

ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка

до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

«магістр»

бакалавр, магістр

**на тему: «Удосконалення технологій виробництва зерна кукурудзи шляхом
обґрунтування складу машинно-тракторного парку з урахуванням
аграрних ризиків»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

назва ОПШ

спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності

Ступеня вищої освіти «магістр» групи 1

Рева Антон Петрович

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Канівець О. В.

Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Яхін С. В.

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Дипломна робота скомпільована на основі розрахованих та пропонованих до практичної апробації перспективних удосконалених технологічних карт по вирощуванню та збиранню кукурудзи на зерно.

Комплекс сільськогосподарської техніки було підібрано і обґрунтовано з урахуванням технічних, технологічних, екологічних та економічних критеріях.

Експериментальна частина наукового дослідження присвячена пошуку покращеної технологічної наладки зернозбираального комбайна.

Пояснювальна записка має об'єм 60 сторінок друкованого тексту, на яких розміщені 23 таблиці, 9 рисунків, 54 формули та аркуші додатків. Графічна частина містить 9 слайдів.

Об'єктом дослідження роботи є зернозбиральні комбайни, що використовуються в сільськогосподарських підприємствах полтавського регіону; індустриальні технології вирощування та збирання зернової кукурудзи.

Магістерська робота включає питання щодо вирощування та збирання зернової кукурудзи в умовах недостатнього зволоження, подано основні розрахункові показники комплексу машин і обладнання для технічного забезпечення механізованих процесів з вирощування та збирання зернової кукурудзи.

Пропоновано до виробничого впровадження технологічні карти на виробництво зернової кукурудзи, оптимізовані за різними техніко-економічними критеріями, наприклад критерієм зменшення експлуатаційних затрат, критерієм зменшення витрат палива, критерієм збільшення продуктивності машинно-тракторних агрегатів.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ, ЗЕРНОЗБИРАЛЬНІ КОМБАЙНИ, ЗЕРНОВА КУКУРУДЗА, МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, КВАДРАТИЧНІ ПОВЕРХНІ ВІДГУКУ.

ВСТУП

Актуальність теми.

тема нашого магістерського дослідження «Удосконалення технологій виробництва зерна кукурудзи шляхом обґрунтування складу машинно-тракторного парку з урахуванням аграрних ризиків» являється актуальною, тому що направлена на підвищення конкурентоспроможності галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств.

Мета дослідження: Удосконалення технологій виробництва зерна кукурудзи з урахуванням аграрних ризиків в сільськогосподарських підприємствах Полтавського регіону.

Задачі дослідження:

1. Здійснити оглядові дослідження щодо технологічного забезпечення виробництва зернової кукурудзи;
2. Розрахувати перспективні технологічні карти на виробництво зернової кукурудзи. Обґрунтувати оптимізаційні параметри систем механічного забезпечення технологічних процесів.
3. Виконати експериментальні дослідження з метою уточнення і удосконалення значень технологічних регулювань при обмолоті зернової кукурудзи зернозбиральними комбайнами.
4. Визначити оптимальний склад системи машин щодо технічного та технологічного забезпечення технології вирощування та збирання зернової кукурудзи.
5. Розробити пропозиції щодо виробничого впровадження результатів наукового дослідження по темі магістерської роботи.

Об'єкт дослідження – сільськогосподарські машини, що використовуються для механізації операційних технологій з вирощування та збирання зернової кукурудзи.

Предмет дослідження: конструкційні, технічні, технологічні значення сучасних зернозбиральних комбайнів, що використовуються для промислового збирання зернової кукурудзи.

Методи дослідження: основними методами дослідження в нашому випадку були: оглядові методи, методи порівняння, методи математичного та статистичного аналізу, методи багатofакторного експерименту.

Теоретична та практична значущість дослідження:

- здійснено оглядові дослідження щодо сучасних технологій вирощування та збирання зернової кукурудзи в промислових аграрних підприємствах Полтавської області;
- при виконанні порівняльних польових досліджень та випробувань сучасних зернозбиральних комбайнів JD-9500 та JD-9600 на збиранні зернової кукурудзи.
- виконано техніко-економічну оцінку щодо доцільності впровадження у виробництво удосконалених індустріальних технологій вирощування та збирання зернової кукурудзи для умов Полтавського регіону.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Властивості зерна сільськогосподарських культур та їх вплив на операційні технології обмолоту

Заключні технологічні операції щодо аирощування та збирання зернових культур, виконуються сучасними зернозбиральними комбайнами.

Високий рівень уніфікації та універсальності використання сучасних зернозбиральних комбайнів базується на агротехнічних вимогах поь обмолоту зерна [1].

Рух зібраної рослинної маси робочими органами сучасного зернозбирального комбайна можливо поділити умовно на просеси сепарації, процеси транспортування та комбіновані транспортно-сепарувальні процеси.

Щодот сепарації, то основна задача робочих органів молотарок зернозбиральних комбайнів – провести якісне розділкеея зернової групи від дрібного та крупнеого вороху.

Кожен з таких процесів має відповідні якісні та кількісні хпрпктеристики. Наприклад вага зерна в бункері, продуктивність транспортування зерновими, колосовими елеваторами та шнеками, наявність домішків відносять до кількісних характеристик зернових потоків. Вид сільськогосподарської культури, що підлягає обмолоту – якісна характеристика зернового потоку.

Якість обмолоту зерна тієї чи іншої сільськогосподарської культури більшістю сучасних зернозбиральних комбайнів залежить не стільки від марки зернозбирального комбайна, скільки від технічного стану та вірної технологічної наладки робочих органів молотильно-сепарувального пристрою.

Щодо агротехнічної складової, то на якісні та оціночні показники обмолоту зерна зернозбиральними комбайнами можуть впливати біольгічні особливості рослин, висота росилинної маси, нерівномірність розподілу врожайності сільськогосподарської культури по площі поля, відсоток полеглих рослин, ступінь забур яненості хлібостою, геометричні характеристики та

фізико-технічні характеристики зерна сільськогосподарських культур. [1,2,11].

Урожай основних зернових сільськогосподарських культур досягає доволі нерівномірно. Більш пришвидшене дозрівання відбувається у середній частині колоса чи качана, потім – у інших частинах. Така нерівномірність у дозріванні зернових культур призводить до значного коливання рівня вологості в рослинах сільськогосподарських культур.

Тому, необхідна енергія обмолоту зерна також досить суттєво різниться. Так, наприклад величина енергії обмолоту може різнитися для одної культури у 12...20 разів.

Особливість дозрівання зернових культур може полягати і в тому, що частина спілого зерна, навіть у качанах кукурудзи, може відділитися від початка навіть при слабкому ударі, а інша частина портебує значної ступені взаємодії з робочим органом.

В такому випадку рекомендовано визначати сучасні сорти та гібриди високопродуктивних сільськогосподарських культур, що мають одночасне формування та рівномірне дозрівання переважної більшості зернин у суцвіттяз рослини.

Ще одною значною невирішеною проблемою щодо обмолоту, очищення, транспортування та зберігання зерна є проблема руйнування та компресійного травмування. Такі втрати, наприклад за молотильно-сепарувальними механізмами зернозбирального комбайна, неможливо виміряти існуючими методами контролю за технологічними процесами.

Опір, що може створювати зерно різноманітним механічним пошкодженням, може бути визначено його міцністю та відомими способами обмолоту сільськогосподарських культур.

Особливо на збільшення зруйнованого зерна впливають ударні способи молотби та конструкції молотильно-сепарувальних систем зернозбиральних комбайнів. При цьому значна частина мікропошкоджень візуально не визначається, але впливає на збереження та схожість зерна. Буквають

випадки, коли мікропошкодження досягають до 50% від загальної зернової маси. Останнє значно знижує товарну якість зібраного врожаю [2].

Частковим варіантом вирішення такого питання є використання гумового покриття на робочих органах молотильно-сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів.

Агротехнічно обгрунтованою вологістю, при якій доцільно розпочинати збиральні роботи зернових культур, є вологість у межах 14%...15%. Якщо такі агротехнічні вимоги не витримуються, то наслідками підвищеної вологості у зерні є самонагрівання та псування врожаю.

1.3. Огляд основних систем машин для збирання зерна кукурудзи

В Україні проблема забезпечення сучасними надійними якісними зернозбиральними комбайнами виникла і не втратила своєї актуальності з часів становлення незалежності.

Нааявні зернозбиральні комбайни, що використовуються агроарними підприємствами різних форм власності, досить різноманітні, представлені марками і моделями українських виробників, виробників ближнього зарубіжжя, а також марками і моделями відомих світових брендів.

Щодо вітчизняного галузевого машинобудування, то більш масова програма виробництва зернозбиральної техніки була здійснена АТ херсонським машинобудівним заводом (ХМЗ). Тут виробляються зернозбиральні комбайни марок «Скіф» та «Славутич».

Менш широкого поширення набули комбайни «Лан» - виробництва заводу в Александрії (Автоштамп) та «Обрій» - виробництва заводу ім. Малишева.

За причиною низької продуктивності, а головне – низької технічної та технологічної надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів, ринок

України заповнили як нові, так і ті, що були у вжитку, зернозбиральні комбайни відомих закордонних фірм: Case IH, New Holland, John Deere, CLAAS, Ростсельмаш, AGCO, Challenger, Laverda, «ПАЛЕССЕ» та інші.

Євроінтеграційний вектор подальшого розвитку України тільки прискорив процес насичення вітчизняного ринку різноманітною зкордонною технікою.

Сучасність аграрного бізнесу полягає і в тому, що виробникам сільськогосподарської продукції зернопродуктового підкомплексу пропонувано низку зернозбиральних комбайнів різної продуктивності, з обширними та різноманітними конструкційними схемами.

