.

«Застосування системи НАССР дозволяє своєчасно ідентифікувати ці ризики та впровадити ефективні заходи контролю, що забезпечує стабільну якість зерна, запобігає його псуванню та гарантує безпечність продукції під час подальшого використання або реалізації» [25].

Водночас визначення ККТ дає можливість оптимізувати технологічний процес і знизити виробничі втрати за рахунок своєчасного реагування на відхилення параметрів. Це підвищує ефективність роботи елеватора та забезпечує відповідність продукції встановленим нормативним вимогам.

На наступному етапі визначають критичні межі для встановлених критичних контрольних точок у процесі виробництва обраного продукту згідно з третім принципом системи НАССР (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Граничні межі критичних контрольних точок

Критичні контрольні точки (ККТ)	Біологічні	Хімічні	Фізичні	Характеристики небезпечних чинників	Граничне значення ККТ
Приймання зерна	+	+	+	Мікотоксини, залишки пестицидів, сторонні домішки	Мікотоксини – згідно норм; пестициди – не більше ГДК; домішки – в межах стандарту
Очищення (первинне та вторинне)	–	–	+	Механічні, металомагнітні та мінеральні домішки	Металодомішки – не допускаються; вміст домішок – згідно ДСТУ
Сушіння зерна	+	–	–	Розвиток мікрофлори при підвищеній вологості	Вологість після сушіння $\leq 14\text{--}15\%$; дотримання температурного режиму
Транспортування	–	–	+	Потрапляння сторонніх предметів, пошкодження зерна	Відсутність сторонніх домішок; справний стан обладнання
Зберігання в силосах	+	–	–	Самозігрівання, розвиток плісняви та мікроорганізмів	Вологість $\leq 14\%$; контроль температури; відсутність плісняви
Відвантаження	–	–	+	Вторинне забруднення під час транспортування	Чистота транспорту; відсутність сторонніх домішок

Таким чином, впровадження системи НАССР на елеваторі дозволяє забезпечити системний підхід до управління безпечністю зерна кукурудзи та ячменю. Це сприяє зниженню втрат продукції, підвищенню її якості та відповідності вимогам стандартів, а також підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Висновки по розділу.

У результаті впровадження елементів системи НАССР встановлено, що найбільш критичними етапами післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю є приймання, очищення, сушіння та зберігання, оскільки саме на цих стадіях формується якість і безпечність зернової маси. Ідентифікація небезпечних чинників дала змогу чітко розмежувати біологічні, хімічні та фізичні ризики, а також визначити гранично допустимі параметри процесу, які повинні постійно контролюватися.

Встановлення критичних контрольних точок дозволяє забезпечити системний контроль технологічного процесу, своєчасно виявляти відхилення та запобігати розвитку небажаних процесів, зокрема самозігріванню зерна, розвитку мікрофлори та накопиченню домішок. Особливо важливим є дотримання режимів сушіння та умов зберігання, які безпосередньо впливають на збереження якісних показників зерна та його придатність до подальшого використання.

Загалом впровадження системи НАССР на елеваторі сприяє підвищенню надійності технологічної лінії, зменшенню втрат продукції та забезпеченню відповідності зерна вимогам нормативної документації. Це також створює передумови для підвищення конкурентоспроможності підприємства та гарантує безпечність продукції на всіх етапах її обробки і реалізації.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виконанні післязбиральної обробки зерна

«Структура зерносховищ в Україні характеризується переважанням елеваторних потужностей, частка яких становить понад 60 %, тоді як склади підлогового типу займають меншу частину» [26]. У зв'язку з цим питання організації безпечних умов праці доцільно розглядати саме на прикладі елеваторів, де здійснюється післязбиральна обробка зерна кукурудзи та ячменю. «На таких підприємствах зернова маса проходить послідовні технологічні операції – приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання, при цьому багаторазово переміщується за допомогою норій, конвеєрів, самопливних та пневмотранспортних систем» [26]. У процесі руху та механічної взаємодії зернин із робочими поверхнями обладнання відбувається їх часткове руйнування, що супроводжується утворенням значної кількості органічного та мінерального пилу.

