нДНІПРОВСЬКИЙ 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 ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи

Виконав: здобувач вищої освіти 3 скороченого курсу, групи ХТС-1-23 освітньо-професійної програми «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Денис СІМОН

Керівник: _____ Яна ГЕЗЬ

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)
«01» травня 2026 р.

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

Сімону Денису Васильовичу

1. Тема роботи: «Удосконалення ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи».
Керівник роботи: Гезь Яна Василівна, старша викладачка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

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

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія первинної обробки зерна кукурудзи, зокрема насіннєвого. 2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

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

5. Перелік демонстраційного матеріалу

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Старша викладачка Яна ГЕЗЬ	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Загальна частина	05.05-07.05.26	виконано
3	Технологічна частина	08.05-14.05.25	виконано
4	Проєктна частина	15.05-21.05.25	виконано
5	Впровадження елементів системи НАССР	22.05-31.05.26	виконано
6	Охорона праці захист навколишнього середовища	01.06-02.06.26	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування	02.06-03.06.26	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Денис СІМОН
(підпис)

Керівник роботи _____ Яна ГЕЗЬ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: **«Удосконалення ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи»**

Кваліфікаційна робота містить: 65 сторінок, 10 рисунків, 11 таблиць, 0 додатків, 27 літературних джерел.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності роботи технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи шляхом удосконалення ділянки протруювання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, зокрема операції підготовки насіння до сівби на підприємствах насіннєвої галузі.

Предметом дослідження є ділянка протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, її конструктивно-технологічні параметри та їх вплив на якість обробки насіннєвого матеріалу.

Дипломна робота присвячена вирішенню питання удосконалення ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи. У роботі розглянуто особливості післязбиральної обробки насіннєвого матеріалу, проаналізовано значення протруювання як важливого етапу підготовки насіння до сівби, а також обґрунтовано необхідність модернізації обладнання для підвищення рівномірності нанесення захисних препаратів, зменшення втрат робочого розчину та покращення якості готової продукції.

Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення продуктивності лінії, забезпечення стабільної якості протруювання, зниження впливу шкідливих факторів на обслуговуючий персонал і підвищення ефективності виробництва насіннєвого зерна кукурудзи..

Ключові слова: КУКУРУДЗА, ВОЛОГІСТЬ, ПРОТРУЮВАННЯ, ЗЕРНІВКА, НОРІЯ, ЗЕРНОВА СУМІШ, НАСІННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 9
1.1 Аналіз ринку насіннєвого зерна кукурудзи та його основні виробники 9
1.2 Характеристика зерна кукурудзи як сировини для виробництва насіннєвого матеріалу 12
Висновки за розділом 16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 18
2.1 Опис діючої технологічної лінії 18
2.2 Пропозиції щодо удосконалення технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи 19
2.4 Характеристика насіннєвого зерна кукурудзи 22
Висновки за розділом 24
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА 26
3.1 Технологічний розрахунок 26
3.2 Коротка характеристика обраного протруювач Petkus CT25 30
3.3 Розрахунок площ та компонування обладнання у виробничому приміщенні цеху 32
Висновки за розділом 39
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР 40
Висновки за розділом 42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 44
5.1 Розробка карти безпеки праці для оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи 44
5.2 Утилізація відходів виробництва насіннєвого зерна кукурудзи 46
Висновки за розділом 48
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ 50
6.1 Вихідні дані для розрахунку 50
6.2 Розрахунок виробничої програми 51

6.3 Розрахунок капітальних вкладень 52
6.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань 52
6.5 Розрахунок витрат електроенергії 53
6.6 Розрахунок витрат на протруйник 54
6.7 Розрахунок витрат на оплату праці 54
6.8 Розрахунок поточних експлуатаційних витрат 55
6.9 Розрахунок економічного ефекту 56
6.10 Розрахунок терміну окупності 58
6.11 Розрахунок собівартості додаткової операції протруювання 58
6.12 Розрахунок рентабельності 59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 61
БІБЛІОГРАФІЯ 63

ВСТУП

У сучасних умовах зернова галузь України залишається однією з ключових складових агропромислового комплексу та відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, формуванні експортного потенціалу та стабільному функціонуванні переробних підприємств. Україна традиційно належить до провідних виробників і експортерів зернових та олійних культур, тому ефективна робота елеваторної інфраструктури, зерноочисних, зерносушильних і насіннєвих комплексів має стратегічне значення для економіки країни.

Особливої актуальності набуває питання модернізації технологічних ліній елеваторів в умовах зростання вимог до якості зерна, енергоефективності виробничих процесів, автоматизації обладнання та раціонального використання виробничих площ. Сучасне зернопереробне підприємство повинно забезпечувати безперервне приймання зерна, його оперативне очищення, сушіння, сортування, вентилювання, формування однорідних партій і безпечне зберігання без погіршення якісних показників. Водночас значно зростають вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу, оскільки ефективність роботи елеваторного комплексу значною мірою залежить від правильного налаштування технологічного обладнання, контролю вологості, засміченості, температурного режиму та умов зберігання зернової маси.

За сучасними оцінками, виробництво зернових культур в Україні у 2025 році становило близько 60 – 61 млн т, що перевищує показники попереднього року, однак усе ще залежить від погодних умов, логістичних обмежень, воєнних ризиків і стану виробничої інфраструктури. Зокрема, виробництво кукурудзи у 2025 році оцінювалося приблизно на рівні 30,7 – 31,0 млн т, що підтверджує її важливе місце у структурі зернового виробництва України.

Сучасний розвиток світової торгівлі зерном вимагає від України наявності потужної, технічно оснащеної та гнучкої зернової інфраструктури, здатної забезпечити не лише збереження врожаю, а й доведення зерна до вимог міжнародних стандартів. Якість зерна, його вологість, засміченість, натура,

зараженість шкідниками, однорідність партій і стабільність показників під час зберігання є визначальними чинниками конкурентоспроможності української продукції на зовнішніх ринках. Тому удосконалення технологічних процесів приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання зерна є одним із пріоритетних напрямів розвитку елеваторної галузі.

Особливе значення має післязбиральна обробка зерна кукурудзи, зокрема насіннєвого призначення. У зв'язку з цим удосконалення ділянки протруювання технологічної лінії первинної обробки зерна кукурудзи є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності роботи підприємства.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності роботи технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи шляхом удосконалення ділянки протруювання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, зокрема операції підготовки насіння до сівби на підприємствах насіннєвої галузі.

Предметом дослідження є ділянка протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, її конструктивно-технологічні параметри та їх вплив на якість обробки насіннєвого матеріалу.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз ринку насіннєвого зерна кукурудзи та його основні виробники

Ринок насіннєвого зерна кукурудзи в Україні є важливою складовою аграрного сектору, оскільки кукурудза належить до провідних зернових культур за площею вирощування, валовим збором і експортним потенціалом. Попит на якісний посівний матеріал формується насамперед великими та середніми аграрними підприємствами, які орієнтуються на стабільну врожайність, стійкість гібридів до посухи, хвороб, вилягання, швидку вологовіддачу зерна та адаптованість до конкретних ґрунтово-кліматичних зон.

Актуальність розвитку ринку насіння кукурудзи підтверджується значними обсягами виробництва цієї культури в Україні. За оцінками FAO, виробництво кукурудзи в Україні у 2025 році становило близько 30,7 млн т, що на 14 % більше порівняно з попереднім роком. Загальне виробництво зернових культур оцінювалося приблизно у 60,8 млн т. Це свідчить про збереження високої ролі кукурудзи у структурі зернового виробництва країни та, відповідно, про стабільну потребу в якісному насіннєвому матеріалі.

Особливістю ринку насіннєвого зерна кукурудзи є його висока залежність від рівня технологічності агровиробництва. Сільськогосподарські підприємства дедалі частіше обирають не просто дешеве насіння, а гібриди з прогнозованою продуктивністю, високою енергією проростання, стійкістю до стресових умов і здатністю формувати стабільний урожай за нестачі вологи. У 2025 році, за галузевими оцінками, ринок насіння кукурудзи в Україні зріс приблизно на 20 %, а частка підробленого насіння зменшилася з 20 % до 12 %, що свідчить про підвищення попиту на сертифіковану продукцію та поступове посилення культури використання якісного посівного матеріалу.

На попит на насіння кукурудзи впливають декілька ключових чинників. До основних належать площі посіву кукурудзи, цінова ситуація на зерновому ринку, експортні можливості, погодні умови, вартість мінеральних добрив, засобів

захисту рослин, пального та логістики. В умовах воєнного стану додаткового значення набувають доступність насіння в регіонах, стабільність постачання, наявність офіційних дистриб'юторів і можливість отримання агрономічного супроводу від виробника.

Сучасний український ринок насіннєвої кукурудзи представлений як міжнародними селекційними компаніями, так і вітчизняними науково-виробничими установами та насіннєвими підприємствами (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні виробники та постачальники насіння кукурудзи на ринку України

Група виробників	Основні представники	Характеристика продукції
Міжнародні селекційні компанії	Corteva Agriscience, Bayer / DEKALB, Syngenta, KWS, Limagrain / LG Seeds, MAS Seeds, Lidea	Пропонують широкий асортимент гібридів різних груп стиглості, орієнтованих на інтенсивні технології вирощування.
Вітчизняні наукові установи	Інститут зернових культур НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН	Створюють гібриди, адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов України.
Українські насіннєві підприємства	Насіннєві заводи, агрохолдинги, регіональні виробники	Здійснюють доробку, калібрування, протруювання, фасування та реалізацію насіння.
Офіційні дистриб'ютори	Представники міжнародних і вітчизняних брендів	Забезпечують постачання сертифікованого насіння й агрономічний супровід.

Серед міжнародних компаній значну частку займають Corteva Agriscience, Bayer/Monsanto, Syngenta, KWS, Limagrain/LG Seeds, MAS Seeds, Euralis/Lidea, які пропонують широкий асортимент гібридів різних груп стиглості за ФАО, адаптованих до умов Степу, Лісостепу та Полісся. Наявність офіційних дистриб'юторських мереж є важливою умовою забезпечення аграріїв сертифікованим насінням. Наприклад, Corteva в Україні має окрему мережу

офіційних дистриб'юторів для реалізації насіння та агропрепаратів, а KWS публікує перелік офіційних дистриб'юторів для кукурудзи й соняшнику.

До важливих вітчизняних виробників і селекційних установ належать Інститут зернових культур НААН України, Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція, а також українські насіннєві компанії та агрохолдинги, що займаються доробкою, калібруванням, протруюванням і реалізацією насіння кукурудзи. Вітчизняні гібриди мають перевагу за адаптованістю до локальних умов вирощування, часто характеризуються нижчою ціною порівняно з імпортними аналогами та можуть бути привабливими для господарств із середнім рівнем інтенсивності технології. Каталоги українських наукових установ містять гібриди кукурудзи, занесені до Державного реєстру сортів рослин України, з описом групи стиглості, напряму використання, зони вирощування та основних господарських ознак.

Важливе місце на ринку займає передпосівна обробка насіння. Сучасний покупець очікує отримати не просто відкаліброване насіння, а повністю підготовлений посівний матеріал із якісним протруюванням, рівномірним нанесенням захисних препаратів і стабільними посівними показниками. Саме тому підприємства, які мають власні ділянки доробки, калібрування, протруювання та фасування насіння, отримують додаткові конкурентні переваги. Наявність протруювача в технологічній лінії дозволяє підвищити товарну цінність продукції, зменшити залежність від сторонніх організацій і забезпечити контроль якості на всіх етапах виробництва.

Окремою проблемою ринку залишається наявність фальсифікованого насіння (рисунок 1.1). Використання підробленого або несертифікованого посівного матеріалу призводить до зниження польової схожості, нерівномірності сходів, погіршення врожайності та економічних втрат для господарств. Зменшення частки підробок у 2025 році є позитивною тенденцією, однак проблема залишається актуальною, тому аграрії дедалі частіше надають перевагу офіційним каналам постачання, сертифікованим партіям і виробникам із підтвердженою репутацією.