Більш поширеною методикою щодо вибору зернозбирального комбайна в типовому аграрному підприємстві України є домінуюча позиція щодо високої продуктивності при обмолоті зерна та адекватною співставною вартістю зернозбирального комбайна та вартістю його утримання та технічного сервісу.

Нажаль, потужні закордонні виробники зернозбиральної техніки мають набагато кращі та конкурентоспроможні комбайни на світовому ринку в порівнянні з вітчизняними моделями. Але, в умовах перехідного етапу економіки України, в умовах дефіциту обігових коштів в аграрних підприємствах, в умовах неефективних високовідсоткових кредитних програм, така зернозбиральна техніка являється недосяжною за ціною, складною у використанні та технічному обслуговуванні, дорогою, щодо купівлі оригінальних запасних частин та додаткового обладнання.

В наш час широкого вжитку набули зернозбиральні комбайни, молотильно-сепарувальний пристрій яких виконаний за класичним технологічним типом з тангенційними бильними барабанами. (рис.1.1). Такі комбайни більш універсальні, щодо використання у рослинництві.

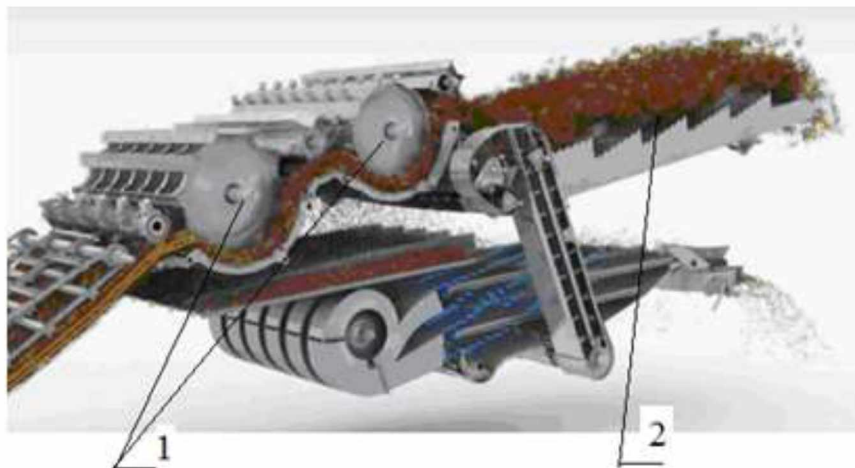


Рисунок 1.1 - Схема технологічного процесу з технічною реалізацією двобарабанної молотарки класичного типу (PCM-161): 1 – двобарабанна класична схема молотарки, 2 – клавішний соломотряс.

Визначальною складовою таких молотильно-сепарувальних систем є класичні бильні молотильні барабани тангенційного типу. Основними складовими таких систем є тангенційні барабанно-декові сепарувальні пристрої та клавішні, роторно-клавішні, клавішні з додатковими активними активаторами сепарації грубого вороху.

Друга велика модельна група зернозбиральної техніки представлена комбайнами, побудованими за аксіально-роторною схемою (рис. 1.2). Суттєвою головною відмінністю таких машин є наявність аксіально-роторного молотильно-сепарувального пристрою, де процес сепарації відбувається шляхом перетирання листостеблової маси відносно робочих органів ротора та відносно власної листостебельної маси рослин. (рис. 1.2).

Главною частиною роторної сепарувальної системи є ротор, виконаний у формі гвинта. Сепарування листостеблової маси відбувається шляхом гвинтообразного пересування зібраного врожаю по спіралі уздовж циліндричної поверхні ротора.

При цьому ступінь травмування зерна менше в порівнянні з класичними тангенційними МСП.



Рисунок 1.2 - Приклад технічного виконання двобароторної молотарки: 1 – транспортер похилті камери, 2 – двороторний молотильно-сепарувальний пристрій, 3 – очистка комбайна.

Відділення зерна і незернової частини врожаю у роторних молотильно-сепарувальних системах відбувається як результат взаємодії сил стискання ротора, відцентрових сил ротора, сил тертя листостеблової маси рослин.

До недоліків роторних молотильно-сепарувальних систем відносять збільшені затрати енергії на обмолот сільськогосподарської культури, явища закручування листостеблової маси, особливо з підвищеною вологістю.

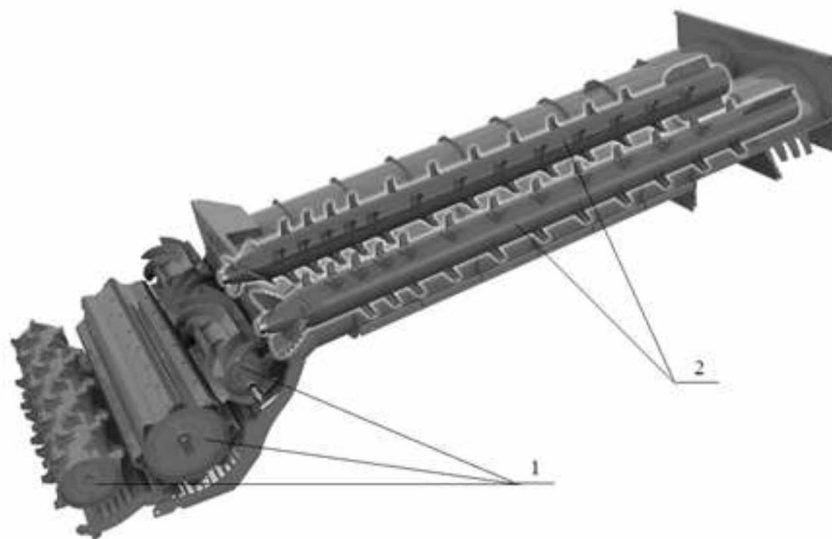
Щодо відомих виробників роторних зернозбиральних комбайнів, то до них відносяться відомі фірми та бренди: Case JD, New Holland тощо.

Більш якісне використання зернозбиральної техніки з аксіально-роторними молотильними сепарувальними системами спостерігається при обмолоті крупнозернових сільськогосподарських культур, таких як кукурудза, соя, горох...

Нові часи потребують зернозбиральних комбайнів підвищеної продуктивності, на основі таких тенденцій було розроблено зернозбиральні комбайни з комбінованими гібридними молотильно-сепарувальними системами.

В таких машинах початок обмолоту і сепарації зібраного врожаю виконується системою барабанів тангенційного бильного типу, а продовження сепарації грубого вороху виконується аксіально-роторними пристроями.

Прикладом виробничого застосування високотехнологічних моделей фірми «Клаас» являються марки Lexion 570, Lexion 580 I Lexion 600, Tucano 470 I Tucano 480; фірми «John Deere» - модель С 670; фірми «New Holland» - моделі CS 6090 та CSX 7080 (рис.1.3).



Рисунлок 1.3 - Приклад технологічного виконання комбінованої схеми (CLAAS Lexion 770): 1 – система тангенційний барабанів APS; 2 – двомоторна система сепарації.

Компанувальні схеми зернозбиральних комбайнів фірм «Клаас» серії «Lexion», що виконані по гібридній схемі, обладнанні трибарабанною класичною тангенційною молотильною системою APS (на основі прискорювача технологічного матеріалу, основного молотильного барабану та відбійного бітера) та роторними сепараторами грубого вороху.

При цьому отримане збільшення прискорення проходження технологічного матеріалу від 3м/с до 20 м/с, що значно покращує ефективність роботи молотильно-сепарувального пристрою.

В останній час сама потужна та продуктивна лінійка німецьких зернозбиральних комбайнів серії «Лексіон» (Lexion) (рис.1.3), побудована за комбінованою гібридною схемою малотильно-сепарувального пристрою. Особливістю такої схеми є те, що молотарка містить три тангенційних барабана – стабілізатор потоку, основний молотильний барабан, циліндричний

тангенційний сепаратор; а подальша сепарація грубого вороху відбувається двома циліндричними аксіальними роторами. Напрямок обертання роторів – протилежний.

Вимоги до обмолоту різноманітних сільськогосподарських культур, в тому числі і зернової кукурудзи, досить різняться у залежності від умов кожного поля. Тому частоту обертання роторів для сепарації грубого вороху на комбайнах Lexion можливо регулювати у широкому діапазоні: 350...1010 об/хв. Технологічні регулювання молотильно-сепарувальних систем таких комбайнів виконуються автоматично за допомогою комп'ютерної системи комбайна.

За показниками пропускної спроможності такі комбайни досягають значень до 20...30кг/с. Продуктивність по зерну на високоврожайних сільськогосподарських культурах з невисокими показниками солонистості – до 70т/год.

Але, знову таки, самими проблемними аспектами таких машин є їхня висока ціна та висока ціна технічного обслуговування та ремонту.

Який комбайн обрати? – питання складне та багатофакторне. Але при виборі зернозбирального комбайна, як нового, так і бувшого у вжитку, необхідно зважувати та порівнювати такі основні технічні та технологічні параметри, як пропускна спроможність молотарки, продуктивність по зерну, архітектоніки побудови молотильно-сепарувального пристрою, ступенню адаптації до операційних технологій зерновиробництва аграрного підприємства.

Порівняння ефективності використання зернозбиральних комбайнів рекомендовано та можливо проводити за питомими розрахунковими показниками: питома витрата палива, питомі експлуатаційні витрати...., та термін окупності основних капіталовкладень.

За умов дефіциту зернозбиральної техніки на Україні, на перший щабель виходить задача підвищення продуктивності збирального парку сільськогосподарських машин, але і про якість виконання операційних технологій обмолоту зернових та технічних культур забувати не можна.