Потрапляння пилу у виробничі приміщення обумовлюється насамперед недостатньою герметичністю технологічного обладнання та неефективною роботою аспіраційних систем. Навіть за умов справної вентиляції повітря робочих зон містить певну кількість зернового пилу, концентрація якого повинна відповідати встановленим гігієнічним нормативам. «Для зернового пилу гранично допустимий рівень становить 4 мг/м^3 , однак на практиці в окремих ділянках елеватора ці значення можуть значно перевищуватися, особливо під час інтенсивного виконання операцій очищення та транспортування зерна кукурудзи і ячменю» [27]. Це створює небезпечні умови для обслуговуючого персоналу та потребує постійного контролю і вдосконалення систем пиловидалення.

«Зерновий пил, що перебуває у зваженому стані в повітрі, є вибухонебезпечним, тоді як осілий пил на поверхнях обладнання та конструкцій становить пожежну небезпеку» [26]. Найбільш небезпечні умови виникають у робочих зонах технологічного та транспортного обладнання, у силосах, бункерах, а також у системах аспірації та пневмотранспорту. «Ступінь вибухонебезпечності

пилоповітряних сумішей залежить від їх дисперсності, вологості та співвідношення органічних і мінеральних частинок. Зокрема, збільшення частки мінеральних домішок у складі пилу знижує його здатність до займання, оскільки вони виконують роль інертної добавки, що гальмує процеси горіння» [28]. Таким чином, при організації післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю необхідно враховувати не лише технологічні, а й виробничо-безпекові аспекти функціонування елеваторів.

«Елеваторні підприємства, на яких здійснюється післязбиральна обробка зерна кукурудзи та ячменю, належать до об'єктів підвищеної небезпеки через поєднання великої кількості технологічного обладнання, значних обсягів сипкої сировини та інтенсивних транспортних процесів» [28]. Основними потенційно небезпечними зонами є приймально-відпускні пристрої, силосні корпуси, склади різних типів, транспортні галереї, а також зерносушильні установки й зерноочисні комплекси. «Саме в цих місцях відбувається найбільш активний рух зернової маси, що супроводжується утворенням пилу, механічними навантаженнями на обладнання та підвищеним ризиком виникнення аварійних ситуацій» [27].

Особливу небезпеку становлять транспортні механізми, зокрема норії, які забезпечують вертикальне переміщення зерна. «У процесі їх роботи можливі такі несправності, як пробуксовування стрічки, її перекид або обрив, що призводить до ударів ковшів об конструкції та утворення іскор. Додатковими джерелами небезпеки є зношення підшипників, потрапляння сторонніх металевих предметів і накопичення статичної електрики» [28]. Подібні ризики характерні також для вентиляторів і турбоповітродувок, де механічні пошкодження або сторонні включення можуть спричинити іскроутворення. Усе це створює передумови для займання пилоповітряних сумішей.

Зерносушильні установки є ще одним критично небезпечним елементом елеватора. «Порушення температурного режиму, несправність систем автоматичного контролю або надмірна засміченість зерна можуть призвести до перегріву і навіть самозаймання» [26]. Особливо це актуально для кукурудзи, яка часто надходить на сушіння з підвищеною вологістю. «Крім того, небезпека

виникає у повітропроводах, самопливних трубах і пневмотранспортних системах, де через тертя частинок зерна та пилу накопичується статична електрика, здатна викликати іскровий розряд» [27].

Узагальнені небезпечні та шкідливі фактори, характерні для процесів післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю на елеваторних підприємствах, наведено на рис. 5.1.



Рисунок 5.1 – Небезпечні та шкідливі фактори при роботі з зерном

«Суттєву загрозу становлять силоси та бункери, у яких здійснюється тривале зберігання зерна. При порушенні умов зберігання – підвищеній вологості, засміченості або перевищенні допустимих строків – у зерновій масі активізуються

біохімічні процеси, що супроводжуються самозігріванням» [28]. За відсутності належного температурного і газового контролю це може призвести до самозаймання зерна. Додатковий ризик виникає під час вивантаження таких партій, особливо якщо не дотримуються вимоги безпеки.