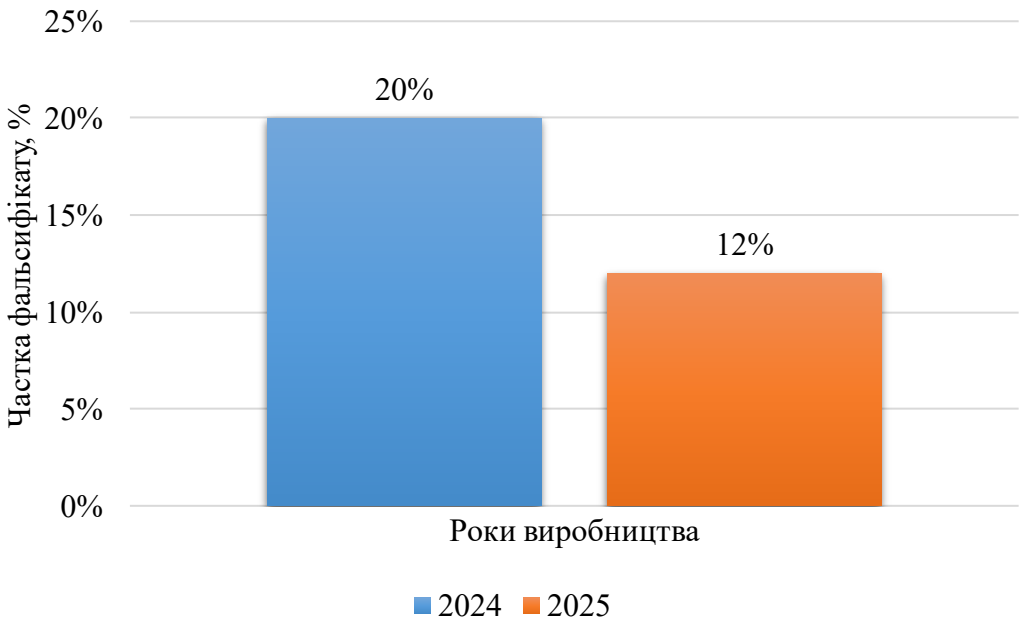


Рисунок 1.1 – Частка підробленого насіння

Таким чином, ринок насіннєвого зерна кукурудзи в Україні характеризується стабільним попитом, високою конкуренцією між міжнародними та вітчизняними виробниками, зростанням вимог до якості посівного матеріалу й посиленням ролі технологічної доробки насіння. Основними виробниками та постачальниками на ринку виступають міжнародні компанії Corteva Agriscience, Bayer, Syngenta, KWS, Limagrain/LG Seeds, MAS Seeds, Lidea/Euralis, а також українські селекційні установи й насіннєві підприємства. За таких умов удосконалення технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, зокрема впровадження ділянки протруювання, є доцільним рішенням, оскільки дозволяє підвищити якість готової продукції, її ринкову вартість і конкурентоспроможність підприємства.

1.2 Характеристика зерна кукурудзи як сировини для виробництва насіннєвого матеріалу

Кукурудза належить до найпоширеніших зернових культур і має важливе продовольче, кормове, технічне та насіннєве значення. Її зерно використовують для виробництва борошна, круп, крохмалю, кукурудзяних пластівців, сиропів, олії, а також як цінний компонент комбікормів. Зелена маса кукурудзи у свіжому або

силосованому вигляді широко застосовується для годівлі сільськогосподарських тварин. Окреме значення має кукурудза як посівний матеріал, якість якого безпосередньо впливає на врожайність і стабільність аграрного виробництва.

Залежно від зовнішніх ознак, форми, будови зернівки та ступеня плівчастості розрізняють кілька підвидів кукурудзи: кременисту, зубоподібну, розлусну, цукрову, крохмалисту, восковидну та плівчасту. Кремениста кукурудза характеризується гладкою, округлою зернівкою, у якій внутрішня частина ендосперму має борошнисту структуру, а зовнішня – прозору та щільну. Зерно переважно має жовте або біле забарвлення. Для зубоподібної кукурудзи характерна видовжена форма зерна з помітним заглибленням у верхній частині. На бокових ділянках зернівки розміщується рогоподібний ендосперм, тоді як центральна частина переважно борошниста й крохмалиста.

Початок кукурудзи складається із зернівок і стрижня (рисунок 1.2 та рисунок 1.3). Зернівка має плодову та насіннєву оболонки, ендосперм і зародок. Однією з важливих особливостей зерна кукурудзи є наявність великого зародка, маса якого може становити до 15 % від маси зернівки, а також підвищений вміст оболонок. Ці властивості необхідно враховувати під час зберігання, сушіння, очищення та подальшої технологічної обробки зерна.

Фізичні властивості кукурудзи залежать від сорту, вологості, крупності зерна та умов вирощування. Натура зерна зазвичай перебуває в межах 680 – 820 г/л, кут природного нахилу становить 30 – 40°, шпаруватість зернової маси – 35 – 55 %, а маса 1000 зерен – 500 – 1100 г. Харчова й кормова цінність кукурудзи визначається її хімічним складом. Залежно від сорту зерно містить приблизно 12,3 – 13,8 % білка, 45,2 – 60,0 % крохмалю, 1,74 – 8,0 % цукрів, 7,9 – 14,4 % жиру та 1,28 – 1,37 % зольних речовин.

Особливості будови початків створюють сприятливі умови для природної циркуляції повітря та активного вентилювання. Завдяки цьому в суху й теплу погоду початки можуть порівняно швидко підсихати після збирання. Водночас у вологу або дощову погоду висока повітронасиченість насипу може сприяти додатковому зволоженню початків, яке іноді досягає 3 – 5 % і більше.

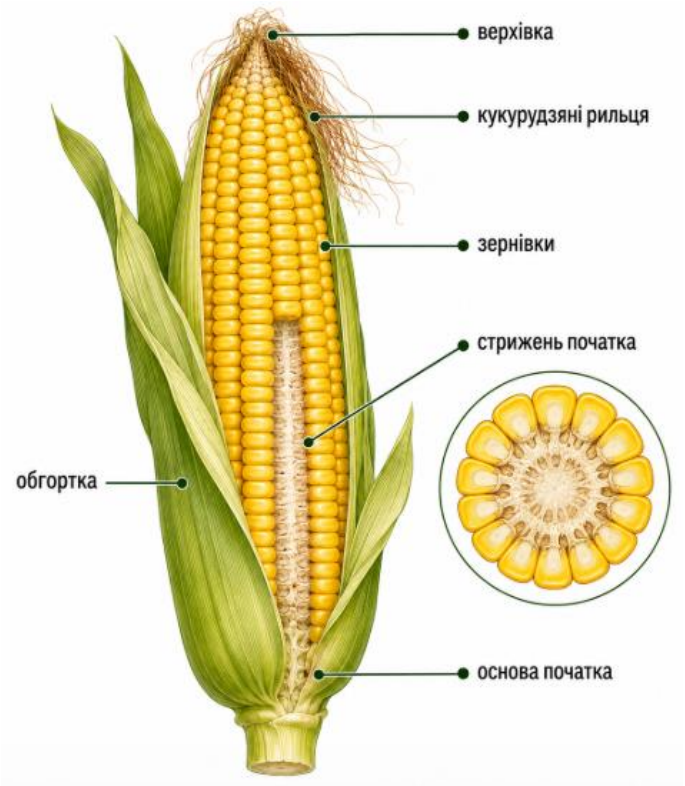


Рисунок 1.2 – Будова кукурудзяного початку

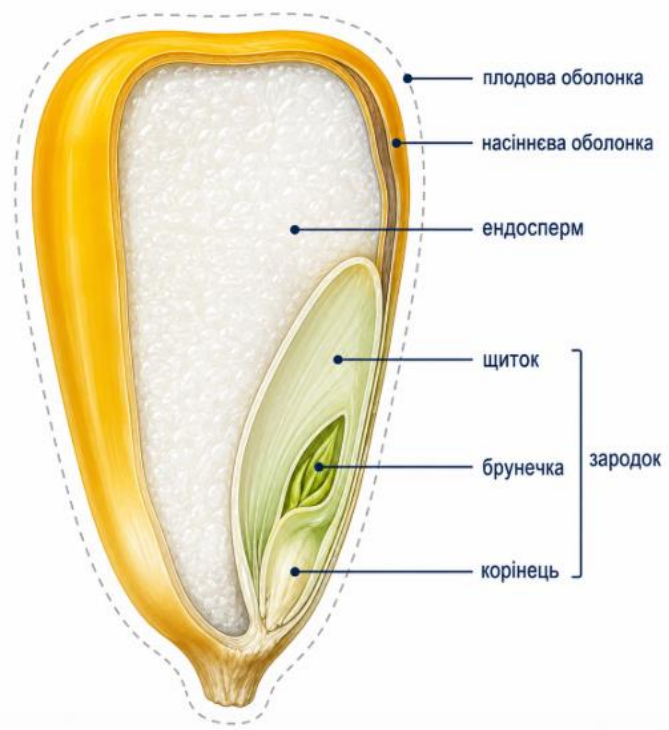


Рисунок 1.3 – Будова зернівки кукурудзи

До базисних кондицій кукурудзи належать такі показники: вологість – 22 %, вміст сміттєвої домішки – 1 %, зернової домішки – 2 %. Зараженість шкідниками

хлібних запасів не допускається. Обмежувальні кондиції передбачають вміст початків в обгортках не більше 10 %, вологість зерна – не більше 25 %, сміттєву домішку – не більше 5 %, зокрема зерна, пошкоджені хворобами, – не більше 2 %, гальку – не більше 1 %, шкідливу домішку в сукупності всіх видів – не більше 1 %.

Під час розміщення та зберігання кукурудзи враховують її стан за вологістю і засміченістю. Для кукурудзи в зерні сухим вважається зерно з вологістю до 14 % включно, середньої сухості – понад 14,1 до 15,5 %, вологим – понад 15,5 до 17 %, сирим – понад 17 %. Для кукурудзи в початках сухим вважається матеріал з вологістю до 16 %, середньої сухості – понад 16 до 18 %, вологим – понад 18 до 20 %, сирим – понад 20 %.

За рівнем засміченості кукурудзу поділяють на чисту, середньої чистоти та засмічену. До чистої відносять кукурудзу з вмістом сміттєвої домішки до 1 % і зернової домішки до 2 %. Кукурудза середньої чистоти містить сміттєву домішку понад 1 до 3 % і зернову – понад 2 до 5 %. Засміченою вважається кукурудза, у якій ці показники перевищують відповідні межі.

Кукурудзу в зерні зберігають у складах, а висоту насипу визначають залежно від вологості. При вологості до 15,5 % висота насипу встановлюється з урахуванням технічного стану зерносховища. Якщо вологість становить понад 15,5 до 17 %, висота насипу не повинна перевищувати 2 м; за вологості понад 17 до 19 % – 1,5 м; за вологості понад 19 % – 1 м.

Кукурудзу в початках розміщують у сховищах різного типу, а допустиму висоту насипу також визначають з урахуванням вологості. Початки з вологістю до 16 % можна зберігати в складах насипом висотою 2 – 3,5 м. За вологості понад 16 до 18 % їх доцільно розміщувати під навісами або в складах, обладнаних вентиляційними каналами, з висотою насипу до 3 м. При вологості понад 18 до 20 % початки розміщують у складах, під навісами або на спеціально підготовлених асфальтованих майданчиках з активним вентилюванням, висотою до 2,5 м. Якщо вологість перевищує 20 %, зберігання здійснюють у сховищах з активним вентилюванням при висоті насипу 2 – 2,5 м, а за вологості 25 % і більше – до 1,5 м.

Після обмолоту кукурудзу очищають на повітряно-ситових машинах з метою видалення великих частин стрижнів, квіткових плівок та інших домішок. Для середньозернової кукурудзи в повітряно-ситових сепараторах застосовують сита з отворами діаметром 4,5 – 5 мм, а для дрібнозернової – 3,5 – 4 мм. Відходи, які проходять через підсівні сита, зазвичай складаються з дрібних, битих і подрібнених частинок зерна. Биті, щуплі та недорозвинені зерна видаляють у пневмосепарувальних каналах сепараторів за швидкості повітряного потоку 8 – 9 м/с.

Таким чином, кукурудза як об’єкт післязбиральної обробки має низку специфічних фізико-механічних, анатомічних і біохімічних особливостей. Її підвищена схильність до зволоження, самозігрівання, ураження пліснявими грибами та втрати якості під час зберігання зумовлює необхідність ретельного контролю вологості, температури, засміченості, режимів сушіння, вентилювання й очищення. Це особливо важливо при виробництві насіннєвого зерна кукурудзи, де збереження схожості, енергії проростання та рівномірності фракційного складу має вирішальне значення для якості готового посівного матеріалу.

Висновки за розділом

Встановлено, що ринок насіннєвого зерна кукурудзи в Україні має стабільні передумови для розвитку, оскільки кукурудза залишається однією з провідних зернових культур за обсягами виробництва, експортним значенням і потребою у високоякісному посівному матеріалі. Попит на насіння формується переважно агропідприємствами, які орієнтуються на врожайність, стійкість гібридів до посухи, хвороб, вилягання, швидку вологовіддачу та адаптованість до конкретних умов вирощування.

Визначено, що важливою умовою конкурентоспроможності насіннєвого матеріалу є не лише його сортові та посівні властивості, а й якість післязбиральної доробки: очищення, калібрування, протруювання та фасування. Наявність власної ділянки протруювання дозволяє підприємству підвищити товарну цінність

продукції, забезпечити контроль якості на всіх етапах виробництва та зменшити залежність від сторонніх організацій.

Охарактеризовано кукурудзу як сировину для виробництва насіннєвого матеріалу. Встановлено, що вона має специфічні фізико-механічні та біохімічні властивості: натура зерна становить 680 – 820 г/л, кут природного нахилу – 30 – 40°, шпаруватість – 35 – 55 %, маса 1000 зерен – 500 – 1100 г. Такі показники необхідно враховувати при очищенні, сушінні, транспортуванні та зберіганні насіннєвого зерна.

Отже, проведений аналіз підтверджує доцільність удосконалення технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи. Впровадження ділянки протруювання є обґрунтованим рішенням, оскільки відповідає сучасним вимогам ринку, підвищує якість готового посівного матеріалу, покращує конкурентоспроможність підприємства та сприяє ефективнішому використанню виробничих потужностей.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис діючої технологічної лінії

Відомо, що на операціях приймання та сушіння качанів формується насіння з високими посівними і врожайними властивостями, на обмолоті качанів та очищення та сортування його якість суттєво погіршується. Основним фактором погіршення якості вважається травмування насінини.

Технологічна схема лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи до удосконалення приведена на рис. 2.1.