За спостереженнями щодо рівня використання зернозбиральної техніки в більшості аграрних підприємства Полтавської області, можливо зазначити, що для агровиробників з розвинутим зернопродуктовим підкомплексом - площа під зернові та технічні культури до 500 га, середня урожайність зернових культур – до 4т/га, доцільно використовувати зернозбиральні комбайни середньої продуктивності (до 20т/год) з класичною схемою побудови молотарки (тангенційним молотильним барабаном).

Якщо вагома частина спеціалізації із зерновиробництва складає вирощування та збирання крупнозернових культур: кукурудза, соя, горох..., то у такому випадку обґрунтованим інженерним рішенням буде придбання зернозбиральних комбайнів середньої продуктивності, які мають аксіально-роботну схему молотильно-сепарувального пристрою.

Зернозбиральні комбайни підвищеної продуктивності та потужності зі складними гібридними схемами обмолоту, широкозахватними жниварками (до 12м і більше), рекомендовано для великих агропромислових підприємств, з посівними площами, що перевищують 3000 га, з середньою урожайністю по зерну понад 5000кг/га. [a.sukhina@univest-media.com].

Ми казали, що вибір зернозбирального комбайна – це багатофакторний процес, тому ще одною складовою при вирішенні такої проблеми є прийнятий рівень технологій щодо вирощування та збирання зернових, зернобобових та технічних зернових культур, система сівозмін, плановий обсяг операційних технологій з обмолоту зернових культур, середня урожайність сільськогосподарських культур, що підлягають комбайновому збиранню.

Проаналізуємо не менш актуальне питання щодо використання зернозбиральних комбайнів вітчизняного виробництва. Наприклад, зернозбиральні комбайни таких марок, як «Скіф», «Славутич», «Лан», «Обрій», «Дніпро» мають основну перевагу перед закордонними аналогами - вони значно дешевші по первинній вартості та дешевші по вартості запасних частин та технічного обслуговування.

Але, згідно з висновками, здійсненими на основі порівняльних випробувань у науково-дослідному центрі з випробувань та сертифікації техніки та технологій - УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, величина наробітку на відмову КЗС-9-1 «Славутича» в середньому складає 10...12 годин. При цьому треба зазначити, що найближчий аналог – у конкурент на ринку зернозбиральної техніки - Дон-1500Б, виробництва АТ «Ростсільмаш» має середній наробіток на відмову у межах 18...20 год.

А, от, зернозбиральні комбайни європейського виробника зернозбиральної техніки CLAAS, навіть серії «домінатор», «мега», «командор» - такий проказник наробітку складає 150...160 годин.

Чому так важливо, щоб зернозбиральний комбайн мав високі показники надійності? Це питання пов'язане з стислими рекомендованими агротехнічними термінами щодо виконання збиральних робіт. Вітчизняними та закордонними вченими обґрунтовано та доведено, що, наприклад при виробництві озимої пшениці, втрати зерна безпосереднім осипанням після досягнення повної зернової стиглості можуть сягнути 16,3% через тиждень і такі втрати збільшуються до 30% через три тижні.

На основі даних міркувань та за науково-обґрунтованими рекомендаціями провідних вчених центру з випробування техніки УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, та з урахуванням наявного дефіциту зернозбиральної техніки в Україні, обсяг механізованих збиральних робіт на збиранні ранніх та пізніх зернових культур при використанні зернозбиральних комбайнів вітчизняного виробництва типу КЗС-9-1 «Славути», складає 320 га.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методичні аспекти розрахунку удосконалених технологічних карт по виробництву зернової кукурудзи

Сучасні технологічні карти являються результатом комплексного інженерно-технологічного рішення щодо планування сезонного обсягу механізованих робіт. Технологічні карти плануються та розраховуються для окремої сільськогосподарської культури і можуть бути адаптовані до площі 100 га або розраховані на всю планову площу вирощування та збирання певної сільськогосподарської культури.

Основними складовими елементами, що підлягають визначенню або розрахунку у технологічних картах є:

- планова площа посіву;
- прогнозована урожайність сільськогосподарської культури, в нашому випадку зернової кукурудзи;
- сільськогосподарські культури – попередники на даному полі;
- норми праці;
- основні відстані перевезень та переїздів сільськогосподарської техніки;
- перелік та послідовність виконання механізованих робіт;
- основні агротехнічні вимоги щодо вирощування та збирання зернової кукурудзи;
- агротехнічні терміни виконання операційних механізованих технологій;
- Кількість робочих днів по кожній технологічній операції.

Необхідну кількість робочих днів можливо обчислити за наступним виразом [12,13,14,26]:

$$D_p = D_k \cdot \alpha, \quad (2.1)$$

де D_p , D_k – відповідно, значення кількості робочих та календарних днів;

α – коефіцієнт, що враховує обсяг використаного календарного часу, α залежить від часу виконання робіт і сезонного використання МТА [12,13,14,26].

Кількість робочих змін. Такий показник визначається у відповідності з тривалістю світового дня. Також тривалість робочих змін може бути визначена режимом роботи аграрного підприємства, як правило, це 7 годин чи 8,2 годин. Якщо темпи виконання механізованих робіт досягають пікового значення – це, як правило весняно-літній та літньо-осінній періоди, то тривалість зміни може тривати 10 годин. На шкідливих операційних технологіях тривалість зміни максимально скорочують, рівень шкідливості враховують при нарахуванні оплати праці.

Обсяг робіт. Обсяг механізованих операційних технологій залежить від посівної площі, кратністю виконання технологічних операцій, виду обробітку. Якщо плануються та обраховуються транспортні та навантажувально-розвантажувальні роботи, то обсяг робіт визначається обсягом основної та побічної продукції, що підлягає перевезенню. [12,13,14,26]

$$Q = k \cdot F; \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{п}} = g \cdot F; \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{п}} \cdot S, \quad (2.4)$$

де Q , $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{т}}$ – послідовно - позначення обсягу механізованих польових робіт, га; чи механізованих навантажувально-розвантажувальних робіт, т; обсяг транспортних робіт, тонно-кілометри; k – кратність обробітку при виконанні технологічної операції машинно-тракторним агрегатом (дорівнює 1, 2 або 3); F – значення посівної площі, га; g – планова розрахункова норма внесення мінеральних чи органічних добрив, норма висіву насіння, т/га; S – відстань перевезень при виконанні транспортних робіт, км.

Склад агрегату. В даній графі міститься інформація про попередньо визначений та обґрунтований оптимальний склад машинно-тракторного агрегату (марка трактора, зчіпки, сільгоспмашини і їх кількість в агрегаті). При цьому вибір машинно-тракторного агрегату може бути здійснено з урахуванням різних критеріїв оптимізації. Агрегати можуть мати параметри найбільшої продуктивності, чи найменшої витрати палива, чи найнижчих з розрахункових можливих значень собівартості механізованих робіт. Також слід

незабувати, що в більшості випадків машинно-тракторний агрегат обирається і комплектується згідно агротехнічних характеристик та екологічних вимог вимогам [12,13,14,26].

Норми виробітку і витрати палива. Такий показник є одним з найважливіших щодо прийняття господарського рішення про виробниче впровадження пропонованої технології. Такі норми механізованих робіт та необхідна кількість палива обирається у залежності конкретних виробничих господарських умов. При цьому враховується нормативна група полів сільськогосподарського підприємства. При плануванні технологій у Полтавському регіоні рекомендовано обирати дкргу нормативну групу для планування роботи МТА [12,13,14,26].

Планова кількість сільськогосподарської техніки. Планову кількість тракторів і комбайнів можливо розрахувати за наведеним виразом з подальшим округленням у більшу сторону:

$$N_{mp} = \frac{Q}{W_{зм}^н \cdot D_p \cdot K_{зм}}, \quad (2.5)$$

де Q – обсяг роботи, га, т, т·км; $W_{зм}^н$ – показник змінної норми виробітку, га, т, т·км за зміну; $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності.

Якщо технологічні процеси взаємопов'язані умовою поточності, то, кількість машинно-тракторних чи інших агрегатів для обслуговування приймається з урахуванням кількості основних агрегатів [12,13,14,26]:

$$n_d = \frac{n_0 \cdot W_0 \cdot T_0}{W_d \cdot T_d}, \quad (2.6)$$

де n_0 , n_d – кількість основних і допоміжних агрегатів; W_0 , W_d – продуктивність основних та допоміжних агрегатів для обслуговування, га, т, ткм за певний час чи виробничий цикл; T_0 , T_d – відповідно, період роботи основних та допоміжних агрегатів, годин.

Потреба у паливі. Необхідна певна кількість палива - Π може бути розрахована множенням норми витрати палива (g_H) на обсяг роботи:

$$\Pi = g_H \cdot Q. \quad (2.7)$$

Щодо роботи вантажного автотранспорту, то для здійснення таких перевезень необхідна кількість палива може бути визначена з урахуванням пробігу, обсягу вантажоперевезень та кількості рейсів:

$$G_i = L g' / 100 + Q_T g'' / 100 + 0,25 Z, \quad (2.8)$$

де L – загальний пробіг, км; g' – співставна зі шляхом витрата палива, л/100 км; g'' – норма витрати палива на 100 т·км при виконанні транспортних робіт, л/100 т·км; Z – кількість виконаних рейсів вантажних автомобілів.

Питомі витрати праці. Такі витрати розраховуються на одиницю виконаної чи запланованої до виконання роботи з урахуванням кількості основних і допоміжних працівників. На даний показник тапкож впливає тривалість часу зміни та змінна норма виробітку [12,13,14,26]:

$$h = \frac{(m_0 + m_B) \cdot T_{3M}}{W_{3M}^H}, \quad (2.9)$$

де h – питомі затрати праці, г/га, г/т, г/т·км; m_0, m_d – відповідно, кількість основних і допоміжних працівників, обслуговуючих агрегатів; T_{3M} – тривалість часу зміни, год.