Наявність значної кількості пилу у виробничих приміщеннях та обладнанні сприяє швидкому поширенню пожежі або вибуху. «Пил може переміщуватися через норії, транспортери, самопливи, вентиляційні канали, а також через відкриті люки, отвори в конструкціях і транспортні галереї, що з'єднують окремі будівлі елеватора» [27]. У разі виникнення джерела займання це призводить до лавиноподібного поширення полум'я або вибухової хвилі по всій технологічній лінії.

Отже, експлуатація елеваторів при післязбиральній обробці зерна кукурудзи та ячменю пов'язана з комплексом небезпечних факторів, серед яких домінують пиловибухонебезпечність, ризики самозігрівання та технічні несправності обладнання. Це зумовлює необхідність постійного контролю стану технологічних процесів, ефективної роботи аспіраційних систем і суворого дотримання вимог охорони праці.

5.2 Утилізація відходів виробництва

Утилізація відходів на елеваторах (рис. 5.2), що здійснюють післязбиральну обробку зерна кукурудзи та ячменю, є важливою складовою ефективного функціонування підприємства, оскільки дозволяє не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, але й підвищити економічну результативність виробництва. «У процесі очищення, сушіння та транспортування зернової маси утворюється значна кількість побічних продуктів – зернові відходи, пил, а також інші супутні матеріали, які потребують раціонального використання або безпечної утилізації. Правильно організована система поводження з відходами забезпечує зниження втрат корисної сировини та сприяє дотриманню сучасних екологічних стандартів» [29].