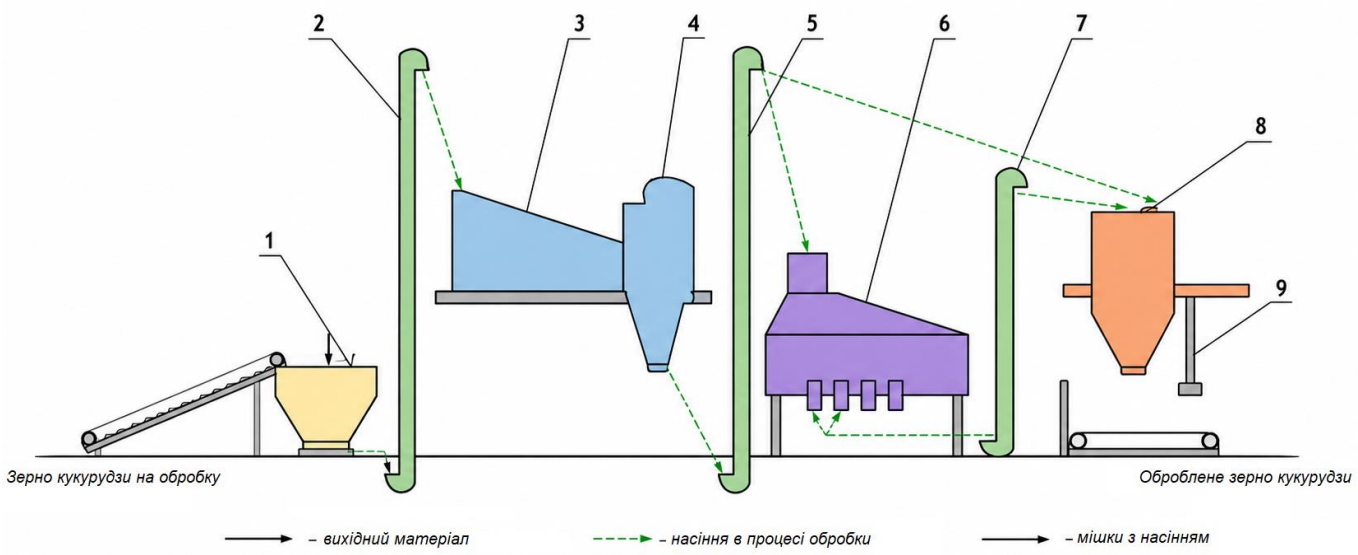


Рисунок 2.1 – Технологічна схема лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи до удосконалення

1 – приймальний бункер; 2, 5, 7 – норії; 3 – повітряно-решітний сепаратор А1-БСХ-16; 4 – аспіратор А1-БСХ-10.2; 6 – стіл пневматичний сортувальний ПСС-2,5; 8 – дозатор «Норма-С»; 9 – машина мішкозашивальна.

Згідно діючої технологічної схеми на обробку надходить обмолочене зерно кукурудзи. Пройшовши лабораторію визначення якості насіннєвий матеріал потрапляє через похилий транспортер до приймального бункера 1, звідти через норію 2 марки НЦ-50 подається до повітряно-решітного сепаратора 3 марки А1-

БСХ-6, пройшовши очистку від сторонніх домішок за геометричними параметрами насіннєва кукурудза надходить до аспіратора 4 марки А1-БСХ-10.2 для відокремлення легкої фракції домішок з загального потоку зернової маси. Після чого насіннєва маса потрапляє до норії 5 марки НЦ-50, якою транспортується до пневматичного сортувального столу 6 марки ПСС-2,5, в якому відбувається калібрування насіннєвого зерна кукурудзи. Потім насіння кукурудзи яке пройшло через калібрувальну машину потрапляє до норії 7 марки НЦ-50 і направляється до дозувального пристрою 8 марки «Норма-С» а звідти до мішкозашивальної машини 9. Після зашивання мішки з насіннєвою кукурудзою направляються до складу на зберігання і подальшу реалізацію виробникам.

Одним із недоліків діючої технологічної схеми виробництва насіннєвого зерна кукурудзи є відсутність протруювача, що в свою чергу значно знижує вартість продукції та відповідно виникають додаткові затрати на протруювання в умовах інших підприємствах.

2.2 Пропозиції щодо удосконалення технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи

У зв’язку з визначеними особливостями процесу очищення та сортування в умовах кукурудзообробного заводу та з метою удосконалення нами досліджено роботу існуючого нового обладнання. Із його використанням охарактеризовано техніко-технологічну схему лінії очищення та сортування, яка повинна зберігати і підвищувати сортові й посівні якості насіння кукурудзи.

В діючій технологічній лінії встановлено достатньо нове технологічне обладнання, а саме сепаратор А1-БСХ-6, аспіратор А1-БСХ-10.2, пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5. Також у технологічній схемі задіяні й нові тихохідні норії з пластиковими ковшами. Встановлено, що за рахунок нового обладнання покращується режим очищення та сортування залежно від біологічних і фізико-механічних властивостей насіння кукурудзи. Дослідження лінії безперервно

продовжується і в післязбиральний період обробки насіння кукурудзи врожаю 2025 року.

Встановлено, що одним із недоліків діючої технологічної схеми виробництва насіннєвого зерна кукурудзи є відсутність протруювача, що в свою чергу значно знижує вартість продукції та відповідно виникають додаткові затрати на протруювання та оброку засобами захисту насіннєвого матеріалу в умовах інших підприємствах. При цьому продуктивність технологічної лінії не зросте, а якість продукції значно підвищиться.

Провівши пошук та аналіз обладнання даної категорії, було встановлено, що одним з протруювачів який відповідає вище вказаним вимогам є протруювач Petkus CT25, продуктивність якого рівна 5 т/год, витрати протруювача – від 200 до 800 грам на 100 кг сировини, а встановлена потужність близько 2,5 кВт.

Впровадження даного рішення в технологічну схему дасть смогу відмовитися від послуг інших підприємств та підвищити вартість продукції, що в цілому позитивно вплине на економічну складову підприємства в цілому.

2.3 Опис удосконаленої технологічної лінії

Технологічна схема лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи після удосконалення приведена на рис 2.2.

Згідно діючої технологічної схеми на обробку надходить обмолочене зерно кукурудзи. Пройшовши лабораторію визначення якості насіннєвий матеріал потрапляє через похилий транспортер до приймального бункера 1, звідти через норію 2 марки НЦ-50 подається до повітярно-решітного сепаратора 3 марки А1-БСХ-6, пройшовши очистку від сторонніх домішок за геометричними параметрами насіннєва кукурудза надходить до аспіратора 4 марки А1-БСХ-10.2 для відокремлення легкої фракції домішок з загального потоку зернової маси. Після чого насіннєва маса потрапляє до норії 5 марки НЦ-50, якою транспортується до пневматичного сортувального столу 6 марки ПСС-2,5, в якому відбувається калібрування насіннєвого зерна кукурудзи. Потім насіння кукурудзи яке пройшло

через калібрувальну машину потрапляє до норії 7 марки НЦ-50 і направляється до проміжного бункера 8 для накопичення перед протруюванням.

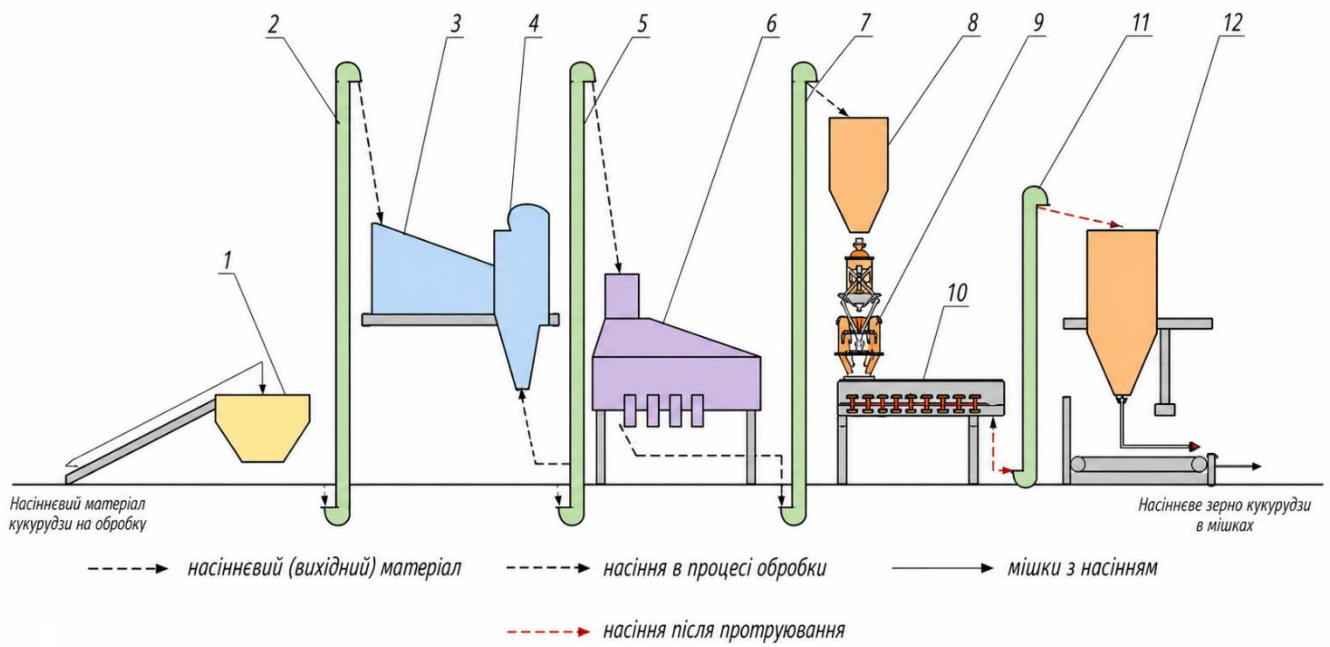


Рисунок 2.2 – Технологічна схема лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи після удосконалення

1 – приймальний бункер; 2, 5, 7, 10 – норії; 3 – повітряно-решітний сепаратор А1-БСХ-6; 4 – аспіратор А1-БСХ-10.2; 6 – стіл пневматичний сортувальний ПСС-2,5; 8 – бункер; 9 – протруювач Petkus CT25; 11 – дозатор «Норма-С»; 12 – машина мішкозашивальна.

З бункера 8 насіннєве зерно кукурудзи потрапляє до приймального пристрою протруювача безперервної дії 9 фірми Petkus CT25. Пройшовши операцію протруювання насіннєва кукурудза надходить через норію 10 до дозувального пристрою 11 марки «Норма-С» а звідти до мішкозашивальної машини 12. Після зашивання мішки з насіннвою кукурудзою напрвляються до складу на зберігання і подальшу реалізацію виробникам.

2.4 Характеристика насіннєвого зерна кукурудзи

Посівні якості насіння – це комплекс біологічних, господарських і технологічних властивостей, які визначають його придатність до сівби. Вони належать до найважливіших показників якості насіннєвого матеріалу, оскільки формуються та змінюються на всіх етапах насінництва: під час вирощування, збирання, післязбиральної обробки, сушіння, очищення, калібрування та зберігання.

На формування посівних якостей насіння значною мірою впливають сортова агротехніка, ґрунтово-кліматичні умови вирощування, система мінерального живлення, зрошення, строки та схема сівби, густота стояння рослин, режими збирання, сушіння, очищення і калібрування, умови зберігання, а також способи передпосівної підготовки. Для кукурудзи особливо важливими є строки та способи збирання і якість післязбиральної доробки, оскільки саме ці чинники найбільше впливають на збереження схожості, енергії проростання, чистоти та загальної кондиційності насіння.

Для насіння кукурудзи чинними нормативними вимогами встановлюються основні показники сортових і посівних якостей, зокрема типовість, кількість ксенійних зерен за результатами польової та комірної апробації, фізична чистота, тобто вміст насіння основної культури, схожість, вологість зерна, а також рівень ураження нігроспорозом, фузаріозом, сірою і червоною гнилями та біллю. Крім того, визначаються об’єкти, наявність яких у насіннєвому матеріалі не допускається. Енергія проростання також є важливим показником якості насіння кукурудзи, хоча вона не входить до переліку обов’язкових показників чинного стандарту.

Урожайні якості насіння характеризують його потенційну здатність забезпечувати формування високого врожаю. Вони зумовлені проявом модифікаційної мінливості генотипу залежно від умов вирощування, післязбиральної обробки та зберігання. Теоретично урожайні властивості тісно пов’язані з посівними якостями, однак у виробничих умовах на цей зв’язок істотно

впливають біотичні, абіотичні та антропогенні фактори. Саме тому лабораторна схожість насіння не завжди повністю відповідає його польовій схожості та фактичній урожайності.

Посівна придатність – це показник, який відображає відсотковий вміст схожого насіння основної культури в загальній насіннєвій партії. Для її визначення необхідно враховувати два основні показники: лабораторну схожість насіння та його фізичну чистоту. Обчислення посівної придатності виконують за відповідною формулою:

$$П = \frac{А \cdot Б}{100}\ , \% \qquad (2.1)$$

Цей показник має важливе практичне значення під час розрахунку вагової норми висіву, особливо у випадках, коли схожість і фізична чистота насіння перебувають на мінімально допустимому рівні. Наприклад, якщо лабораторна схожість насіння становить 92 %, фізична чистота – 98 %, маса 1000 зерен – 280 г, запланована передзбиральна густота рослин – 50 тис./га, а поправка на польову схожість і умови вирощування становить 20 %, то норма висіву з урахуванням посівної придатності повинна складати 18,6 кг/га, а не 16,8 кг/га.