Витрати праці на весь обсяг роботи. Такий показник на плановий обсяг робіт розраховується за виразом:

$$H_{заг.} = h \times Q. \quad (2.10)$$

Експлуатаційні затрати. Експлуатаційні витрати можливо розрахувати з використанням наступного виразу: [12,13,14,26]:

$$S_e = Z + A + C_{пмм} + C_{рто} + C_{кр} + C_{стр} + C_{ох} + C_d, \quad (2.11)$$

де Z – оплата праці з нарахуваннями, грн.; A – витрати на амортизаційне відрахування, грн.; $C_{пмм}$ – витрати на паливо та мастильні матеріали, грн.; $C_{рто}$ – витрати на проведення ремонтів і технічних обслуговувань, грн.; $C_{кр}$ – витрати на погашення кредиту, грн.; $C_{стр}$ – витрати на страхування, грн.; $C_{ох}$ – витрати на охорону, грн.; C_d – інші додаткові витрати, грн.

Оплата праці. Величину оплати праці за певний обсяг виконаних робіт обчислюють за таким виразом:

$$З = \frac{(m_M T_M + m_D T_D) \cdot Q \cdot T_{3M} \cdot K_H}{W_{3M}^H}, \quad (2.12)$$

де T_M , T_D – годинна тарифна ставка механізаторів та допоміжних працівників, грн/год; K_H – коефіцієнт, що враховує величину доплат за відповідну кваліфікацію працівників, доплати за якісно виконану роботу; витрати на відпуски, витрати на соціальне страхування тощо ($K_H = 1,375$ [12,13,14,26]);

Витрати на амортизацію сільськогосподарської техніки. Витрати на амортизацію обчислюють за наступним виразом [12,13,14,26]:

$$A = \frac{\left(\frac{B_m a_m}{T_m} + \frac{B_{зч} a_{зч}}{T_{зч}} + \frac{B_M a_M N_M}{T_M}\right) \cdot Q \cdot T_{3M}}{100 \cdot W_{3M}^H}, \quad (2.13)$$

де B_T , $B_{зч}$, B_M – послідовно балансові вартості тракторів, зчіпок, сільськогосподарських машин, грн.; a_T , $a_{зч}$, a_M – послідовно відсотки відрахування амортизації тракторів, зчіпок, сільськогосподарських машин; T_T , $T_{зч}$, T_M – планове річне завантаження тракторів, зчіпок, сільськогосподарських машин, год.; N_M – визначена оптимальна кількість сільськогосподарських машин та обладнання в машинно-тракторному агрегаті.

Вартість ремонту та технічного обслуговування машинно-тракторних агрегатів. Такі відрахування можуть бути розраховані на основі формули, подібної формулі (2.13); та у такому варіанті амортизаційні відсотки машинно-тракторних агрегатів замінюються відсотками витрат на ремонт і технічне обслуговування відповідних тракторів, зчіпок і та інших сільськогосподарських машин [12,13,14,26]:

$$C_{рто} = \frac{\left(\frac{B_m a_{рто.м}}{T_m} + \frac{B_{зч} a_{рто.зч}}{T_{зч}} + \frac{B_M a_{рто.м} N_M}{T_M}\right) \cdot Q \cdot T_{3M}}{100 \cdot W_{3M}^H}. \quad (2.14)$$

Витрати на придбання палива і мастильних. Такі витрати обчислюються з використанням виразу:

$$C_{пмм} = g_H \cdot Q \cdot Ц, \quad (2.15)$$

де Ц – комплексна ціна ПММ – ціна палива з урахуванням додаткових витрат на мастильні матеріали, грн./л.

Вартість повернення кредиту. Такий вид виробничих витрат враховується при наявності кредитних програм щодо оновлення основних виробничих засобів:

$$C_{кр} = \frac{S_{кр} \cdot \kappa_{б}}{100 \cdot T_{кр}}, \quad (2.16)$$

де $S_{кр}$ – сума кредиту, грн; $\kappa_{б}$ – відсоткова ставка по кредиту, %; $T_{кр}$ – термін користування кредитом в роках.

Вартість оформлення страхування. Така стаття виробничих витрат розраховується тільки для сільськогосподарської техніки, яка має страхові поліси, оформленні у відповідному порядку.

Виробничі затрати, пов'язані зі зберіганням сільськогосподарської техніки. Такі затрати складаються з витрат, пов'язаних з витратами на амортизацію споруд зі зберігання сільськогосподарської техніки та витратами на охорону сільськогосподарської техніки.

Додаткові, пов'язані з виробництвом, витрати. В цьому випадку додаткові витрати, наприклад – витрати на підвезення води, технологічних матеріалів, шпагату...). В цьому випадку витрати можливо прийняти у розмірі 5% відносно вартості ремонту та технічного обслуговування:

$$S_{дод} = 0,05 \cdot C_{рто}. \quad (2.17)$$

Виробіток в умовних еталонних гектарах. Коефіцієнти переведення в умовні еталонні трактори ($\lambda_{ум}$) вибираються із довідкової літератури, а виробіток в умовних еталонних гектарах (Ω_i) підраховується за таким виразом:

$$\Omega_i = \frac{Q_i \cdot T_{3М} \cdot \lambda_y}{W_{3М}^H}. \quad (2.18)$$

До підсумкових показників технологічної карти відносять наступні: сумарну кількість палива, необхідну для виконання всього обсягу механізованих робіт по технології, трудомісткість технології, зведені обсяги

робіт, що переведені в умовні еталонні гектари та прямі експлуатаційні витрати.

Також, розраховуються усереднені чи питомі показники ступеня ефективності виробництва сільськогосподарських культур: питома витрата палива ($g_{га.ср.}$), питомі витрати праці ($h_{ср.}$), середні прямі експлуатаційні витрати ($C_{га.ср.}$), що порашовані відповідно до гектару обробленої площі чи до тони виробленої продукції, також сюди відносять щільність механізованих робіт (Щ) [12,13,14,26]:

Погектарна витрата палива [12,13,14,26]:

$$g_{га.ср.} = \frac{\sum \Pi_i}{F}. \quad (2.19)$$

Питома витрата палива на тону продукції:

$$g_{т.ср.} = \frac{\sum \Pi_i}{F \cdot U}. \quad (2.20)$$

Питомі затрати праці на гектар площі:

$$h_{га.ср.} = \frac{\sum H_i}{F}. \quad (2.21)$$

Питомі затрати праці на тону продукції:

$$h_{т.ср.} = \frac{\sum H_i}{F \cdot U}. \quad (2.22)$$

Питомі експлуатаційні затрати на гектар площі:

$$C_{га.ср.} = \frac{\sum Se}{F}. \quad (2.23)$$

Питомі експлуатаційні затрати на одиницю продукції:

$$C_{т.ср.} = \frac{\sum Se}{F \cdot U}. \quad (2.24)$$

Щільність механізованих робіт – такий порказник може бути розраховааний відношенням обсягу механізованих робіт – Ω , у.е.га, до посівної площі F , га:

$$\text{Щ} = \frac{\sum_{i=1}^K \Omega_i}{F}. \quad (2.25)$$

Якщо додати до прямих експлуатаційних витрат вартість добрив, посівного матеріалу, пестицидів, то у підсумку буде отримано показник виробничих витрат.

На основі такого розрахункового показника підраховують собівартість виробництва продукції та визначають економічну ефективність щодо

обґрунтування до виробничого впровадження запропонованої технології по вирощуванню та збиранню досліджуваної сільськогосподарської культури.

2.2. Методика розрахунку енергозатрат для технологій по виробництву зернової кукурудзи

Розрахунок енергетичних витрат щодо основних засобів виробництва, (МДж/га). Такий показник визначають за формулою [12,13,14,26]:

$$E_{I_{os}} = M \cdot T \cdot \varepsilon_{i_{os}}, \quad (2.26)$$

де: М - маса сільськогосподарської машини, кг; Т - обсяг затраченого часу щодо виконаного об'єму робіт у розрахунку на один гектар, год/га; $\varepsilon_{i_{os}}$ - довідковий енергетичний еквівалент, МДж/кг.год.

Щодо оборотних виробничих засобів, то сукупні енергетичні витрати можливо розрахувати зпочатковим визначенням таких витрат, як питомих - один оброблений гектар посіваної площі [12,13,14,26]:

$$E_{I_{ob}} = K \cdot \varepsilon_{i_{ob}}, \quad (2.27)$$

де $E_{I_{ob}}$ - величина сукупної енергії, перенесеної на продукти праці *i*-тими оборотними засобами, МДж/га; К – кількісні характеристики *i*-тих оборотних засобів на процес виробництва сільськогосподарської культури кг/га; $\varepsilon_{i_{ob}}$ - енергетична цінність *i*-того оборотного засобу, МДж/кг.

Необхідну кількість коштів для придбання ПММ визначають за формулою [12,13,14,26]:

$$Z_{п} = T \cdot N_{об} \cdot g, \quad (2.28)$$

де Т – затрати часу на виконання роботи, год/га; $N_{об}$ – номінальна потужність двигуна, кВт; g – питома витрата пального, кг/кВт·год.

Розрахунок необхідної кількості електроенергії для здійснення технології виробництва можливо розрахувати за формулою [12,13,14,26]:

$$E_E = T \cdot N_{ed}, \quad (2.29)$$

де: E_E - кількість електричної енергії, що споживається електродвигунами при виконанні роботи, кВт· год/га; T – затрати часу на виконання запланованої роботи, год/га; N_{ed} – номінальна потужність електродвигунів, кВт.