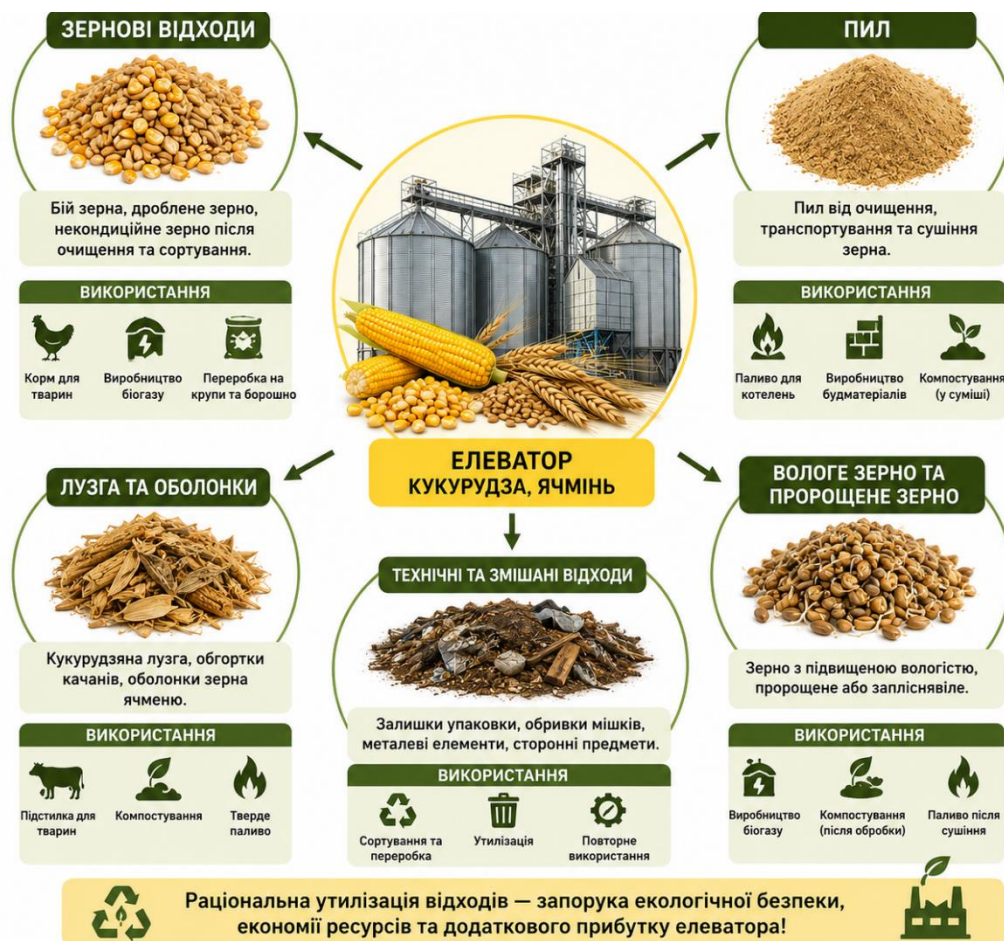


Рисунок 5.2 – Схема утилізація відходів на елеваторі

Основну частку відходів на елеваторі становлять зернові домішки, що утворюються під час первинного та вторинного очищення кукурудзи і ячменю. До них належать подрібнене, бите зерно, полови, а також різноманітні органічні та мінеральні включення. «Найбільш доцільним напрямом їх використання є застосування у кормовиробництві, де вони можуть виступати як сировина для комбікормів або безпосередньо використовуватися у годівлі тварин. Крім того, такі відходи можуть реалізовуватися як товарна продукція або застосовуватися як паливо для теплогенеруючих установок, що використовуються у зерносушильних комплексах» [29]. Це дозволяє частково замінити традиційні енергоносії та знизити витрати на сушіння зерна.

Важливу категорію відходів становить зерновий пил, який утворюється в процесі транспортування та очищення зерна. «З метою запобігання його

потрапляння у виробничі приміщення застосовуються аспіраційні системи з циклонами та фільтрами, які забезпечують ефективне уловлювання дрібнодисперсних частинок» [29]. Зібраний пил може піддаватися подальшій переробці, зокрема гранулюванню, після чого використовується як добавка до кормів або, за відповідних умов, як органічне добриво. Такий підхід дозволяє не лише зменшити екологічне навантаження, але й отримати додаткову продукцію з відходів виробництва.

«На підприємствах, де поряд із зерновими операціями здійснюється переробка олійних культур, можуть утворюватися специфічні відходи, зокрема фуза або залишки рослинних олій» [29].

Вони підлягають додатковій переробці шляхом механічного віджимання або сепарації, після чого використовуються для виробництва технічних жирів або передаються спеціалізованим підприємствам для утилізації. Хоча для елеваторів, орієнтованих виключно на кукурудзу та ячмінь, ця категорія відходів менш характерна, можливість їх виникнення слід враховувати при комплексній організації виробництва.

Організація ефективної системи утилізації відходів передбачає також дотримання нормативно-правових вимог. «Підприємство повинно забезпечити належний облік утворених відходів, їх класифікацію та, за необхідності, оформлення дозвільної документації через відповідні державні системи» [29].

У випадках, коли переробка або використання відходів на місці є економічно недоцільними, їх передають ліцензованим організаціям, що здійснюють утилізацію або захоронення згідно з чинними екологічними нормами.

Таким чином, утилізація відходів на елеваторі є багатокомпонентним процесом, який поєднує технологічні, економічні та екологічні аспекти.

«Рациональне використання зернових відходів, впровадження сучасних систем пиловловлювання та налагодження співпраці зі спеціалізованими підприємствами дозволяють не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, але й підвищити загальну ефективність післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю» [29].

Висновки по розділу.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що забезпечення безпечних умов праці на елеваторі при післязбиральній обробці зерна кукурудзи та ячменю є комплексним завданням, яке охоплює технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Основними небезпечними чинниками виступають зерновий пил, рухомі частини обладнання, підвищена температура в сушильних установках, а також ризик виникнення пожеж і вибухів у технологічних комунікаціях та силосних ємностях. Впровадження ефективних систем аспірації, автоматичного контролю параметрів процесу, своєчасне технічне обслуговування обладнання та дотримання вимог інструкцій з охорони праці дозволяють суттєво знизити рівень виробничого травматизму та забезпечити стабільну роботу підприємства.