Разом із тим, незважаючи на практичну цінність цього показника, він не повністю відображає всі особливості придатності насіння кукурудзи до сівби. Тому на основі численних наукових досліджень було запропоновано більш розширене трактування посівної придатності для насіння гібридів кукурудзи, яке враховує не лише схожість і чистоту, а й додаткові показники якості насіннєвого матеріалу. Дані щодо такої оцінки наведено на рисунку 2.3.

До додаткових показників оцінювання якості насіння належать схожість за холодного пророщування, кількість сильних ростків, рівень механічного й теплового пошкодження, а також енергія проростання. На основі сукупності цих показників визначають індекс посівної придатності насіння, який може бути високим, середнім або низьким.

Показники	Високий	Середній	Низький
1. Схожість, %			
• лабораторна	97–100	93–96	92
• холодне пророщування	85–100	70–84	нижче 70
2. Енергія проростання, %			
• всього	94–100	88–96	82–92
• різниця зі схожістю, не більше	3	5	10
3. Кількість сильних ростків довжиною не більше 5 см	90–100	80–90	не менше 80
4. Травмування зародку (механічне), %	менше 10	10–20	більше 20
5. Тріщинуватість насіння (теплова), %	менше 30	30–50	більше 50
6. Чистота фізична, %, не менше	99	98	98
7. Вологість зерна, %, не більше	14,0	14,0	14,0

Рисунок 2.3 – Показники посівної придатності насіння кукурудзи

Такий підхід дає змогу більш повно й об’єктивно оцінити якість насіння в межах його кондиційності, зокрема прогнозувати польову схожість, продуктивність рослин і здатність насіннєвого матеріалу до тривалого зберігання. Ефективність цієї методики підтверджена дослідженнями на значній кількості гібридів кукурудзи, що доводить її практичну цінність для відбору високоякісного насіння.

Висновки за розділом

Проаналізовано діючу технологічну лінію з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, яка включає приймання, очищення, аспірацію, сортування, дозування та фасування насіннєвого матеріалу. Встановлено, що на етапах обмолоту,

очищення та сортування можливе погіршення якості насіння внаслідок його механічного травмування, що негативно впливає на посівні властивості та подальшу врожайність культури.

Основним недоліком існуючої технологічної схеми є відсутність ділянки протруювання, через що підприємство змушене передавати насіння для обробки засобами захисту на інші підприємства. Це збільшує виробничі витрати, ускладнює логістику та знижує економічну ефективність реалізації готової продукції.

Для усунення виявленого недоліку запропоновано удосконалити технологічну лінію шляхом встановлення проміжного бункера та протруювача безперервної дії Petkus CT25 продуктивністю 5 т/год. Його використання дає змогу забезпечити рівномірну передпосівну обробку насіння, підвищити якість готової продукції та розширити функціональні можливості технологічної лінії без зниження її загальної продуктивності.

Удосконалена технологічна схема передбачає повний цикл підготовки насіннєвого зерна кукурудзи безпосередньо на підприємстві: від приймання та очищення до протруювання, дозування, фасування і направлення продукції на зберігання. Це дозволяє зменшити залежність від сторонніх організацій, скоротити додаткові витрати та підвищити ринкову вартість насіння.

Отже, впровадження ділянки протруювання є технічно доцільним і економічно обґрунтованим рішенням, оскільки сприяє підвищенню якості насіннєвого матеріалу, збереженню його посівних властивостей, покращенню конкурентоспроможності продукції та ефективності роботи підприємства загалом.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок

Перед проведенням перевірочного розрахунку технологічного обладнання нам спочатку необхідно провести розрахунок продуктивності цеху. Як було зазначено раніше, що в результаті удосконалення продуктивність лінії не зросте, а лише підвищиться якість продукції і відповідно її вартість. Річна продуктивність лінії складає 777 т/рік при цьому кількість робочих днів 259.

Отже, добову продуктивність лінії розрахуємо за формулою

$$Q_{доб} = \frac{Q_{річ}}{259}\ , \tag{3.1}$$

де $Q_{річ}$ – річна продуктивність цеху, т/рік;

$$Q_{доб} = \frac{777}{259} = 3\,\text{т/добу}$$

Оскільки лінія працює в одну зміни, то змінна продуктивність буде рівна добовій і складе також 3 т/зміну, а годинна 0,375 т/годину.

Розрахунок кількості технологічного обладнання будемо проводити за наступною формулою: [6, 7]

$$n_м = \frac{q_{год}}{q_м}, \tag{3.2}$$

де $q_м$ – годинна продуктивність машини (згідно технічної характеристики), т/год.

- для повітряно-решітного сепаратора А1-БСХ-6:

$$n_м = \frac{0,375}{6} = 0,06$$

Приймаємо один повітряно-решітних сепаратор А1-БСХ-6.

- для пневматичного сортувального столу ПСС-2,5:

$$n_м = \frac{0,375}{2,5} = 0,15$$

Приймаємо один пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5.

- для протруювача безперервної дії Petkus CT25:

$$n_м = \frac{0,375}{5} = 0,07$$

Приймаємо один протруювач безперервної дії Petkus CT25

Знаючи необхідну кількість машин та їх продуктивність (з технічної характеристики) ми можемо розрахувати час роботи машини на протязі доби за формулою:

$$t_р = \frac{m_{зм}}{q_м \cdot n_м}, \qquad (3.3)$$

де $t_р$ – час роботи;

$m_{зм}$ – кількість сировини, що переробляється за добу (повинна відповідати добовій продуктивності), кг;

$q_м$ – добова продуктивність машини, т/доб;

$n_м$ – кількість машин або установок.

- для повітряно-решітного сепаратора А1-БСХ-6:

$$t_р = \frac{3}{48 \cdot 1} = 0,06 \approx 1,2 \text{ год}$$

- для пневматичного сортувального столу ПСС-2,5:

$$t_р = \frac{3}{20 \cdot 1} = 0,15 \approx 2,1 \text{ год}$$

- для протруювача безперервної дії Petkus CT25:

$$t_р = \frac{3}{40 \cdot 1} = 0,08 \approx 1,2 \text{ год}$$

Наступним етапом буде розрахунок ступеня завантаженості технологічного обладнання.

Ступінь завантаження технологічного устаткування визначають по формулі:

$$K_{зав} = \frac{m_{зм}}{\left(q_м \cdot n_м \cdot n \cdot квч \cdot t_{зм}\right)} \cdot 100\%, \qquad (3.4)$$

де $K_{зав}$ – ступінь завантаження технологічного устаткування;

$m_{зм}$ – кількість сировини, що переробляється, на добу, т;

$q_м$ – годинна продуктивність машини, т/год;

$n_м$ – кількість машин певного виду;

n – кількість змін;

$квч$ – коефіцієнт, що враховує використання часу зміни, 0,8;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

- для повітряно-решітного сепаратора А1-БСХ-6:

$$K_{зав} = \frac{3}{(6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 8)} \cdot 100 = 8\%$$

- для пневматичного сортувального столу ПСС-2,5:

$$K_{зав} = \frac{3}{(2{,}5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 8)} \cdot 100 = 19\%$$

- для протруювача безперервної дії Petkus CT25:

$$K_{зав} = \frac{3}{(5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 8)} \cdot 100 = 10\%$$

Розрахунки допоміжного та транспортного обладнання проводити не будемо, так як його підбираємо згідно вимог технологічного процесу, та за продуктивністю.

Отже, проведені розрахунки підтверджують правильність вибору технологічного обладнання для лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи.

З приведених розрахунків бачимо, що ступінь завантаження технологічного обладнання досить низький, а отже буде можливим в подальшому передбачувати розширення виробництва насіннєвого зерна кукурудзи так, як її посіви що року збільшуються аграрії потребують у високоврожайному та якісному насіннєвому матеріалі.

3.2 Коротка характеристика обраного протруювач Petkus CT25

Протруювачі безперервної дії компанії Petkus підходять для обробки всіх видів сировини, коли потрібна пропускна здатність до 25 т/год з одночасно високою ефективністю протруювання. Протруювачі безперервної дії Petkus працюють з більшістю типів рідких протруйників. Одночасно можливе нанесення максимально чотирьох різних протруйників. Устаткування дозволяє виконувати як інкрустацію насіннєвого матеріалу, так і його дражування. Всі типи протруювачів виконують вимоги Федерального біологічного відомства Німеччини, пройшли випробування і допущені до експлуатації.

При виборі дизайну обладнання особлива увага приділялася на незалежне від пропускної здатності дозування сировини, а також попереднє розпорошення протруйника. Характеристика зерна не робить ніякого впливу на особливо точний і синхронний процес протруювання. Насіннєвий матеріал надходить з бункера в камеру розпилення хімікату, причому камера відрізняється достатніми габаритними розмірами. Рівномірно подає сировини в камеру забезпечується шлюзовим дозатором зі спеціальними скошеними комірками. У камері розпилення сировину розподіляється обертовим розподільним диском до утворення насіннєвої «завіси» (ефект парасольки), який дозволяє – навіть з урахуванням високої пропускної здатності – завжди наносити рівномірний шар протруювача без виникнення мертвих зон. Хімікат рівномірно і дрібнодисперсних розпорошується диском-розприскувачем, розташованим під розподіляючим сировину диском – так дрібнодисперсний туман хімікату рівномірно покриває падаючі зверху зерна. Потім сировина потрапляє у вторинну змішувальну камеру. Змонтовані в ній лопаті з прямим і зворотним ходом забезпечують додаткове інтенсивне перемішування сировини в щадному режимі. Зручний в роботі сенсорний екран полегшує управління обладнанням і дозволяє контролювати весь процес протруювання сировини.

Технологічна схема роботи протруювача безперервної дії фірми Petkus CT25 приведено на рисунку 3.1, а його технічна характеристика у таблиці 3.1.

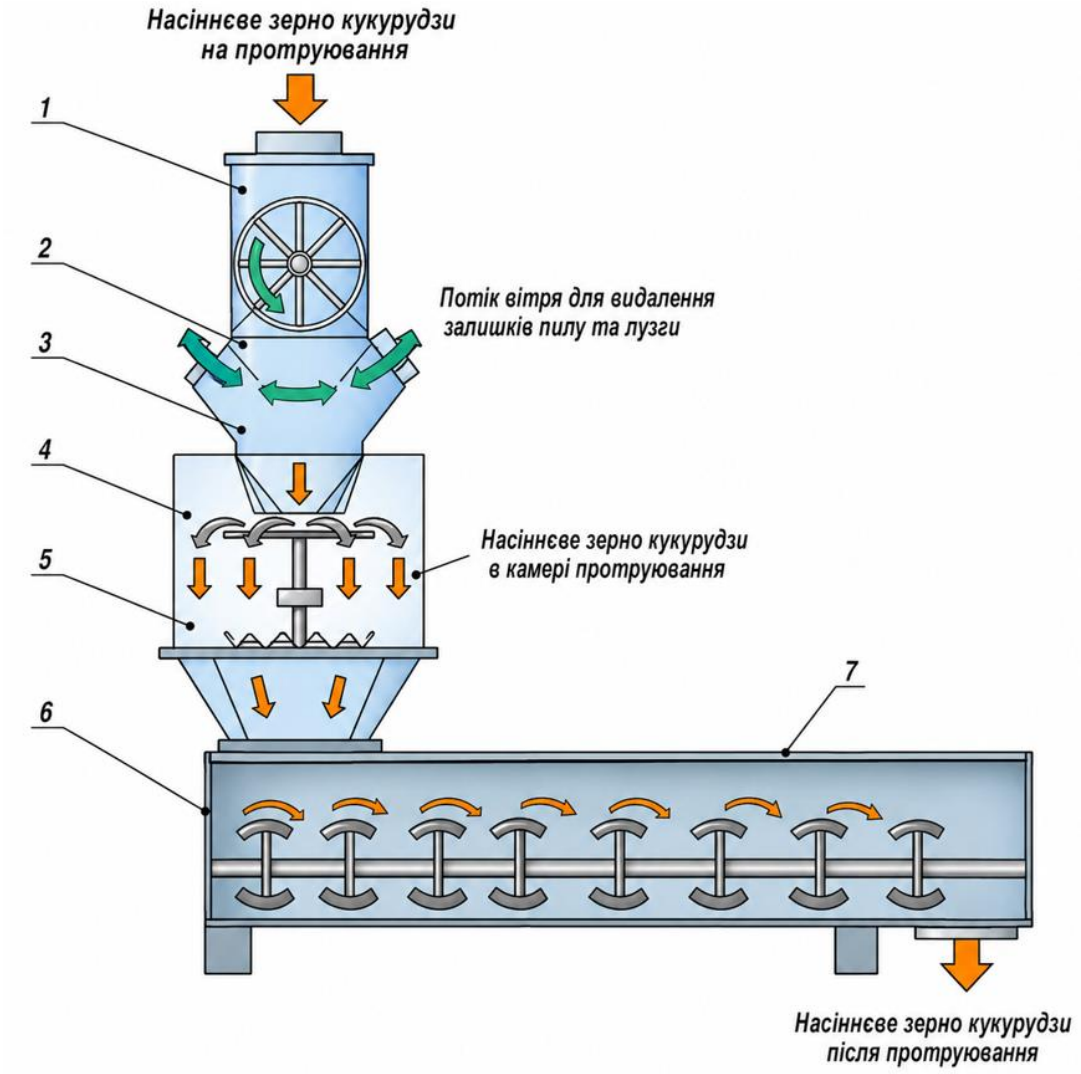


Рисунок 3.1 – Протруювач безперервної дії фірми Petkus CT25

1 – шлюзовий затвор; 2 – завантажувальна горловина; 3 – поперечний повітряний сепаратор; 4 – диск розподілу насіннєвого матеріалу; 5 – диск розподілу протруювача; 6 – додатковий змішувач зі змішувальними лопатями; 7 – вихід протруєного зерна.