Розрахунки сукупної енергії, щодо трудових ресурсів виконуємо з використанням формули [12,13,14,26]:

$$E_{I_{mp}} = T \cdot \varepsilon_{i_{mp}}, \quad (2.30)$$

де: $E_{I_{mp}}$ - затрати сукупної енергії трудовими ресурсами по i -й операції, МДж/га; T - затрати часу при виконанні роботи, год/га; $\varepsilon_{i_{mp}}$ - енергетичний еквівалент згідно з трудовими ресурсами, МДж/год

Підсумкові сукупні енергетичні затрати трудових ресурсів можуть бути визначані за формулою [12,13,14,26]:

$$E_{mp} = \sum \varepsilon_{i_{mp}} + 0,37(\sum \varepsilon_{i_{mp}}) \quad (2.31)$$

де: E_{mp} - сукупна енергія трудових ресурсів, МДж/га; $\sum \varepsilon_{i_{mp}}$ - сукупна енергія, затрачена механізаторами та додатковими працівниками, МДж/га; $0,37 \cdot (\sum \varepsilon_{i_{mp}})$ - сумарні енергетичні витрати щодо ремонту та ТО сільськогосподарських машин та перераховані енергетичні витрати щодо здійснення управління операційними технологіями, МДж/га. Останні, як правило можуть складати 37% сукупних енергетичних витрат виробничого персоналу.

2.3. Вибір комплексу машин для виробництва зернової кукурудзи з функціоналом оцінювання - питомі енергетичні витрати

З використанням прикладного програмного забезпечення в середовищі «електронні таблиці» Excel, (розроблено доц., к.т.н. В. Н. Дзюбою) було розраховано різноманітні варіанти вирощування та збирання зернової кукурудзи. Результати розрахунків подано табл. 2.2.

Критерії оптимізації обрані наступним чином

A1 – комплекс МТА, що мають максимальну продуктивність;

A2 – комплекс МТА, що має зменшені витрати ПММ;

A3 – комплекс МТА, що має зменшену виробничу собівартість;

A4 – комплекс МТА, що має зменшені капіталовкладення;

A5 – комплекс МТА що має зменшені приведені витрати;

A6 – Комплекс МТА що має зменшений шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Очікувану урожайність зернової кукурудзи розглядаємо як імовірнісну величину що змінюється від: 0,1 т/га до 11т/га. Прогнозовану імовірність урожайності зернової кукурудзи, що у підсумку дає одиницю, записуємо дев'ятьма значеннями: 0,2; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1 (табл.2.2).

При вирішенні поставленої задачі використовуємо правило Байєса, Лапласа, Гурвіца (табл.2.1.[[8,9]).

Таблиця 2.1 - Характеристика основних критеріїв обґрунтування господарських рішень в умовах ризику [9]

Правило (критерій)	Характеристика
Правило Байєса (критерій математичного сподівання)	Визначена на припущенні, що відомі імовірності настання можливих станів зовнішнього середовища (P_j). Обов'язкова вимога — $\sum_{j=1}^n P_j = 1$, . Критерієм вибору слугують значення математичного сподівання альтернативи j . Оптимальною вважається альтернатива з більшим значенням математичного сподівання.
Критерій Лапласа	Виконується умова, що імовірність виникнення кожного з можливих станів оточуючого середовища однакова. Вплив кожної альтернативи можна обчислити за формулою середнього арифметичного. Оптимальним є варіант, який має найбільшу середню оцінку.
Критерій Гурвіца (критерій песимізму-оптимізму)	Передбачає функціональну залежність, яка знаходиться між точкою зору крайнього оптимізму та крайнього песимізму органу управління по коефіцієнту α — параметру впевненості особи, яка приймає рішення щодо отримання максимального виграшу. Величина α обирається довільно від 0 до 1.

З використанням визначень з табл. 2.1, цифрових розрахованих зв'язків табл 2.2. можливо визначити оптимізований комплекс машин за тим чи іншим критерієм.

Ми маємо умову задачі, коли кожній парі стану середовища — S_j у сукупності з варіантом рішення — A_i відповідає значення функціоналу оцінювання – а саме рентабельність виробництва — $V(A_i, S_j)$. Остатннє i є результатом дій (табл.2.2).

Такими підсумковими функціоналами оцінювання будуть питомі витрати сукупної енергії (ГДж/га); успіх буде досягнуто за умови максимально-можливого зменшення сукупних енерговитрат.

При проведенні розрахунків гредієнт функціоналу оцінювання буде – від'ємним.

Таблиця 2.2 - Матриця енергетичних витрат, що характеризує стан виробничої системи в залежності від сукупних енергетичних витрат та технології виробництва досліджуваної культури

Варіанти рішень A_i (розрах. технології)	Варіанти станів середовища S_j (урожайність озимої пшениці, т/га)								
	0,1	0,5	1,0	1,5	6,0	7,5	9,0	10,5	11,0
A1	7,3	7,6	8,0	8,4	8,8	9,8	14,2	18,7	23,1
A2	6,8	7,1	7,4	7,9	8,3	9,1	13,6	18,0	22,5
A3	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8	9,7	14,1	18,6	23,0
A4	7,8	8,1	8,6	9,1	9,5	10,4	14,8	19,4	23,9
A5	7,1	7,4	8,1	8,5	8,9	9,7	14,2	18,7	23,1
A6	7,4	7,5	7,6	8,0	8,4	9,2	13,7	18,2	22,7
Імовірність стану середовища P_i	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Оптимальне господарсько-технологічне альтернативне рішення за критерієм Байєса розраховується за формулою [9] (задача вирішується на мінімум):

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \min_i \{V(A_i, S_j) * P_j\} \quad (2.32)$$

Розрахунки представлено в табл.2.13.

Таблиця 2.3 - Вибір оптимального рішення за критерієм Байєса

Варіанти рішень	{V(A _{i,j})*P _j }	min _i {V(A _{i,j})*P}
A1 (продуктивність)	11,32	
A2 (паливо)	10,75	A2 (паливо)
A3 (собівартість)	11,16	
A4 (кап. вкладення)	11,94	
A5 (приведені витрати)	11,34	
A6 (екологічність технології)	10,97	A6 (екологічність)

За критерієм Байєса маємо, що кращим варіантом за розрахунком математичного сподівання буде варіант технології A2 – виробництво зернової кукурудзи, де машинно-тракторні агрегати обрані за основною характеристикою: мінімально-можливі витрати палива. Також непаганим варіантом буде технологія A6 – тут сільськогосподарські машини мають кращі показники екологічності щодо виробничих систем технологій.[19].

Краще організаціо-технологічне рішення за критерієм Лапласа знаходиться по формулі [9]:

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \min_i \left\{ 1/n \sum_{j=1}^n V(A_i, S_j) \right\} \quad (2.33)$$

Пам'ятаємо, що при використанні такої методики, наша задача вирішується на мінімум. (табл.2.4).

Таблиця 2.4 - Вибір оптимального рішення за критерієм Лапласа

Варіанти рішень	$\{V(A_{i,j}) * P\}$	$\min_i \{V(A_{i,j}) * P\}$
A1 (продуктивність)	11,77	
A2 (паливо)	11,19	A2 (паливо)
A3 (собівартість)	11,62	
A4 (кап. вкладення)	12,40	
A5 (приведені витрати)	11,74	
A6 (екологічність технології)	11,41	A6 (екологічність)

Ми отримали, що за критерієм Лапласа оптимальними варіантами технології вирощування та збирання зернової кукурудзи будуть альтернативні технології A2 та A6 (табл.2.4.)

При використанні методичних аспектів щодо правила «максімакс» (мінімум - мінімум), нами отримано, що оптимізований комплекс сільськогосподарських машин по вирощуванню та збиранню зернової кукурудзи - альтернатива A2- сукупність технологічних операцій виробництва зернової кукурудзи, де трактори та сільськогосподарські машини підібрані з домінуючою характеристикою – паливна економічність.

Найближчим, також, позитивним рішенням буде варіант технології A3 - виробництво зернової кукурудзи за зменшеною собівартістю механізованих робіт. (табл.2.5).

Таблиця 2.5 - Вибір оптимального рішення за правилом «максімакс» (мінімум-мінімум)

Варіанти рішень	Варіанти станів середовища S _j									min _j { V(A _i ,S _j)}	min _i min _j { V(A _i ,S _j)}
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0		
A1	7,3	7,6	8,0	8,4	8,8	9,8	14,2	18,7	23,1	7,3	
A2	6,8	7,1	7,4	7,9	8,3	9,1	13,6	18,0	22,5	6,8	A2
A3	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8	9,7	14,1	18,6	23,0	7,0	A3
A4	7,8	8,1	8,6	9,1	9,5	10,4	14,8	19,4	23,9	7,8	
A5	7,1	7,4	8,1	8,5	8,9	9,7	14,2	18,7	23,1	7,1	
A6	7,4	7,5	7,6	8,0	8,4	9,2	13,7	18,2	22,7	7,4	

Оптимальний варіант за критерієм Вальда знаходиться за формулою[9]:

$$\text{Для } F^- A_i^* = \min_i \max_j \{V(A_i, S_j)\} \quad (2.34)$$

Таблиця 2.6 - Вибір оптимального рішення за критерієм Вальда

Варіанти рішень	Варіанти станів середовища S _j									max _j { V(A _i ,S _j)}	min _i max _j { V(A _i ,S _j)}
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0		
A1	7,3	7,6	8,0	8,4	8,8	9,8	14,2	18,7	23,1	23,1	
A2	6,8	7,1	7,4	7,9	8,3	9,1	13,6	18,0	22,5	22,5	A2
A3	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8	9,7	14,1	18,6	23,0	23,0	
A4	7,8	8,1	8,6	9,1	9,5	10,4	14,8	19,4	23,9	23,9	
A5	7,1	7,4	8,1	8,5	8,9	9,7	14,2	18,7	23,1	23,1	
A6	7,4	7,5	7,6	8,0	8,4	9,2	13,7	18,2	22,7	22,7	A6