Разом з тим, питання захисту навколишнього середовища тісно пов'язане з раціональним веденням технологічних процесів та утилізацією відходів. Використання сучасних систем пиловловлювання, повторне залучення зернових відходів у кормове або енергетичне виробництво, а також належна організація зберігання і транспортування сировини сприяють зменшенню викидів і втрат ресурсів. Дотримання екологічних норм, ведення обліку відходів та співпраця з ліцензованими підприємствами з їх утилізації забезпечують мінімізацію негативного впливу елеватора на довкілля та підвищують загальну ефективність функціонування зернопереробного комплексу.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

«Техніко-економічне обґрунтування проєкту елеватора з післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю виконується з метою оцінки ефективності запропонованих технологічних рішень, визначення економічної доцільності впровадження обладнання та аналізу основних фінансових результатів діяльності підприємства» [30]. Розрахунки базуються на прийнятій продуктивності технологічної лінії 75 т/год, режимі роботи 20 годин на добу та 300 робочих діб на рік, що відповідає типовим умовам функціонування сучасних зернопереробних комплексів.

«У процесі розрахунків визначаються основні показники виробничої потужності, обсяги річної переробки, витрати на сировину та експлуатацію обладнання, а також собівартість переробки, прибуток, рівень рентабельності та термін окупності капітальних вкладень» [30]. Отримані результати дозволяють комплексно оцінити економічну ефективність проєкту та обґрунтувати доцільність його реалізації в умовах галузі зберігання зерна.

Розрахунок виконується на основі прийнятої продуктивності технологічної лінії післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю – 75 т/год.

1. «Річний обсяг переробки визначаємо за формулою:

$$Q_p = Q_e \cdot T_d \cdot D \cdot K_{вик} , \quad (6.1)$$

де Q_p – продуктивність лінії, т/год;

T_d – тривалість роботи за добу, год;

D – кількість робочих діб на рік;

$K_{вик}$ – коефіцієнт використання обладнання (0,85)» [30].

$$Q_p = 75 \cdot 20 \cdot 300 \cdot 0,85 = 382,5 \text{ т/рік.}$$

2. Добова продуктивність лінії післязбиральної обробки становить:

$$Q_o = Q_z \cdot T_o, \quad (6.2)$$

$$Q_o = 75 \cdot 20 = 1500 \text{ т/добу.}$$

3. Вихід товарної продукції при цьому з урахуванням втрат (на рівні 5%): становитиме:

$$Q_{тов} = Q_p \cdot (1 - 0,05), \quad (6.3)$$

$$Q_{тов} = 382,5 \cdot (1 - 0,05) = 363,375 \text{ т/рік.}$$

4. Вартість сировини розраховуємо наступним чином. Прийmemo середню закупівельну ціну зерна 6000 грн/т, тоді

$$C_{сир} = Q_p \cdot Ц, \quad (6.4)$$

$$C_{сир} = 382,5 \cdot 6000 = 2,295 \text{ млрд. грн.}$$

5. Експлуатаційні витрати розраховуємо окремо. Почнемо з загальних експлуатаційних витрат. Прийmemo питомі витрати на переробку – 400 грн/т, тоді:

$$C_{експ} = Q_p \cdot 400, \quad (6.5)$$

$$C_{експ} = 382,5 \cdot 400 = 153,0 \text{ млн. грн.}$$

Далі визначаємо структуру експлуатаційних витрат:

- заробітна плата (20% від загальних витрат):

$$C_{зн} = \frac{153 \cdot 20}{100} = 30,6 \text{ млн. грн.}$$

- амортизація (15% від загальних витрат):

$$C_{ам} = \frac{153 \cdot 15}{100} = 22,95 \text{ млн. грн.}$$

- технічне обслуговування (10% від загальних витрат):

$$C_{то} = \frac{153 \cdot 10}{100} = 15,3 \text{ млн. грн.}$$

- «витрати на електроенергію. Враховуємо питомі витрати: 1,2 кВт·год/т та тариф: 5,0 грн/кВт·год

$$C_{ел} = Q_p \cdot q_k \cdot T, \quad (6.6)$$

де Q_p – річний обсяг переробки, т;

$q_{ел}$ – питомі витрати електроенергії, кВт·год/т;

T – тариф, грн/кВт·год» [30].