Переваги протруювача безперервної дії фірми Petkus CT25:

- корпус болтової збірки з листової сталі;
- спеціальне пластикове покриття внутрішнього простору знижує налипання продукту на стінки;
- додаткова аспіраційна установка скорочує пилоутворення в камері розпилення хімікату;

- точне дозування рідкого протруйника і запобігання недостатньої обробки завдяки інтегрованому пристрою автоматичного контролю;
- електрошафа з сенсорним екраном і програмним забезпеченням для управління протруювачем;
- дистанційне керування;
- сенсорна техніка для контролю і управління технологічним процесом;
- просте управління, зручне очищення і обслуговування.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика протруювача Petkus CT25

Продуктивність, т/год	5
Встановлена потужність, кВт	
- диска	0,75
- додаткового змішувача	1,5
- шлюзового затвора дозатора	0,37
Дозування протрюйника, г/100 кг	200 – 800
Габаритні розміри, мм	2230×1100×2026
Маса, кг	320

3.3 Розрахунок площ та компонування обладнання у виробничому приміщенні цеху

Планування виробничого приміщення цеху виконано з урахуванням послідовності технологічного процесу виробництва насіннєвого зерна кукурудзи після удосконалення. Відповідно до запропонованої схеми, насіннєвий матеріал після приймання подається до повітряно-решітного сепаратора А1-БСХ-6, далі проходить аспірацію, сортування на пневматичному столі ПСС-2,5, накопичення у проміжному бункері, протруювання на протруювачі Petkus CT25, дозування, фасування і зашивання мішків. До складу лінії входять приймальний бункер, норії, сепаратор, аспіратор, пневматичний сортувальний стіл, проміжний бункер, протруювач, дозатор і мішкозашивальна машина.

Розміщення обладнання приймаємо лінійним, тобто за ходом руху насіннєвого матеріалу. Такий варіант компонування є найбільш доцільним для

даного цеху, оскільки забезпечує послідовне переміщення зерна без перехрещення потоків, зменшує довжину транспортних комунікацій, спрощує обслуговування машин і дозволяє виділити окрему зону для протруювання насіння. Орієнтовна структура виробничого приміщення представлена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Орієнтовна структура виробничого приміщення

Зона приміщення	Обладнання або операції	Орієнтовне призначення
Зона приймання	Похилий транспортер, приймальний бункер	Приймання насіннєвого зерна кукурудзи на обробку
Зона очищення	Норія, сепаратор А1-БСХ-6, аспіратор А1-БСХ-10.2	Видалення крупних, дрібних і легких домішок
Зона сортування	Норія, пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5	Калібрування та розділення насіння за якістю
Зона протруювання	Проміжний бункер, протруювач Petkus CT25	Передпосівна обробка насіння захисними препаратами
Зона фасування	Норія, дозатор «Норма-С», мішкозашивальна машина	Дозування, фасування і зашивання мішків
Зона тимчасового накопичення	Піддони або місце для готових мішків	Короткочасне розміщення готової продукції перед передачею на склад

Оскільки протруювання пов’язане з використанням робочих розчинів препаратів, зону протруювання слід розміщувати після завершення операцій очищення та сортування, але до фасування. Це дозволяє обробляти вже підготовлене насіння та запобігає втратам препарату на домішках і некондиційній фракції.

Площу виробничого приміщення визначаємо з урахуванням площі, зайнятої обладнанням, зон обслуговування, проходів, місця для фасування та короткочасного накопичення готової продукції.

Загальна площа виробничого приміщення може бути визначена за формулою:

$$F_ц = F_{обл} + F_{обс} + F_{пр} + F_{доп}\ , \qquad (3.5)$$

де $F_ц$ – загальна площа виробничого приміщення, м²;

$F_{обл}$ – площа, зайнята технологічним обладнанням, м²;

$F_{обс}$ – площа зон обслуговування обладнання, м²;

$F_{пр}$ – площа проходів і транспортних проїздів, м²;

$F_{доп}$ – допоміжна площа для тимчасового розміщення мішків, тари та інвентарю, м².

Орієнтовну площу, зайняту обладнанням, приймаємо за габаритами машин і допоміжних пристроїв (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Площа та габаритні розміри машин і допоміжних пристроїв

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Орієнтовна займана площа однієї одиниці, м²	Загальна площа, м²
Приймальний бункер з похилим транспортером	1	8,0	8,0
Норії НЦ-50	4	0,8	3,2
Повітряно-решітний сепаратор А1-БСХ-6	1	5,0	5,0
Аспіратор А1-БСХ-10.2	1	2,0	2,0
Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5	1	4,0	4,0
Проміжний бункер	1	2,5	2,5
Протруювач Petkus CT25	1	3,5	3,5
Дозатор «Норма-С»	1	2,0	2,0
Мішкозашивальна машина з місцем для фасування	1	5,0	5,0
Разом			35,2

Отже, площа, безпосередньо зайнята обладнанням $F_{обл} = 35,2$ м².

Для забезпечення зручного обслуговування, ремонту, очищення машин, доступу до привідних механізмів і безпечної роботи оператора приймаємо площу зон обслуговування на рівні 80 % від площі, зайнятої обладнанням:

$$F_{обс} = 0,8 \cdot F_{обл}, \tag{3.6}$$

$$F_{обс} = 0,8 \cdot 35,2 = 28,2 \text{ м}^2.$$

Площу проходів і транспортних проїздів приймаємо на рівні 60 % від площі обладнання та зон обслуговування:

$$F_{пр} = 0,6 \cdot (F_{обл} + F_{обс}), \tag{3.7}$$

$$F_{пр} = 0,6 \cdot (35,2 + 28,2) = 38,0 \text{ м}^2.$$

Допоміжну площу для тимчасового накопичення мішків із насінням, тари, інвентарю та засобів обслуговування приймаємо:

$$F_{доп} = 12 \text{ м}^2.$$

Тоді загальна розрахункова площа виробничого приміщення становить:

$$F_{ц} = 35,2 + 28,2 + 38,0 + 12 = 113,4 \text{ м}^2.$$

З урахуванням запасу площі для раціонального розміщення обладнання, монтажних відступів, проходів та можливого подальшого розширення виробництва приймаємо виробниче приміщення площею:

$$F_{прийм} = 144 \text{ м}^2.$$

Для цього доцільно прийняти габаритні розміри приміщення $L \times B = 24 \times 6$ м,

$$F = 24 \cdot 6 = 144 \text{ м}^2.$$

Прийнята площа є достатньою для розміщення технологічної лінії продуктивністю 3 т/добу, організації проходів, зони протруювання, фасування та короткочасного накопичення готової продукції. Таким чином, прийняті габарити 24×6 м забезпечують компактне, але зручне компонування технологічної лінії.

Висоту приміщення визначаємо з урахуванням найбільш високого обладнання, яким у даній технологічній лінії є норії НЦ-50, а також необхідного монтажного та експлуатаційного зазору над обладнанням.

Розрахункова висота приміщення визначається за формулою:

$$H = h_{обл} + h_{заз} + h_{кон}, \tag{3.8}$$

де H – необхідна висота виробничого приміщення, м;

$h_{обл}$ – максимальна висота технологічного обладнання, м;

$h_{заз}$ – монтажний та експлуатаційний зазор над обладнанням, м;

$h_{кон}$ – висота, необхідна для розміщення елементів перекриття, освітлення, вентиляції та комунікацій, м.

Для розрахунку приймаємо:

$$h_{обл} = 5{,}8 \text{ м},$$

$$h_{заз} = 0{,}8 \text{ м},$$

$$h_{кон} = 0,6 \text{ м.}$$

Тоді:

$$H = 5,8 + 0,8 + 0,6 = 7,2 \text{ м.}$$

Отже, для цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи приймаємо висоту приміщення:

$$H = 7,2 \text{ м.}$$

Така висота дозволяє розмістити норії, проміжний бункер, завантажувальні патрубки, аспіраційні повітропроводи, електрокабельні траси, освітлення та вентиляційні системи. Крім того, вона забезпечує можливість безпечного монтажу, огляду й ремонту верхніх частин обладнання.

Особливу увагу слід приділити зоні протруювання, оскільки вона пов’язана з використанням робочих розчинів протруйників. Біля протруювача Petkus CT25 необхідно передбачити вільний доступ оператора, місце для ємностей із робочим розчином, локальну витяжну вентиляцію, піддон або непроникне покриття підлоги для запобігання потраплянню препарату в навколишнє середовище.

Для цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи приймаємо одноповерхове виробниче приміщення прямокутної форми розмірами $24 \times 6 \times 7,2$ м.

Загальна площа приміщення:

$$F = 144 \text{ м}^2.$$

Будівельний об’єм приміщення:

$$V = F \cdot H, \tag{3.9}$$

$$V = 144 \cdot 7,2 = 1036,8 \text{ м}^3.$$

Технологічну лінію доцільно розміщувати вздовж однієї поздовжньої стіни із забезпеченням основного проходу з боку обслуговування (рисунок 3.2). Приймання насіння розташовується на початку приміщення, далі послідовно встановлюються машини для очищення, аспірації, сортування, протруювання та фасування. Зона фасування повинна бути наближена до виходу готової продукції або до дверей, через які мішки з насінням направляються на склад.

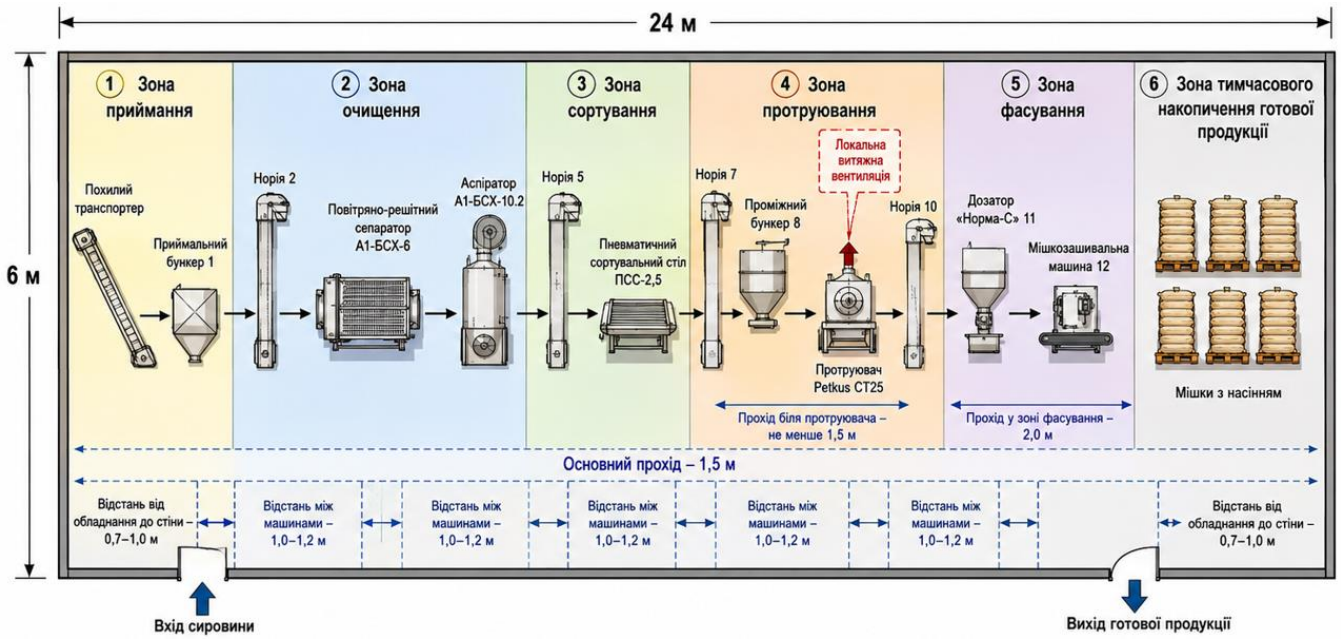


Рисунок 3.2 – План виробничого приміщення цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи

Отже, прийняте планування виробничого приміщення забезпечує раціональне розміщення обладнання технологічної лінії, послідовний рух насіннєвого матеріалу, безпечні умови праці, можливість технічного обслуговування машин і достатню площу для фасування готового насіння. Обрана площа 144 м² та висота 7,2 м є достатніми для роботи лінії продуктивністю 3 т/добу

з урахуванням встановлення ділянки протруювання та перспективи подальшого розширення виробництва.

Висновки за розділом

Виконано технологічний розрахунок лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи. Встановлено, що річна продуктивність становить 777 т/рік, добова – 3 т/добу, а годинна – 0,375 т/год. Прийнята продуктивність підтверджує, що удосконалення лінії спрямоване не на збільшення обсягів виробництва, а на підвищення якості та ринкової вартості готової продукції.

За результатами розрахунків для технологічної лінії прийнято по одній одиниці основного обладнання: повітряно-решітний сепаратор А1-БСХ-6, пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5 та протруювач безперервної дії Petkus CT25. Це обладнання забезпечує виконання основних операцій очищення, сортування та протруювання насіннєвого матеріалу.