Таблиця 2.7 - Побудова матриці ризику на основі матриці енергетичних витрат

Платіжна матриця (матриця енергетичних витрат) (V(A _i ,S _j))									
Варіанти рішень A _i (розрах. технології)	Варіанти станів середовища S _j (урожайність зернової кукурудзи, т/га)								
	0,1	0,5	1,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,5	11,0
A1	7,3	7,6	8,0	8,4	8,8	9,8	14,2	18,7	23,1
A2	6,8	7,1	7,4	7,9	8,3	9,1	13,6	18,0	22,5
A3	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8	9,7	14,1	18,6	23,0
A4	7,8	8,1	8,6	9,1	9,5	10,4	14,8	19,4	23,9
A5	7,1	7,4	8,1	8,5	8,9	9,7	14,2	18,7	23,1
A6	7,4	7,5	7,6	8,0	8,4	9,2	13,7	18,2	22,7
Матриця ризику									
Варіанти рішень A _i	Варіанти ризику R _i								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
A1	7,3-6,8 =0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
A4	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,4	1,4
A5	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
A6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2

З використанням методик критерію Вальда, ми отримали, що оптимальною буде також альтернатива A2 – умова підбору сільськогосподарських машин та обладнання для вирощування та збирання зернової кукурудзи. При чому такі машини обрані як максимально економічні по витратам палива. Ще один варіант, що наближається до оптимального – варіант A6, тут переважає критерій екологічності (табл.2.6).

При застосуванні критерію Севіджа будемо матрицю ризику (табл..2.7.) що відтворює лінійне перетворення оцінювального функціоналу.

При здійсненні подібних розрахунків можливо використовувати таку формулу [9]:

$$\text{Для } F^- R_{ij}^* = V(A_i, S_j) - \min_i \{V(A_i, S_j)\} \quad (2.35)$$

Матрицю ризику представлено табл. 2.8

Наступним етапом застосовуємо **критерій Севіджа** та використаємо стратегію: [9]:

$$A_i^* = \min_i \max_j \{R_{ij}\} \quad (2.36)$$

Таблиця 2.8 - Вибір оптимального рішення за критерієм Севіджа

Матриця ризику										$\max_j \{R_{ij}\}$	$\min_j \max_i (R_{ij})$
Варіанти рішень A_i	Варіанти ризику R_j										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
A1	7,3- 6,8 =0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A2
A3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	A3
A4	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	
A5	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	
A6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	A6

За результатами розрахунку з використанням методики критерію Севіджа, ми отримали, що кращим є варіант виробничої технології A2, де планується здійснювати операційні технології машинами, що мають високу паливну економічність та варіант A3 - засоби виробництва, що мають мінімально низьку виробничу собівартість. Рівновагомим з варіантною альтернативою A3 є варіант A6. Тут сільськогосподарська техніка обрана за пріоритетом екологічності (табл.2.8).

Оптимальну альтернативу за критерієм Гурвіца можливо вирахувати за формулою [9]:

$$\text{Для } F^- A_i^* = \min_i \left\{ (1-\alpha) \max_j \{V(A_i, S_j)\} + \alpha \min_j \{V(A_i, S_j)\} \right\} \quad (2.37)$$

Таблиця 2.9 - Вибір оптимального рішення за критерієм Гурвіца

Платіжна матриця (матриця енергетичних витрат) (V(A _i ,S _j))										
Варіанти рішень A _i (розрах. технології)	Варіанти станів середовища S _j (урожайність озимої пшениці, т/га)									
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	
A1	7,3	7,6	8,0	8,4	8,8	9,8	14,2	18,7	23,1	
A2	6,8	7,1	7,4	7,9	8,3	9,1	13,6	18,0	22,5	
A3	7,0	7,4	7,8	8,2	8,8	9,7	14,1	18,6	23,0	
A4	7,8	8,1	8,6	9,1	9,5	10,4	14,8	19,4	23,9	
A5	7,1	7,4	8,1	8,5	8,9	9,7	14,2	18,7	23,1	
A6	7,4	7,5	7,6	8,0	8,4	9,2	13,7	18,2	22,7	
Критерій Гурвіца при коефіцієнті оптимізму альфа = 0,6										
max _i {V(A _i ,S _j)}	min _i {V(A _i ,S _j)}	$(1-\alpha) \cdot \max_i \{V(A_i, S_j)\} + \alpha \cdot \min_i \{V(A_i, S_j)\}$					$\max_i \{1-\alpha \cdot \max_i \{V(A_i, S_j)\} + \alpha \cdot \min_i \{V(A_i, S_j)\}\}$			
23,1	7,3	$(1-0,6) \cdot 23,1 + 0,6 \cdot 7,3 = 13,62$								
22,5	6,8	$0,4 \cdot 22,5 + 0,6 \cdot 6,8 = 13,08$					A2			
23,0	7,0	$0,4 \cdot 23,0 + 0,6 \cdot 7,0 = 13,52$								
23,9	7,8	$0,4 \cdot 23,9 + 0,6 \cdot 7,8 = 13,76$								
23,1	7,1	$0,4 \cdot 23,1 + 0,6 \cdot 7,1 = 13,50$					A5			
22,7	7,4	$0,4 \cdot 22,7 + 0,6 \cdot 7,4 = 13,52$								

Кращим техніко-технологічним варіантом вибору машинно-тракторних агрегатів за критерієм Гурвіца визначено альтернативний варіант A2. В цьому разі машинно-тракторні агрегати обиралися з основою характеристикою – паливна економічність. Трішки гіршим, але все ж також обґрунтованим та наближеним до оптимального буде варіант A5 – набір сільськогосподарської техніки з цільовою функцією «мінімум приведених витрат» (табл.2.9).

Таким чином, при використанні різних методичних та методологічних складових на основі методів математичного моделювання, можливо зазначити: отримані результати розрахунків за критеріями Байеса, Лапласа, Гурвіца, «максімакс», Вальда, Севіджа – перевагу в порівнюваних технологіях отримав варіант A5 – сільськогосподарська техніка для вирощування та збирання зернової кукурудзи, де прогноуються мінімально можливі приведені витрати. Наближеними до оптимуму є альтернативи з технологічними системами сільськогосподарських машин A2 – тут переважає паливна економічність та

A3 – техніка для виробництва зернової кукурудзи зкомплектована за умови отримання мінімуму по собівартості виробництва.

Кращий варіант технологічних карт за критеріями A2, A3 та A5 міститься у додатках А, Б, В. розрахунок здійснено для площі посіву 100га. Культура – зернова кукурудза.

3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методичні аспекти проведення експерименту

Науково обґрунтований ефективний аналіз взаємовідношення досліджуваних явищ та процесів заснований на визначенні взаємозв'язку факторів, що формують такий процес або впливають на нього. Саме функціональні взаємовідносини елементів та складових досліджуваних об'єктів, що можливо виразити у математичній формі, і є метою проведення експериментального дослідження.

Ми маємо ситуацію, коли встановити абсолютний взаємозв'язок між явищами і процесами не можливо. Тоді, згідно з рекомендаціями [47] для застосування математичного апарату щодо характеристик досліджуваних явищ, приймаємо шлях побудови лінійної моделі.

В такому варіанті досліджувані об'єкти і явища можливо зобразити у вигляді “чорного ящика” (рис. 3.1).

Тут планується досліджувати та кількісно описувати взаємозв'язки між вихідними параметрами процесу (незалежними змінними) та цільовими функціями, що є об'єктами оптимізації.

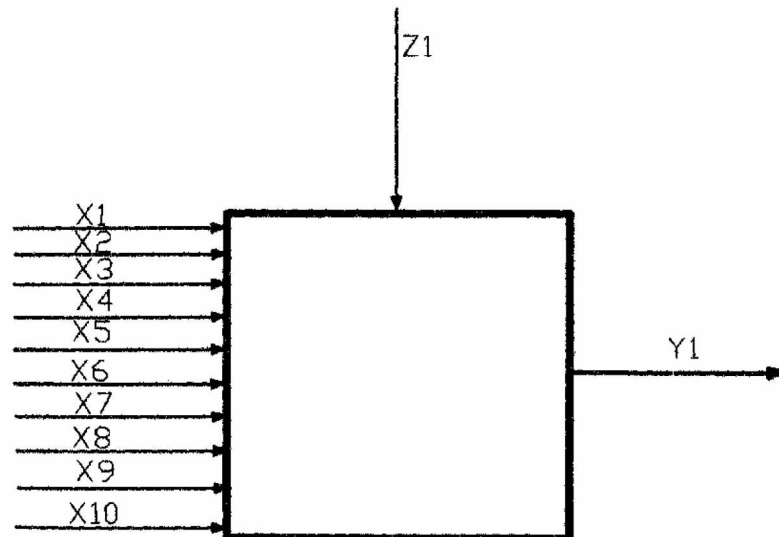


Рисунок 3.1 - Схема проведення експериментальних досліджень у вигляді «чорного ящика»

Самим простим варіантом кореляційно-регресійного дослідження є варіант з використанням лінійних моделей. Такі моделі відносно нескладні щодо обрахунків, ту з точки прикладного практичного застосування можуть стати дуже корисними, особливо для оптимізації параметрів і складових технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві [33].