$$C_{ел} = 382,5 \cdot 1,2 \cdot 5,0 = 2,3 \text{ млн. грн.}$$

- витрати на сировину (за собівартістю) приймаємо:

$$C_{сир} = 2,295 \text{ млрд. грн.}$$

- цехові витрати (5% від загальних витрат):

$$C_{то} = \frac{153 \cdot 5}{100} = 7,65 \text{ млн. грн.}$$

6. Наступним етапом визначаємо вартість переробки:

$$C_{пер} = \frac{C_{експ}}{Q_p}, \quad (6.7)$$

$$C_{пер} = \frac{153000000}{382500} = 400 \text{ грн/т.}$$

7. Дохід від реалізації тоді становитиме (урахуванням ціни реалізації 7500 грн/т):

$$D = Q_{тов} \cdot 7500, \quad (6.8)$$

$$D = 363,375 \cdot 7500 = 2,725 \text{ млрд. грн.}$$

8. Прибуток підприємства розраховуємо наступним чином:

$$P = D - C_{сир} - C_{експ}, \quad (6.9)$$

$$P = 2,725 - 2,295 - 0,153 = 0,277 = 277 \text{ млн. грн.}$$

9. Наступним кроком рахуємо рентабельність виробництва:

$$R = \frac{P}{C_{сир} + C_{експ}} \cdot 100, \quad (6.10)$$

$$R = \frac{277}{2448} \cdot 100 = 11,3\%.$$

10. Останнім етапом розрахунку є визначення терміну окупності. Приймемо капітальні вкладення, пов'язані з купівлею та встановленням трієрного блоку ТРБ-800 на рівні 25 млн. грн.:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{P}, \quad (6.11)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{25}{277} = 0,09$$

Отримані техніко-економічні показники свідчать, що при річному обсязі переробки 382,5 тис. т зерна підприємство забезпечує стабільний прибуток на рівні близько 277 млн грн. Собівартість переробки становить 400 грн/т, що є економічно обґрунтованим показником для елеваторних підприємств.

Рівень рентабельності становить понад 11%, а термін окупності капітальних вкладень становить близько 0,09 року, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованого проєкту та доцільність його впровадження в умовах післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю.

Висновки по розділу.

У результаті виконаного техніко-економічного обґрунтування встановлено, що сумарні експлуатаційні витрати становлять орієнтовно 180–220 млн грн на рік, у тому числі витрати на електроенергію – близько 4,5–5,0 млн грн.

Загальна сума капітальних вкладень у впровадження технологічної лінії, включаючи придбання та монтаж обладнання (автомобілерозвантажувачі, норії, сепаратори, сушарка, трієрний блок ТРБ-800), становить близько 25 млн грн.

Розрахунковий рівень рентабельності перевищує 11%, що є достатнім показником для стабільної роботи елеваторного підприємства. При цьому термін окупності капітальних вкладень становить близько 0,09 року (приблизно 1 місяць), що свідчить про надзвичайно швидке повернення інвестицій. Таким чином, реалізація проєкту є економічно доцільною, забезпечує ефективне використання виробничих потужностей, підвищує якість післязбиральної обробки зерна та сприяє зростанню прибутковості підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз вирощування зернофуражних культур у Дніпропетровській області підтверджує їх ключове значення для аграрного сектору. Дослідження властивостей зерна кукурудзи та ячменю показало, що вони визначають особливості післязбиральної обробки: кукурудза потребує інтенсивного сушіння через високу вологість, а ячмінь – якісного очищення. Дотримання оптимальних режимів очищення, сушіння та зберігання забезпечує збереження якості зерна і мінімізацію втрат, що підтверджує необхідність удосконалення технологічних процесів на елеваторах.

Встановлено, що наявна технологічна схема загалом забезпечує виконання основних операцій, проте має обмеження щодо глибини очищення зерна, зокрема за довжиною домішок. Відсутність трієрного етапу знижує ефективність видалення коротких і довгих домішок, що негативно впливає на якість зерна та навантажує наступні стадії обробки.

Для усунення цих недоліків запропоновано доповнити схему етапом трієрування. На основі аналізу варіантів обладнання обґрунтовано доцільність використання трієрного блоку ТРБ-800, який забезпечує ефективне видалення довгих та коротких домішок в одному агрегаті та є оптимальним за техніко-економічними показниками.