Обґрунтовано вибір протруювача Petkus CT25, який має продуктивність 5 т/год, дозування протруйника 200 – 800 г/100 кг, габаритні розміри 2230×1100×2026 мм та масу 320 кг. Його застосування дозволяє забезпечити рівномірне нанесення протруйника, точне дозування робочого розчину, зменшення пилоутворення та зручне керування процесом обробки насіння.

Розроблено компонування виробничого приміщення з лінійним розміщенням обладнання за ходом руху насіннєвого матеріалу. Таке планувальне рішення забезпечує послідовне переміщення зерна без перехрещення потоків, скорочує довжину транспортних комунікацій, спрощує обслуговування машин і дає змогу виділити окрему зону протруювання.

Розрахунком установлено, що для розміщення технологічної лінії приймається виробниче приміщення площею 144 м² з габаритами 24×6×7,2 м та будівельним об’ємом 1036,8 м³. Така площа є достатньою для розміщення обладнання, організації проходів, обслуговування машин, фасування готового насіння та можливого подальшого розширення виробництва.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження елементів системи НАССР у цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи є важливим заходом для забезпечення стабільної якості продукції, безпечних умов виробництва, контролю небезпечних чинників і зниження ризику випуску некондиційного насіннєвого матеріалу. Хоча насіннєве зерно кукурудзи не призначене безпосередньо для харчового споживання, його виробництво пов'язане з операціями очищення, сортування, протруювання, фасування та зберігання, на яких можуть виникати фізичні, біологічні й хімічні ризики.

Особливого значення елементи НАССР набувають після удосконалення технологічної лінії шляхом встановлення ділянки протруювання. Згідно з прийнятою схемою, насіннєвий матеріал проходить приймання, очищення, аспірацію, сортування, накопичення у проміжному бункері, протруювання на протруювачі Petkus CT25, дозування, фасування та направлення на склад. Саме операція протруювання потребує посиленого контролю, оскільки пов'язана з використанням хімічних препаратів, які мають бути рівномірно нанесені на поверхню зернівок без перевищення встановленої норми витрати.

Готовою продукцією цеху є насіннєве зерно кукурудзи, призначене для сівби. Основними показниками його якості є фізична чистота, схожість, енергія проростання, вологість, відсутність карантинних домішок, рівномірність фракційного складу, мінімальний рівень травмування зародка та якість протруювання.

Насіннєве зерно після очищення, сортування та протруювання фасується в мішки, маркується і направляється на склад для подальшого зберігання та реалізації. Продукція не призначена для харчового або кормового використання після протруювання, тому на тарі обов'язково має бути нанесене попереджувальне маркування про наявність протруйника.

На технологічній лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи можливе виникнення трьох основних груп небезпечних чинників (таблиця 4.1): біологічних, хімічних і фізичних. До біологічних належать плісняві гриби, мікроорганізми,

шкідники зернових запасів. До хімічних – залишки протруйників, мастильних матеріалів, мийних або дезінфекційних засобів. До фізичних – металеві частинки, камінці, залишки стрижнів, пил, лузга, фрагменти тари або обладнання.

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних чинників за етапами технологічного процесу

Етап процесу	Можливий небезпечний чинник	Тип чинника	Заходи контролю
Приймання насіння	Засміченість, зараженість шкідниками, підвищена вологість	Біологічний, фізичний	Вхідний лабораторний контроль, відбір проб
Очищення	Залишки крупних і дрібних домішок	Фізичний	Контроль роботи сит, регулювання повітряного потоку
Аспірація	Надмірна запиленість, легкі домішки	Фізичний	Контроль аспіраційної системи
Сортування	Потрапляння щуплого або травмованого зерна	Фізичний	Налаштування пневматичного столу
Накопичення в бункері	Змішування партій, самозігрівання	Біологічний, організаційний	Ідентифікація партій, обмеження часу перебування
Протруювання	Недостатня або надмірна доза препарату	Хімічний	Контроль витрати препарату та рівномірності нанесення
Фасування	Потрапляння сторонніх предметів, помилки маркування	Фізичний, організаційний	Візуальний контроль, перевірка тари і маркування

У цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи основними контрольними точками є приймання сировини, очищення, сортування, протруювання, фасування та зберігання (таблиця 4.2). Найбільш важливою критичною точкою є протруювання, оскільки саме на цьому етапі відбувається нанесення хімічного

препарату на насіння. Від правильності дозування залежить ефективність захисту насіння, безпека персоналу, якість готової продукції та недопущення перевищення витрати препарату.

Таблиця 4.2 – План контролю критичних і операційних контрольних точок

Етап	Небезпечний чинник	Контрольний захід	Тип контролю	Критична межа або норматив
Приймання насіння	Підвищена вологість, домішки, зараженість	Лабораторний аналіз	Операційна контрольна точка	Відповідність вимогам до насіннєвого матеріалу
Очищення	Залишкові домішки	Перевірка чистоти після сепарації	Операційна контрольна точка	Відсутність надмірної сміттєвої домішки
Сортування	Наявність щуплого, битого, травмованого насіння	Контроль фракційного складу	Операційна контрольна точка	Рівномірність фракції, мінімальне травмування
Протруювання	Неправильна доза препарату	Контроль витрати робочого розчину	Критична контрольна точка	Відповідність нормі витрати препарату
Протруювання	Нерівномірне нанесення препарату	Візуальний і лабораторний контроль	Критична контрольна точка	Рівномірне покриття поверхні насіння
Фасування	Невідповідність маси мішка, помилки маркування	Контроль зважування і маркування	Операційна контрольна точка	Відповідність маси та наявність маркування

Висновки за розділом

Впровадження елементів системи HACCP у цеху з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи дозволяє організувати системний контроль небезпечних чинників

на всіх етапах технологічного процесу. Основна увага має бути зосереджена на якості вхідного насіннєвого матеріалу, ефективності очищення й сортування, безпечному проведенні протруювання, правильному фасуванні, маркуванні та зберіганні готової продукції.

Найбільш значущою контрольованою операцією є протруювання, оскільки вона пов’язана з використанням хімічних препаратів і безпосередньо впливає на якість та товарну цінність насіння. Запровадження контролю дози препарату, рівномірності нанесення, стану обладнання, маркування і простежуваності партій забезпечує стабільну якість готового насіннєвого матеріалу, підвищує безпеку виробництва та конкурентоспроможність підприємства.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці для оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи

Розробка карти безпеки праці для оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи є необхідною складовою організації безпечного виробничого процесу на ділянці передпосівної обробки насіння. Удосконалена технологічна лінія передбачає встановлення проміжного бункера та протруювача безперервної дії Petkus CT25, після якого оброблене насіння подається до дозатора, фасується і направляється на зберігання.

Особливість роботи оператора протруювача полягає в одночасному впливі механічних, хімічних, пилових, електричних та організаційних небезпечних факторів. Найбільш суттєвим ризиком є контакт із робочим розчином протруйника, а також можливе вдихання аерозолю, пилу та залишків препарату під час заправлення, контролю роботи, очищення або аварійної зупинки обладнання. Впровадження ділянки протруювання є технічно обґрунтованим, оскільки підвищує якість насіннєвого матеріалу та забезпечує рівномірну передпосівну обробку, однак потребує чіткої регламентації безпечних прийомів праці.

Карта безпеки праці (рисунок 5.1) дозволяє систематизувати основні небезпеки на робочому місці оператора, визначити засоби індивідуального захисту, встановити порядок дій до початку роботи, під час експлуатації протруювача, при аварійних ситуаціях і після завершення зміни.

Запропонована карта безпеки праці для оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи дозволяє чітко визначити небезпечні фактори, встановити порядок безпечного виконання робіт і запобігти виробничому травматизму. Найбільшу увагу необхідно приділяти захисту працівника від дії протруйника, зернового пилу, рухомих частин обладнання та електричного струму.

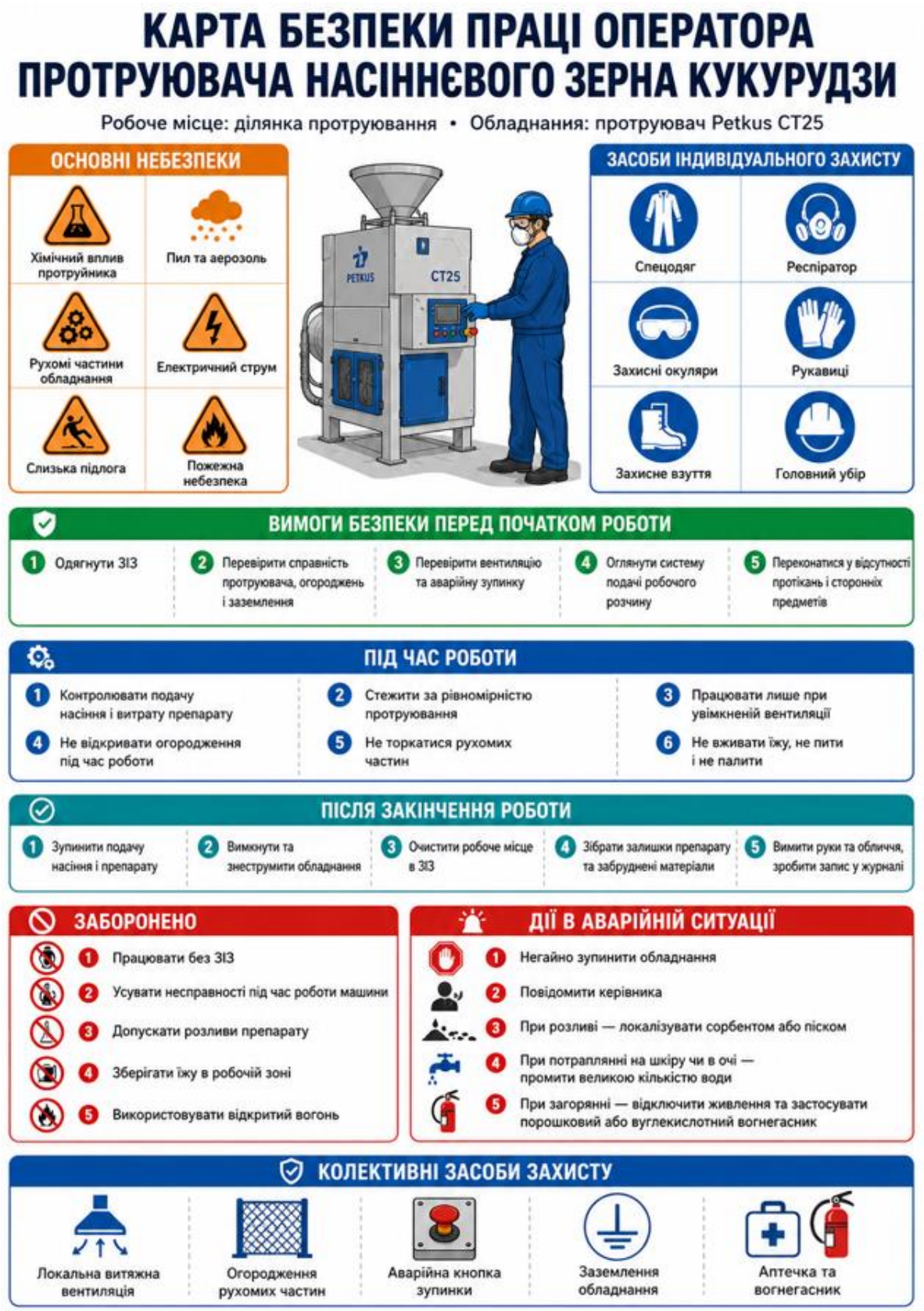


Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи

Дотримання вимог карти безпеки забезпечує безпечну експлуатацію протруювача Petkus CT25, стабільну якість передпосівної обробки насіння та зниження ризиків для персоналу і навколишнього середовища.

5.2 Утилізація відходів виробництва насіннєвого зерна кукурудзи

У процесі виробництва насіннєвого зерна кукурудзи утворюються різні види відходів, пов’язані з прийманням, очищенням, аспірацією, сортуванням, протруюванням, фасуванням та зберіганням готової продукції. Оскільки удосконалена технологічна схема передбачає послідовне проходження насіння через приймальний бункер, сепаратор, аспіратор, пневматичний сортувальний стіл, проміжний бункер, протруювач Petkus CT25, дозатор і мішкозашивальну машину, система поводження з відходами повинна охоплювати всі етапи технологічного процесу.

Основними видами відходів у такому цеху є зернові домішки, сміттєві домішки, пил аспіраційних систем, некондиційне або травмоване зерно, залишки протруйника, забруднена тара з-під препаратів, використані засоби індивідуального захисту, пошкоджені мішки та інші пакувальні матеріали. Особливу увагу необхідно приділяти відходам, які утворюються після протруювання, оскільки вони можуть містити залишки хімічних препаратів і не повинні використовуватися на кормові або харчові цілі.

Відходи, що утворюються до етапу протруювання, за умови відповідності санітарним і ветеринарним вимогам можуть бути використані як кормова або технічна сировина. До них належать дрібна зернова фракція, бите зерно, щупле та недорозвинене насіння. Такі відходи можуть передаватися на комбікормові підприємства або використовуватися для виробництва біопалива. Кукурудза має високу кормову та технічну цінність, оскільки використовується як компонент комбікормів, а також для виробництва круп, крохмалю, сиропів, олії та інших продуктів переробки (рисунок 5.2).