В нашому випадку будемо розраховувати статистичні моделі досліджуваного об'єкта, що є функцією відгуку параметра оптимізації Z який відтворює і характеризує результати експериментального дослідження, за результатами взаємодії змінних параметрів, що приймають різні значення під час дослідів:

$$Z = f(X_1, Y_1), i = 1 \dots k \quad (3.1.), [47,46].$$

При проведенні експериментального дослідження більш часто мають місце співвідношення змінних, де певному значенню ознаки X відповідає декілька значень ознаки Y . Тобто маємо певний розподіл.

Такі функціональні взаємозв'язки є стохастичними [33].

При вивченні кореляційних зв'язків виникають два основних питання - про щільність та форму такого зв'язку. Для вимірювань щільності та форми зв'язку використовують спеціальні статистичні методи, що називаються кореляцією та регресією.

При здійсненні аналізу елементів лінійної кореляції між вибірками групи X та вибірками вихідних факторів Y витконують n незалежних парних випробувань та спостережень. Так парні спостереження представляються $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$, ..., $(x_n; y_n)$.

Маючи таку інформацію щодо результатів експериментальних досліджень та випробувань процесів та явищ можливо обчислити статистичні емпіричні коефіцієнти кореляційно-регресійного характеру. Обчислення обґрунтовують вагомість взаємного впливу певних факторів експериментального дослідження на вихідну функцію.

Коефіцієнт кореляції розраховують згідно виразу [33]:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}}, \quad (3.2.)$$

або, при обчисленні без відхилень та квадратів відхилень, маємо вираз:

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \sum Y) / n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 / n)(\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n)}}. \quad (3.3.)$$

Таблиця 3.1 - Кореляційна таблиця для зернової кукурудзи

	Продуктивність комбайна, кг/с	Висота зрізу, см	Вологість, %	Засміченість, %	Втрати зерна, %
Продуктивність гкомбайна, кг/с	1				
Висота зрізу, 1/хв	-0,663817078	1			
Вологість, %	-0,011722806	-0,026140819	1		
Засміченість, %	-0,010601582	-0,121419349	-0,067967931	1	
Втрати зерна, %	0,87527228	-0,854119764	0,137295117	-0,051369168	1

Результати обчислення статистичних показників кореляційного аналізу по отриманим експериментальним даними, містить табл.3.1. Розрахунки проведено з використанням прикладного програмного забезпечення "Аналіз даних" Microsoft Excel та пакета "STATISTICA for Windows" StatSoft (діаграми розсіювання) [33].

Щодо коефіцієнта кореляції, то тут можливо визначити стандартну помилку [33]:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}, \quad (3.4.)$$

де S_r – стандартна помилка щодо коефіцієнта кореляції; r – значення коефіцієнту кореляції; n - чисельність вибірки експериментального дослідження.

Втакому випадку також доцільно розрахувати значення критерію суттєвості коефіцієнта кореляції [33]:

$$t_r = r/S_r. \quad (3.5.)$$

За умови виконання нерівності $t_{r \text{ факт}} \geq t_{\text{теор}}$, маємо суттєвий кореляційний зв'язок. За умови виконання нерівності $t_{r \text{ факт}} < t_{\text{теор}}$, - маємо несуттєвий кореляційний зв'язок.

Теоретичні показники критерію коефіцієнта кореляції t можливо визначити з використанням довідкових таблиць Стьюдента.

Як правило, для більшої кількості експериментального дослідження приймають п'ятивідсоткову межу рівня значимості.

Кількість ступеней при цьому приймають рівним $n-2$.

За результатами проведених експериментальних досліджень, в нашому випадку – дослідження ефективності використання зернозбиральних комбайнів на збиранні зернової кукурудзи, з урахуванням кількості здійснених спостережень, маємо: $r_T = 0,304$.

При порівнянні отриманих експериментальних даних, коефіцієнтів кореляції з відповідними теоретичними значеннями, то можливо зробити висновок відносно суттєвості статистичних кореляційних зв'язків між продуктивністю зернозбирального комбайна, його швидкістю руху, висотою стерні та втратами зерна за молотаркою.

Але, всеж таки, при виборі оптимальних математичних моделей, керуються не стільки статистичними розрахунками, скільки висновками щодо використання та визначення фізичних складових явищ, процесів.

Кореляційно - регресійний аналіз зручно використовувати і тому, що аналіз співвідносин функціонального характеру допомагає встановити наявності можливих причинних зв'язків.

Аналітичні рівняння моделей, що визначають залежності між різноманітними групами залежних та незалежних змінних, записуються у вигляді [39]:

$$Y = f(X_1, \dots, X_p; B_1, \dots, B_m) + \epsilon, \quad (3.6)$$

де B_1, \dots, B_m - невідомі шукані коефіцієнти; ϵ – похибка апроксимації Y , що визначена методами функцій регресії.

Щодо алгоритмів обрахунку коефіцієнтів, то для характеристик складових лінійної регресії, інформацію містить табл.3.2

Таблиця 3.2 - Таблиця дисперсійного аналізу для моделі множинної лінійної регресії

Джерело Дисперсії	Ступінь Свободи	Сума Квадратів	Середній Квадрат	F-відношення
Регресія	$\nu_D = p$	$SS_D = \sum_{i=1}^p b_i \sum (x_{ij} - \bar{x}_j) y_i$	$MS_D = SS_D / \nu_D$	$F = MS_D / MS_R$
Відхилення від регресії	$\nu_R = n - p - 1$	$SS_R = SS_T - SS_D$	$MS_R = S^2 = SS_R / \nu_R$	
Повна	$\nu_T = n - 1$	$SS_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$		

Актуальними вихідними даними програм обрахунку лінійних регресій являються значення SS_R - залишкової суми квадратів – це значення параметра S , що отримане шляхом підстановки статистичних оцінок замість параметрів, тобто [33]:

$$SS_R = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{1i} - \dots - b_p x_{pi})^2. \quad (3.7)$$

Оцінка дисперсій помилок, що має назву залишковий середній квадрат помилок MS_R . Отже,

$$MS_R = SS_R / \nu_R. \quad (3.8)$$

Добування квадратного коріню з MS_R називається стандартною помилкою оцінки.

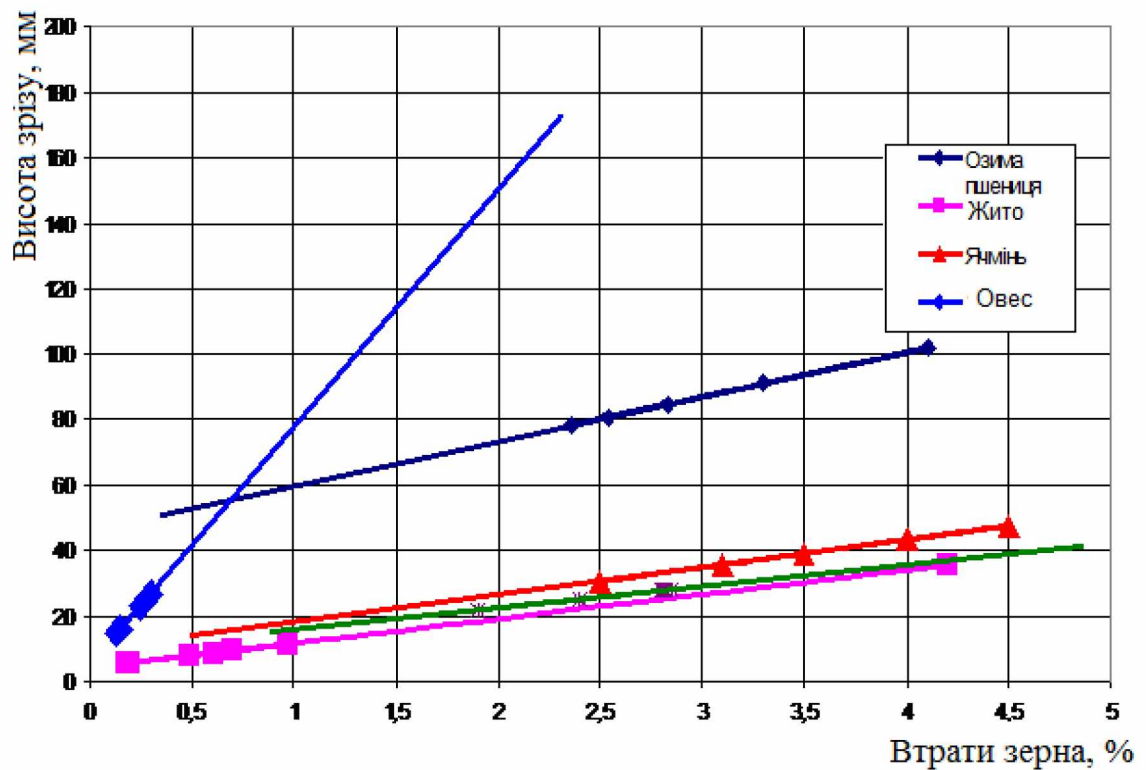


Рисунок.3.2 - Експериментальні залежності втрат зерна від висоти

Лінійні експериментальні моделі втрат урожаю основних ранніх зернових та зернових технічних культур від висоти зрізу за умови сталої швидкості руху зернозбирального комбайну подано на рис 3.2.

На основі аналізу отриманих лінійних регресійних залежностей, зазначаємо, що продуктивність досліджуваних моделей зернозбиральних комбайнів обмежується співвідношеннями зернової маси до маси незернової частини врожаю та робочою швидкістю руху на збиранні врожаю сільськогосподарських культур. При цьому робоча швидкість руху прямо пропорційна пропускній спроможності молотильно-сепарувального пристрою.

При проведенні експериментальних випробувань робоча швидкість руху зернозбирального комбайна обиралась у відповідності з агротехнічними вимогами (5км/год...6 км/год). Ми отримали, що на дрібнозернових

сільськогосподарських культурах ступінь зміни висоти зрізу безпосередньо впливає у розрізі співвідношень кількості дрібного і грубого вороху.