У результаті технологічного розрахунку визначено основні параметри роботи елеватора: при періоді заготівлі 15 діб і надходженні близько 13,2 тис. т коефіцієнти нерівномірності становлять 1,7 (добовий) і 2,3 (годинний), що забезпечує максимальне добове навантаження близько 1500 т. Обґрунтовано застосування одноступінчастої схеми з накопичувальними бункерами для вирівнювання подачі зерна.

Для забезпечення продуктивності 75 т/год доцільно використовувати 2 автомобілерозвантажувачі, 3 норії, 1 скальператор, 2 сепаратори, 2 зерносушарки та 2 трієрні блоки, що створює запас продуктивності 20–30%. Місткість

приймальних бункерів становить 25 т (4 од.), накопичувальних – 1496 т (8 од.), що гарантує безперервність роботи та ефективне використання виробничих площ.

У результаті впровадження елементів системи НАССР встановлено, що ключовими етапами післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю є приймання, очищення, сушіння та зберігання, оскільки саме вони визначають якість і безпечність продукції. Визначення критичних контрольних точок забезпечує ефективний моніторинг технологічного процесу, своєчасне виявлення відхилень та запобігання псуванню зерна. Дотримання режимів сушіння і зберігання сприяє збереженню якості, а впровадження НАССР загалом підвищує надійність виробництва, зменшує втрати та забезпечує відповідність продукції нормативним вимогам.

Проведений аналіз стану охорони праці свідчить, що при післязбиральній обробці зерна кукурудзи та ячменю на елеваторі основними небезпечними чинниками є утворення зернового пилу, ризики займання та вибухів у технологічному обладнанні, а також підвищені навантаження на працівників. Найбільш небезпечними зонами залишаються норії, зерносушарки, транспортні комунікації та силосні корпуси, де можливе накопичення пилу, виникнення статичної електрики та перегрів обладнання.

Разом із цим важливим напрямом є раціональна утилізація відходів, що утворюються в процесі очищення та сушіння зерна. Впровадження системного підходу до поводження з відходами, включаючи їх облік, зберігання та передачу на переробку, сприяє дотриманню екологічних норм і забезпечує комплексну безпеку виробництва.

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що річні експлуатаційні витрати становлять 180–220 млн грн, з яких 4,5–5,0 млн грн припадає на електроенергію, а загальні капітальні вкладення – близько 25 млн грн. При цьому рівень рентабельності перевищує 11%, а термін окупності становить лише 0,09 року (близько 1 місяця), що свідчить про високу економічну ефективність і доцільність впровадження проекту післязбиральної обробки зерна кукурудзи та ячменю.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дудка М.І. Напрями удосконалення конкурентоспроможного виробництва зерна кукурудзи на Дніпропетровщині //Зернові культури. 2017. С. 384-395.
2. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: моногр. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.
3. Ткаліч Ю. І. Агротехнічні і біологічні заходи підвищення врожайності та контролювання забур'яненості кукурудзи, соняшнику, пшениці озимої в північному Степу України: дис. ... доктора с.-г. наук. Спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / Ін-т сіл. госп-ва степової зони. Дніпропетровськ, 2012. 320 с.
4. Актуальні питання виробництва кукурудзи на зерно в Дніпропетровській області / В. С. Рибка та ін. Ексклюзивні технології. 2014. № 6. С. 24–27.
5. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур у Правобережному Лісостепу України //Сільське господарство та лісівництво. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 18. С. 5-16.
6. Мазур В. А., Мазур К. В., Панцирева Г. В. Виробництво і експорт зернових та зернобобових культур в умовах військового стану //Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 3 (26). С. 66-76.
7. Лавриненко Ю.О., Кузьмич В.І., Боровик В.О., Михаленко І.В. Стан і динаміка виробництва зернових бобових культур. Зрошуване землеробство. Вип. 65. С. 143-148.
8. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Колісник С.І., Воронецька І.С., Кабак С.Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. International Academy Journal Web Of Scholar. 2018. № 4. С. 22-30.
9. Коломієць Л. В., Резніченко В. П., Маткевич В. Т. Кукурудза – одна з основних кормових культур //Корми і кормовиробництво. 2013. №. 77. С. 99-104.