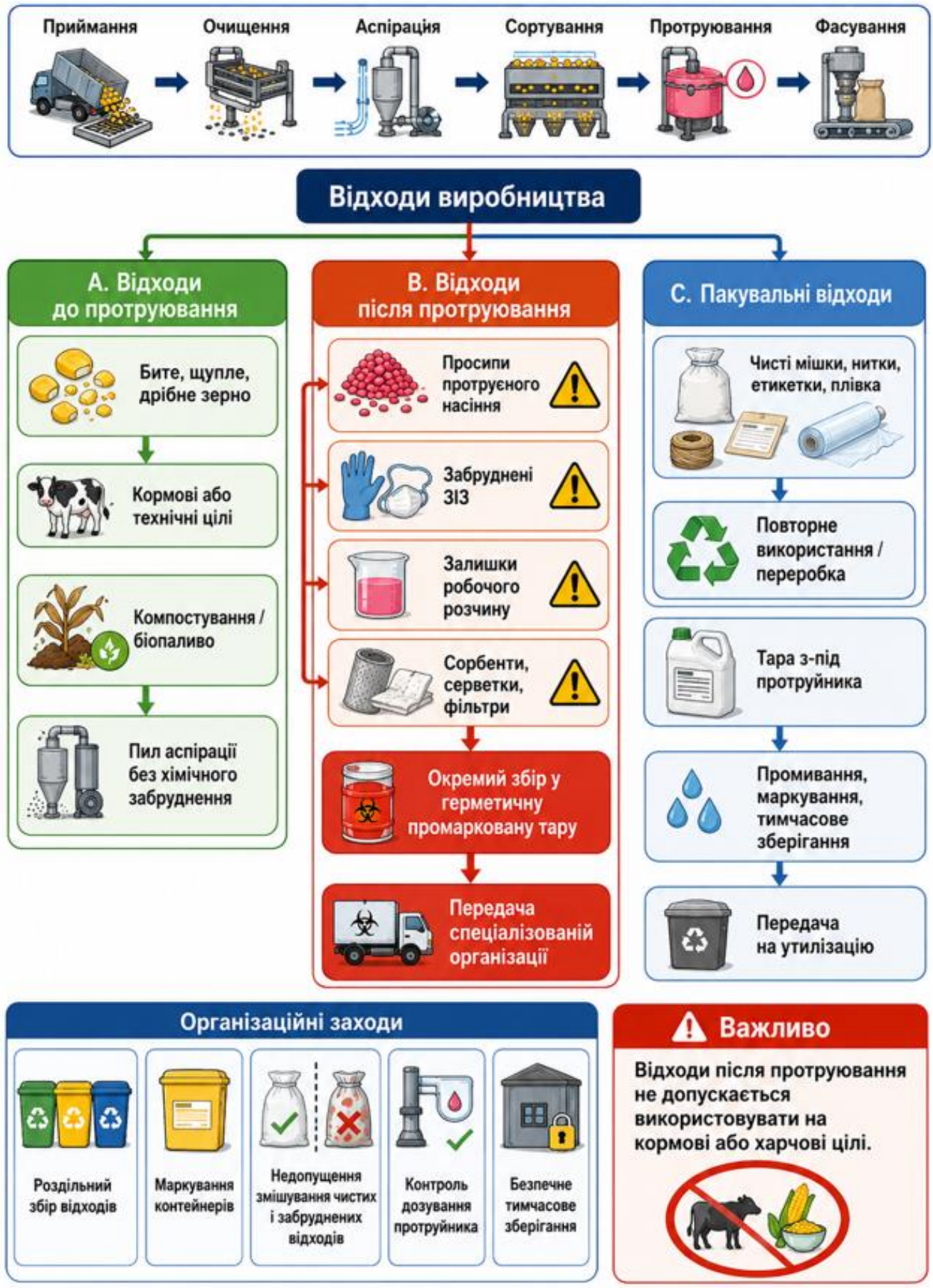


Рисунок 5.2 – Шляхи утилізації відходів виробництва насіннєвого зерна кукурудзи

Органічні рослинні домішки, що складаються з частин стебел, обгорток, стрижнів, плівок і лузги, можуть бути спрямовані на компостування або використані як сировина для твердого біопалива. Проте такі відходи повинні бути сухими, не ураженими пліснявою та не забрудненими протруйниками.

Пил аспіраційних систем слід збирати в закриті пилозбірники. Його не рекомендується накопичувати у відкритому вигляді, оскільки він створює ризик запиленості повітря робочої зони, може містити мікроорганізми, спори плісняви та дрібні частинки рослинного походження. За умови відсутності хімічного забруднення пил можна передавати на компостування або утилізувати разом з органічними відходами. Якщо пил утворився після протруювання або в зоні контакту з препаратом, його необхідно відносити до забруднених відходів.

Відходи після протруювання потребують окремого поводження. Залишки протруєного насіння, просипи біля протруювача, забруднені рукавиці, фільтри респіраторів, сорбенти після ліквідації розливів і тара з-під протруйника не повинні потрапляти до загального потоку зернових або органічних відходів. Їх необхідно збирати в герметичну промарковану тару та передавати на знешкодження або утилізацію спеціалізованим організаціям.

Висновки за розділом

Обґрунтовано необхідність розробки карти безпеки праці для оператора протруювача насіннєвого зерна кукурудзи, оскільки дана ділянка пов’язана з одночасною дією хімічних, механічних, пилових, електричних та організаційних небезпечних факторів. Запропонована карта безпеки праці дозволяє систематизувати вимоги до безпечної роботи оператора, визначити обов’язкові засоби індивідуального захисту, порядок дій перед початком роботи, під час експлуатації протруювача, після завершення зміни та в аварійних ситуаціях. Її впровадження сприяє зниженню ризику виробничого травматизму, професійних отруєнь і негативного впливу протруйника на персонал.

Проаналізовано основні види відходів, що утворюються під час виробництва насіннєвого зерна кукурудзи. Обґрунтовано, що відходи, які утворюються до протруювання, можуть бути використані як кормова або технічна сировина, а також спрямовані на компостування чи виробництво біопалива за умови відсутності хімічного забруднення. Натомість відходи після протруювання, просипи обробленого насіння, забруднені ЗІЗ, сорбенти та тара з-під препаратів повинні збиратися окремо в герметичну промарковану тару й передаватися спеціалізованим організаціям.

Отже, впровадження карти безпеки праці та організованої системи утилізації відходів забезпечує підвищення рівня охорони праці, екологічної безпеки й виробничої культури в цеху. Запропоновані заходи дозволяють мінімізувати ризики для персоналу, запобігти забрудненню навколишнього середовища та забезпечити безпечне функціонування ділянки протруювання насіннєвого зерна кукурудзи.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

6.1 Вихідні дані для розрахунку

Техніко-економічне обґрунтування виконано для удосконаленої технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, у якій передбачено встановлення проміжного бункера та протруювача безперервної дії Petkus CT25. Згідно з технологічним розділом, упровадження ділянки протруювання не збільшує продуктивність лінії, а спрямоване на підвищення якості готової продукції, її ринкової вартості та зменшення витрат на протруювання в умовах сторонніх підприємств. Річна продуктивність лінії становить 777 т/рік, кількість робочих днів – 259, добова продуктивність – 3 т/добу, годинна – 0,375 т/год.

Для удосконалення прийнято протруювач Petkus CT25 продуктивністю 5 т/год, із дозуванням протруйника 200 – 800 г на 100 кг сировини. Установлена потужність основних вузлів протруювача становить: диск – 0,75 кВт, додатковий змішувач – 1,5 кВт, шлюзовий затвор дозатора – 0,37 кВт, тобто сумарно 2,62 кВт (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 – Вихідні техніко-економічні дані

Показник	Позначення	Значення
Річна продуктивність лінії	$Q_{річ}$	777 т/рік
Кількість робочих днів	D	259 днів
Добова продуктивність	$Q_{доб}$	3 т/добу
Годинна продуктивність лінії	$Q_{год}$	0,375 т/год
Кількість змін	n	1
Тривалість зміни	$t_{зм}$	8 год
Прийнята площа приміщення	F	144 м²
Висота приміщення	H	7,2 м
Будівельний об’єм	V	1036,8 м³
Продуктивність протруювача Petkus CT25	$q_м$	5 т/год
Установлена потужність протруювача	P	2,62 кВт

Прийнята площа виробничого приміщення становить 144 м², габаритні розміри – 24×6×7,2 м, а будівельний об'єм – 1036,8 м³. Таке планування забезпечує послідовне розміщення обладнання за ходом руху насіннєвого матеріалу та виділення окремої ділянки протруювання.

6.2 Розрахунок виробничої програми

Добову продуктивність визначаємо за формулою:

$$Q_{доб} = \frac{Q_{річ}}{D}, \tag{6.1}$$

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

$Q_{річ}$ – річна продуктивність, т/рік;

D – кількість робочих днів на рік.

$$Q_{доб} = \frac{777}{259} = 3,0 \text{ т/добу.}$$

Годинна продуктивність за умови роботи в одну зміну тривалістю 8 год становить:

$$Q_{год} = \frac{Q_{доб}}{t_{зм}}, \tag{6.2}$$

$$Q_{год} = \frac{3,0}{8} = 0,375 \text{ т/год.}$$

Отже, виробнича програма цеху становить 777 т насіннєвого зерна кукурудзи на рік.

6.3 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають вартість придбання протруювача, проміжного бункера, монтажних робіт, підключення до електромережі, облаштування локальної вентиляції та пусконалагоджувальні роботи (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Розрахунок капітальних вкладень

Стаття капітальних витрат	Сума, грн
Протруювач безперервної дії Petkus CT25	1250000
Проміжний бункер, патрубки, вузли подачі	250000
Монтаж обладнання та прив'язка до лінії	180000
Локальна витяжна вентиляція ділянки протруювання	80000
Електромонтажні роботи та підключення	60000
Пусконалагоджувальні роботи, навчання персоналу	25000
Разом капітальні вкладення	1845000

Загальна сума капітальних вкладень становить $K = 1845000$ грн.

6.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування визначаємо за формулою:

$$A = \frac{K \cdot N_a}{100}, \tag{6.3}$$

де A – річні амортизаційні відрахування, грн/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

N_a – норма амортизації, %.

Приймаємо норму амортизації 10 % на рік:

$$A = \frac{1845000 \cdot 10}{100} = 184500 \text{ грн/рік.}$$

6.5 Розрахунок витрат електроенергії

Річний час роботи протруювача визначаємо за формулою:

$$T = \frac{Q_{річ}}{Q_{год}}, \tag{6.4}$$

де T – річний час роботи обладнання, год/рік;

$Q_{річ}$ – річна продуктивність, т/рік;

$Q_{год}$ – годинна продуктивність лінії, т/год.

$$T = \frac{777}{0,375} = 2072 \text{ год/рік.}$$

Річну витрату електроенергії визначаємо за формулою:

$$E = P \cdot T, \tag{6.5}$$

де E – річна витрата електроенергії, кВт·год;

P – установлена потужність протруювача, кВт;

T – річний час роботи, год.

$$E = 2,62 \cdot 2072 = 5428,64 \text{ кВт·год.}$$

Вартість електроенергії:

$$C_{ел} = E \cdot Ц_{ел}, \tag{6.6}$$

де $C_{ел}$ – річні витрати на електроенергію, грн/рік;

$Ц_{ел}$ – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Приймаємо тариф: $Ц_{ел}=10$ грн/кВт·год. Відповідно

$$C_{ел}=5428,64\cdot 10=54286 \text{ грн/рік.}$$

6.6 Розрахунок витрат на протруйник

Для розрахунку приймаємо середню норму витрати протруйника $H_{пр}=4$ кг/т, що відповідає середньому значенню в межах технічної характеристики протруювача.

Вартість протруйника приймаємо $Ц_{пр}=500$ грн/кг.

Витрати на протруйник визначаємо за формулою:

$$C_{пр}=Q_{річ}\cdot H_{пр}\cdot Ц_{пр}\ , \qquad (6.7)$$

де $C_{пр}$ – річні витрати на протруйник, грн/рік;

$Q_{річ}$ – річний обсяг продукції, т/рік;

$H_{пр}$ – норма витрати протруйника, кг/т;

$Ц_{пр}$ – ціна протруйника, грн/кг.

$$C_{пр}=777\cdot 4\cdot 500=1554000 \text{ грн/рік.}$$

6.7 Розрахунок витрат на оплату праці

Для обслуговування ділянки протруювання приймаємо одного оператора. Годинну тарифну ставку приймаємо $C_{год}=90$ грн/год.

Річний фонд оплати праці:

$$C_{зп} = C_{год} \cdot t_{зм} \cdot D, \quad (6.8)$$

$$C_{зп} = 90 \cdot 8 \cdot 259 = 186480 \text{ грн/рік.}$$

Нарахування на заробітну плату приймаємо на рівні 22 %:

$$C_{нар} = 186480 \cdot 0,22 = 41026 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати на оплату праці:

$$C_{праці} = 186480 + 41026 = 227506 \text{ грн/рік.}$$

6.8 Розрахунок поточних експлуатаційних витрат

До поточних витрат відносимо витрати на протруйник, електроенергію, оплату праці, технічне обслуговування, засоби індивідуального захисту та інші організаційні витрати.

Витрати на технічне обслуговування приймаємо на рівні 5 % від капітальних вкладень:

$$C_{то} = 1845000 \cdot 0,05 = 92250 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на ЗІЗ, маркування та безпечну експлуатацію приймаємо $C_{зіз} = 15000$ грн/рік.

Інші витрати приймаємо на рівні 10 % від суми витрат на електроенергію, оплату праці, технічне обслуговування та ЗІЗ:

$$C_{ін} = (54286 + 227506 + 92250 + 15000) \cdot 0,10 = 38904 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 6.3 – Річні експлуатаційні витрати

Стаття витрат	Сума, грн/рік
Протруйник	1 54000
Електроенергія	54286
Оплата праці з нарахуваннями	227506
Технічне обслуговування	92250
Засоби індивідуального захисту, маркування, безпека	15000
Інші витрати	38904
Разом експлуатаційні витрати	1981946
Амортизація	184500
Повні річні витрати з урахуванням амортизації	2166446

6.9 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект від удосконалення формується за рахунок двох основних чинників:

- підвищення ринкової вартості насіння після протруювання;
- відмови від послуг сторонніх підприємств із протруювання.

Для розрахунку приймаємо (таблиця 6.4):

Таблиця 6.4 – Дані для розрахунку економічного ефекту

Показник	Значення
Орієнтовна ціна непротруєного насіння	22 000 грн/т
Орієнтовна ціна протруєного насіння	26 000 грн/т
Приріст ціни	4 000 грн/т
Економія на сторонньому протруюванні	600 грн/т

Додатковий дохід від підвищення ціни продукції:

$$Д_{дод} = Q_{річ} \cdot (Ц_{після} - Ц_{до}), \quad (6.9)$$

де $Д_{дод}$ – додатковий дохід, грн/рік;

$Ц_{після}$ – ціна протруєного насіння, грн/т;

$Ц_{до}$ – ціна непротруєного насіння, грн/т.

$$Д_{дод} = 777 \cdot (26000 - 22000) = 3108000 \text{ грн/рік.}$$

Економія на сторонніх послугах:

$$E_{посл} = Q_{річ} \cdot C_{стор}, \quad (6.10)$$

де $E_{посл}$ – річна економія на сторонніх послугах, грн/рік;

$C_{стор}$ – вартість стороннього протруювання, грн/т.

$$E_{посл} = 777 \cdot 600 = 466200 \text{ грн/рік.}$$

Загальний річний додатковий економічний результат:

$$E_{заг} = Д_{дод} + E_{посл}, \quad (6.11)$$

$$E_{заг} = 3108000 + 466200 = 3574200 \text{ грн/рік.}$$

Річний чистий прибуток від удосконалення:

$$П_{ч} = E_{заг} - C_{експл} - A, \quad (6.12)$$

де $П_{ч}$ – чистий прибуток, грн/рік;

$C_{експл}$ – експлуатаційні витрати без амортизації, грн/рік;

A – амортизаційні відрахування, грн/рік.

$$П_{ч} = 3574200 - 1981946 - 184500 = 1407754 \text{ грн/рік.}$$

6.10 Розрахунок терміну окупності

Для визначення терміну окупності використовуємо річний грошовий потік:

$$ГП = П_ч + А, \quad (6.13)$$

$$ГП = 1407754 + 184500 = 1592254 \text{ грн/рік.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$Т_ок = \frac{К}{ГП}, \quad (6.14)$$

де $Т_ок$ – термін окупності, років;

$К$ – капітальні вкладення, грн;

$ГП$ – річний грошовий потік, грн/рік.

$$Т_ок = 15922541845000 = 1{,}16 \text{ року.}$$

Отже, строк окупності впровадження ділянки протруювання становить приблизно 1,2 року.

6.11 Розрахунок собівартості додаткової операції протруювання

Собівартість операції протруювання в розрахунку на 1 т насіннєвого зерна визначаємо за формулою:

$$С_{1т} = \frac{С_{експл} + А}{Q_{річ}}, \quad (6.15)$$

$$C_{1m} = \frac{1981946 + 184500}{777} = 2788 \text{ грн/т.}$$

Отже, розрахункова собівартість операції протруювання становить $C_{1m} = 2788$ грн/т.

Економічний ефект у розрахунку на 1 т продукції:

$$E_{1m} = \frac{ГП}{Qріч}, \quad (6.16)$$

$$E_{1m} = \frac{1592254}{777} = 2049 \text{ грн/т.}$$

6.12 Розрахунок рентабельності

Рентабельність удосконалення визначаємо за формулою:

$$R = \frac{П_ч}{C_{експл} + A} \cdot 100, \quad (6.17)$$

де $R -$ рівень рентабельності, %;

$П_ч -$ чистий прибуток, грн/рік;

$C_{експл} + A -$ повні річні витрати з урахуванням амортизації, грн/рік.

$$R = \frac{1407754}{2166446} \cdot 100 = 65{,}0 \text{ %.}$$

Отже, розрахункова рентабельність упровадження ділянки протруювання становить 65,0 %.

Узагальнені техніко-економічні показники проєкту представлені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Узагальнені техніко-економічні показники проєкту

Показник	Значення
Річна продуктивність лінії	777 т/рік
Добова продуктивність	3 т/добу
Годинна продуктивність	0,375 т/год
Прийнята площа виробничого приміщення	144 м²
Висота приміщення	7,2 м
Будівельний об’єм	1036,8 м³
Капітальні вкладення	1845000 грн
Річна витрата електроенергії	5428,64 кВт·год
Річні витрати на електроенергію	54286 грн
Річні витрати на протруйник	1554000 грн
Загальні експлуатаційні витрати	1981946 грн/рік
Амортизаційні відрахування	184500 грн/рік
Повні річні витрати	2166446 грн/рік
Додатковий дохід від підвищення ціни продукції	3108000 грн/рік
Економія на сторонньому протруюванні	466200 грн/рік
Чистий прибуток від удосконалення	1407754 грн/рік
Річний грошовий потік	1592254 грн/рік
Собівартість операції протруювання	2788 грн/т
Економічний ефект на 1 т продукції	2049 грн/т
Термін окупності	1,16 року
Рентабельність	65,0 %

Висновки за розділом

Проведені розрахунки свідчать, що впровадження ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи є економічно доцільним. За річної продуктивності 777 т/рік удосконалення дозволяє підвищити якість і ринкову вартість готового насіння, зменшити залежність від сторонніх підприємств та забезпечити повний цикл підготовки продукції безпосередньо в цеху. Розрахункові капітальні вкладення становлять 1,845 млн грн, чистий прибуток – 1,408 млн грн/рік, термін окупності – близько 1,2 року, а рентабельність – 65 %. Це підтверджує технічну й економічну обґрунтованість запропонованого удосконалення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Обґрунтовано доцільність удосконалення ділянки протруювання технологічної лінії з виробництва насіннєвого зерна кукурудзи. Встановлено, що ринок насіння кукурудзи в Україні має стабільні перспективи розвитку, а конкурентоспроможність готової продукції значною мірою залежить від якості післязбиральної доробки: очищення, калібрування, протруювання, фасування та зберігання. Наявність власної ділянки протруювання дає змогу підвищити товарну цінність насіння, забезпечити контроль якості та зменшити залежність підприємства від сторонніх організацій.

Проаналізовано діючу технологічну лінію виробництва насіннєвого зерна кукурудзи, яка включає приймання, очищення, аспірацію, сортування, дозування та фасування. Основним її недоліком визначено відсутність операції протруювання, що призводить до додаткових витрат на обробку насіння на інших підприємствах і знижує економічну ефективність реалізації продукції.

Для усунення виявленого недоліку запропоновано встановити проміжний бункер і протруювач безперервної дії Petkus CT25 продуктивністю 5 т/год. Його використання забезпечує рівномірне нанесення протруйника, точне дозування робочого розчину, зменшення пилоутворення та підвищення якості готового насіннєвого матеріалу без збільшення загальної продуктивності лінії.

Виконано технологічний розрахунок лінії. Річна продуктивність становить 777 т/рік, добова – 3 т/добу, годинна – 0,375 т/год. Для забезпечення технологічного процесу прийнято по одній одиниці основного обладнання: сепаратор А1-БСХ-6, пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5 та протруювач Petkus CT25.

Розроблено компонування виробничого приміщення з лінійним розміщенням обладнання за ходом руху насіннєвого матеріалу. Прийнято приміщення площею 144 м² з габаритами 24×6×7,2 м та будівельним об’ємом 1036,8 м³, що забезпечує раціональне розміщення обладнання, зручне обслуговування, безпечні проходи, зону протруювання, фасування та можливість подальшого розширення виробництва.

Запропоновано впровадження елементів системи НАССР, що дозволяє організувати контроль небезпечних чинників на всіх етапах виробництва. Особливу увагу приділено операції протруювання, оскільки вона пов’язана з використанням хімічних препаратів і безпосередньо впливає на якість, безпечність, маркування та простежуваність готової продукції.

Розроблено карту безпеки праці для оператора протруювача, у якій визначено основні небезпечні фактори, засоби індивідуального захисту та порядок дій під час роботи й аварійних ситуацій. Також запропоновано систему поводження з відходами: відходи до протруювання можуть використовуватися як кормова або технічна сировина, а відходи після протруювання повинні збиратися окремо та передаватися спеціалізованим організаціям.

Техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність запропонованого удосконалення. За річної продуктивності 777 т/рік капітальні вкладення становлять 1,845 млн грн, чистий прибуток – 1,408 млн грн/рік, термін окупності – близько 1,2 року, а рентабельність – 65 %. Отже, впровадження ділянки протруювання є технічно доцільним, економічно обґрунтованим і сприяє підвищенню якості, вартості та конкурентоспроможності насіннєвого зерна кукурудзи.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ 4525:2006. Кукурудза. Технічні умови [Електронний ресурс]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007.

2. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [Електронний ресурс]. Київ: Держстандарт України, 2003.

3. ДБН В.2.2-8:2025. Підприємства, будівлі і споруди для зберігання та переробки зерна. Основні положення [Електронний ресурс]. Київ: Мінрозвитку громад та територій України, 2025.

4. НПАОП 15.0-1.01-17. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна [Електронний ресурс]. Київ: Міністерство соціальної політики України, 2017.

5. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга [Електронний ресурс]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

6. FAO. Seeds Toolkit. Module 2: Seed processing: principles, equipment and practice [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

7. FAO. Seeds Toolkit. Module 3: Seed quality assurance [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

8. FAO. Seeds Toolkit. Module 6: Seed storage [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

9. Găgeanu I., Gheorghe G., Persu C. et al. Contributions to the Process of Calibrating Corn Seeds Using a Calibrator with Cylindrical Sieves [Electronic resource] // Applied Sciences. 2023. Vol. 13(17).

10. Cujbescu D., Găgeanu I., Persu C. et al. Evaluation of an Optical Sorter Effectiveness in Separating Seeds [Electronic resource] // Applied Sciences. 2023. Vol. 13(15).

11. FAO. Seeds Toolkit. Module 1: Development of small-scale seed enterprises [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

12. FAO. Seeds Toolkit. Module 2: Seed processing: principles, equipment and practice [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

13. FAO. Seeds Toolkit. Module 3: Seed quality assurance [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

14. FAO. Seeds Toolkit. Module 6: Seed storage [Electronic resource]. Rome: FAO, 2018.

15. FAO. Training Toolkit. Module 2: Seed processing equipment [Electronic resource]. Rome: FAO, 2016.

16. FAO. Seed production and handling manual for community based seed producers and inspectors [Electronic resource]. Lilongwe: FAO, 2018. 46 p.

17. FAO. Community Seed Production [Electronic resource]. Rome: FAO, 2019.

18. ISTA, FAO. Guidelines for the establishment and management of seed testing laboratories [Electronic resource]. Rome: FAO, 2023.

19. Teklewold A., Wegary D., Tadesse A., Tadesse B., Bantte K., Friesen D., Prasanna B. M. Quality Protein Maize (QPM): A Guide to the Technology and Its Promotion in Ethiopia [Electronic resource]. Addis Ababa: CIMMYT, 2015.

20. Mezzalama M., Das B., Prasanna B. M. MLN pathogen diagnosis, MLN-free seed production and safe exchange to non-endemic countries [Electronic resource]. Mexico: CIMMYT, 2015.

21. Хомик Н. І. Технологія виробництва і переробки продукції рослинництва: навчальний посібник [Електронний ресурс]. Тернопіль: ТНТУ, 2016.

22. Осокіна Н. М., Мостов'як І. І., Герасимчук О. П., Любич В. В., Костецька К. В., Матвієнко Н. П. Технологія зберігання зерна з основами захисту від шкідників: навчальний посібник. Київ: СІК ГРУП Україна, 2016. 248 с.

23. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: робоча програма / навчально-методичні матеріали [Електронний ресурс]. Суми: СНАУ, 2024.

24. Pasha M. Analysis of Flow, Breakage and Coating of Corn Seeds in a Batch Mixer: PhD Thesis [Electronic resource]. University of Sheffield, 2015.

25. Bredykhin V. et al. Improving Efficiency of Corn Seed Separation and Calibration Process [Electronic resource]. 2023.

26. Găgeanu I. et al. Contributions to the Process of Calibrating Corn Seeds Using a Calibrator with Cylindrical Sieves [Electronic resource] // Applied Sciences. 2023. 13(17).

27. Cujbescu D. et al. Evaluation of an Optical Sorter Effectiveness in Separating Seeds [Electronic resource] // Applied Sciences. 2023. 13(15).