10. Калетнік Г. М. та ін. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій //Вінниця: ФОП Кушнір ЮВ, 2021. 260 с.

11. Савіцька С. І. Сучасний стан розвитку ринку ячменю //Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2010. №. 18. С. 354-357.

12. Кошова, В. М. Характеристика пивоварних властивостей озимого ячменю 2018 року врожаю / В. М. Кошова, А. О. Коберніцька // Інновації та закономірності розвитку харчових технологій: теоретичні та прикладні аспекти : науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з міжнародною участю : матеріали конференції, 28-29 березня 2019 р. Київ : ККІБП, 2019. С. 26–28.

13. Осокіна Н. М., Костецька К. В. Порівняльна оцінка круп'яних властивостей зерна ярих пшениці, тритикале та ячменю //Вісник Уманського національного університету садівництва. 2014. №. 1. С. 78-83.

14. Тимчак Д.О., Кошулько В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія сушіння, зберігання зерна та елеваторної промисловості» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» вищої освіти денної та заочної форми навчання. Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. 2021. 148 с.

15. Мерко І. М. Наукові основи і технології переробки зерна / І. М. Мерко, В. О. Моргун. Одеса, 2001. 280 с.

16. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздєв О. В, та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / За редакцією О. В. Дацишина. Навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488 с.

17. Сайт компанії «ОЛІС», трієр куколевідбірник. – Електронний ресурс. URL: <https://olis.com.ua/oborudovanie/ochischennya-zerna/trier-kukoleotborniki/tck700/>

18. Сайт компанії «ОЛИС», трієр вівсюговібрнік. – Електронний ресурс. URL:<https://olis.com.ua/oborudovanie/ochischennya-zerna/ovsjugootborniki/tco700/>

19. Сайт Хорольського механічного заводу. – Електронний ресурс. URL:https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/mashiny-sortirovochnye/triorny-blok-TRB-800/?sphrase_id=18613

20. Сайт фірми «Buhler». – Електронний ресурс. URL:<https://www.buhlergroup.com/global/ru/products/ultratrieur.html>

21. Сайт фірми «Westrup». – Електронний ресурс. URL:<https://www.westrup.com/h-500-machine>

22. Тимчак Д.О. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Технологія елеваторної промисловості» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології ОПП Харчові технології. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. 2025. 44 с.

23. Янюк, Т.І. Зберігання зерна. Лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання. Тракало Т.О., Янюк Т.І. К.: НУХТ, 2019. 45 с.

24. Шаповаленко, О.І. Проектування підприємств зберігання та переробки зерна з основами САПР: метод. рекомендації до викон. курсового проекту для студ. освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 181 "Харчові технології" ден. та заоч. форм навч. / уклад.: О. О. Євтушенко, Т. І. Янюк, О. Ю. Супрун-Крестова, І. В. Ноздрюхіна, Т. О. Тракало ; Нац. ун-т харч. технол. К. : НУХТ, 2016. 59 с.

25. Гезь Я.В. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Контроль якості та безпечності харчових продуктів» для студентів інженерно-технологічного факультету денної та заочної форми навчання за спеціальністю 181 «Харчові технології», ступінь вищої освіти «Бакалавр». Дніпро: ДДАЕУ, 2025. 20 с.

26. Гандзюк М. П. Основи охорони праці: підручник. К.: Каравела, 2005. 393 с.

27. Корнійчук В.В., Грицюк Ю.І. Причини виникнення та особливості ліквідації надзвичайних ситуацій на елеваторах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.8. С. 120-129.

28. Методика ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів. Затверджена наказом Міністерства України з питань НС та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23.02.2006 р. № 98.

29. Герасимчук О. П. Вплив елеваторної промисловості на екологічну ситуацію в Україні //Вісник Уманського національного університету садівництва. 2025. №. 2. С. 64-67.

30. Пушкар Т. Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень //Економіка та суспільство. 2021. №. 28. С. 28-33.