Тобто, при проведенні серії експериментального дослідження і випробування зернозбиральних комбайнів треба визначити границі діапазонів зміни експериментальних вхідних параметрів з урахуванням того, що у більшості випадкув продуктивність МСП зернозбирального комбайна залежить від пропускної спроможності повітряно-решетних очисток. При перевищенні такого показника потужності двигуна зернозбирального комбайна хватає, а втрати за очисткою комбайна вільним зерном збільшуються.

Щодо планування багатофакторного експеримента, то умовами його початку є сільськогосподарська культура – зернова кукурудза, середня урожайність 80 ц/га; вологість 13%; площа поля 200 га. Порівнювані зернозбиральні комбайни «John Deere - 9500» та «John Deere - 9600»

Обраний спосіб збирання – пряме комбайнування за допомогою кукурудзяних адаптерів з умовою подрібнення та розкидання листостеблової маси по площі поля.

Головна стратегія щодо методики та методологічних аспектів основної частини експериментального дослідження розглядається як перевірка та уточнення значень технологічних регулювань молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів з урахуванням вимог агротехнологій та умов збирання зернової кукурудзи на визначеному полі.

Основними структурними елементами в такому випадку були дослідження, що проведені як вимірювання та визначення функціональних залежностей щодо висоти стерні культурних рослин, міри засміченості намолоченого зерна кукурудзи, а також втратами зерна за молотильно-сепарувальними пристроями комбайна.

3.2. Проведення та аналіз двофакторного експерименту

Експериментальні дослідження даного пункту присвячені віднайденню вагомості взаємозв'язків між швидкістю руху зернозбирального комбайна, втратами зерна за молотильно-сепарувальним пристроєм та ситупенем засміченості дрібним ворохом бункерного зерна.

Для проведення такої частини експериментального дослідження нами було обрано зернозбиральні комбайни марок «John Deere – 9500» та «John Deere – 9600». Такі сільськогосподарські машини досить складні та мають гідростатичну трансмісію. Останнє твердження сприяє можливості безступеневого регулювання робочої швидкості руху в широкому діапазоні.

Висота зрізу листостеблової маси адаптерами зернозбирального комбайна змінюється і контролюється за допомогою основної інтегрованої гідравлічної системи.

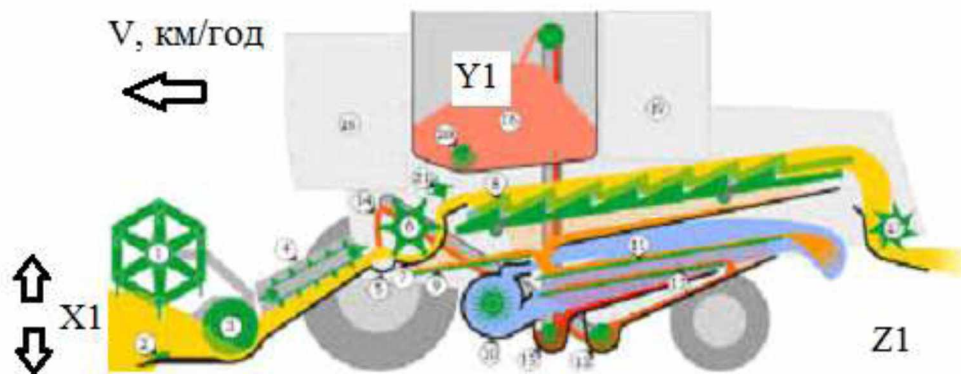


Рисунок. 3.3 – Компанувально-технологічна схема для описування складових методики експериментального випробування та дослідження якості роботи зернозбиральних комбайнів: позначено зміну швидкості руху та висоти зрізу X_1 -вимірювані та змінювані параметри, а також вимірювальні параметри: засміченість бункерного зерна Y_1 та втрати зерна за МСП Z_1 .

За умов збирання зеренової кукурудзи, діапазон варіації швидкістю руху знаходиться у межах 1км/год...8км/год. Висоту сткрні листостеблової маси кукурудзи будемо варіювати від 0см до 25см.

Для визначення втрат зерна за молотильно-сепарувальними пристроями зернозбирального комбайна була використана наступна методика: абсолютні та відносні втрати зерна за МСП зернозбирального комбайна можливо визначити шляхом зібрання та зважування зерна кукурудзи, що знайдено на площі квадратний метр з наступним перерахунком у відсотках відносно середньої урожайності зернової кукурудзи.

Щодо визначення кількості сторонніх домішок у бункерному зерні, то в такому випадку виконувалися прямі вимірювання та зважування домішок в пробі зерна. Засміченість обраховувалась відносним методом. Кількість повторномтей – більше десяти для кожного варіанту досліда.

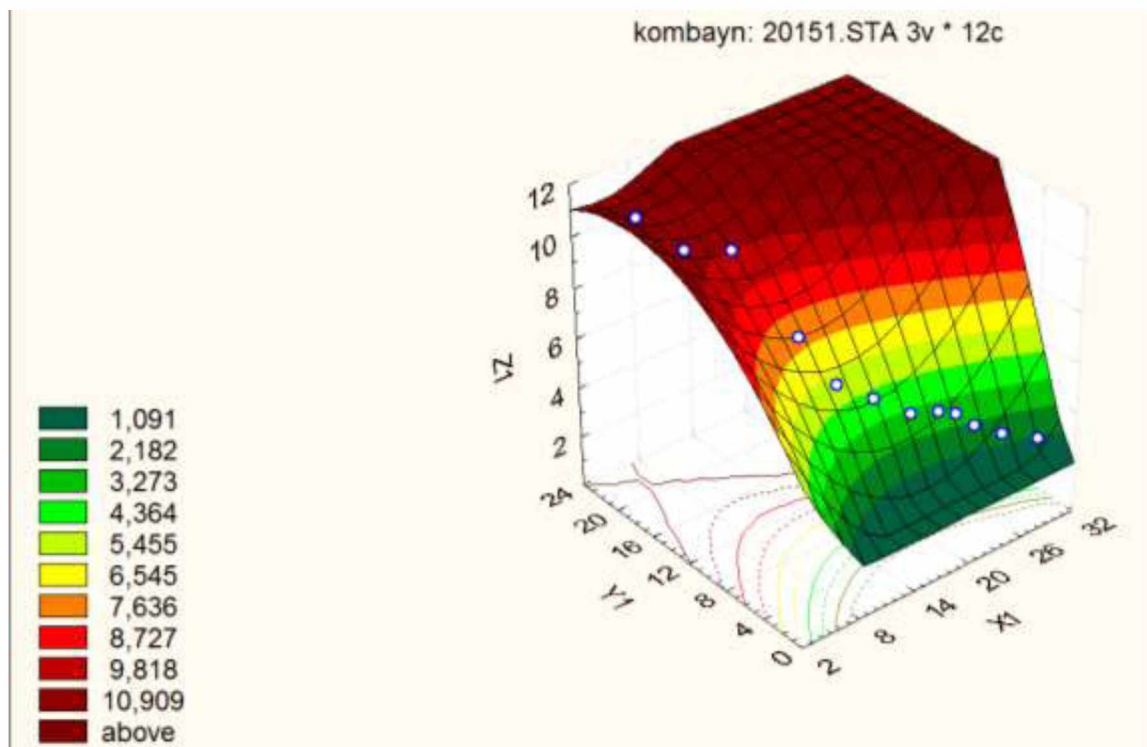


Рисунок 3.4 - Поверхня відгуку, для визначення ступеня впливу між висотою стерні X1, см; еаявністю сторонніх домішок Y1, %; та втратами зерна за МСП - Z1,%. (Обмолот зернової кукурудзи комбайн John Deere - 9500) (швидкість руху – 7км/год)

Таблиця 3.3 - Результати проведення експерименту щодо встановлення

залежності між висотою стерні - X1, засміченістю бункерного зерна - Y1, та втратами зерна - Z1 на збиранні зернової кукурудзи (кормбайн John Deere – 9500)

№ випробування	X1 – висота зрізу, см	Y1 – засміченість, %	Z1 – втрати зерна,%
1	5,000	20,000	11,000
2	7,000	17,000	10,000
3	10,000	15,000	10,000
4	12,000	10,000	7,000
5	14,000	8,000	5,000
6	17,000	7,000	4,000
7	20,000	6,000	3,000
8	22,000	5,000	3,000
9	24,000	5,000	2,500
10	25,000	4,000	2,000
11	27,000	3,000	1,500
12	30,000	2,000	1,000

За результатами експерименту, що відтворений поверхнею відгуку на рис.3.4, показано кривизну відносно висоти стерні X1, см; засміченістю обмолоченого зерна кукурудзи у бункері Y1, %; втратами зерна за МСП Z1,%. Умови експерименту – обмолот зернової кукурудзи комбайном John Deere – 9500 з робочою швидкістю руху – 7км/год; та при розгляді подібної поверхні відгуку з випробуванням на зерновій кукурудзі комбайна John Deere – 9600 (рис.3.5), зазначаємо наступне:

Висота зрізу листостеблової маси кукурудзи впливає на продуктивність очистки зернозбиральних комбайнів та на ступінь засміченості бункерного зерна. Якщо, необхідності у листостебловій масі чи її подрібненні з вивезенням з поля не має, то нам полді слід залишати максимальну висоту стерні. В нашому випадку останній показник – 25...30см.

При цьому вся подрібнена та неподрібнена листостеблова маса кукурудзи залишається на полі у якості органічних добрив. А одним з основних характеристик граничного ступеня завантаження молотильно-

сепарувальних органів є величина втрат за МСП та засміченість бункерного зерна.

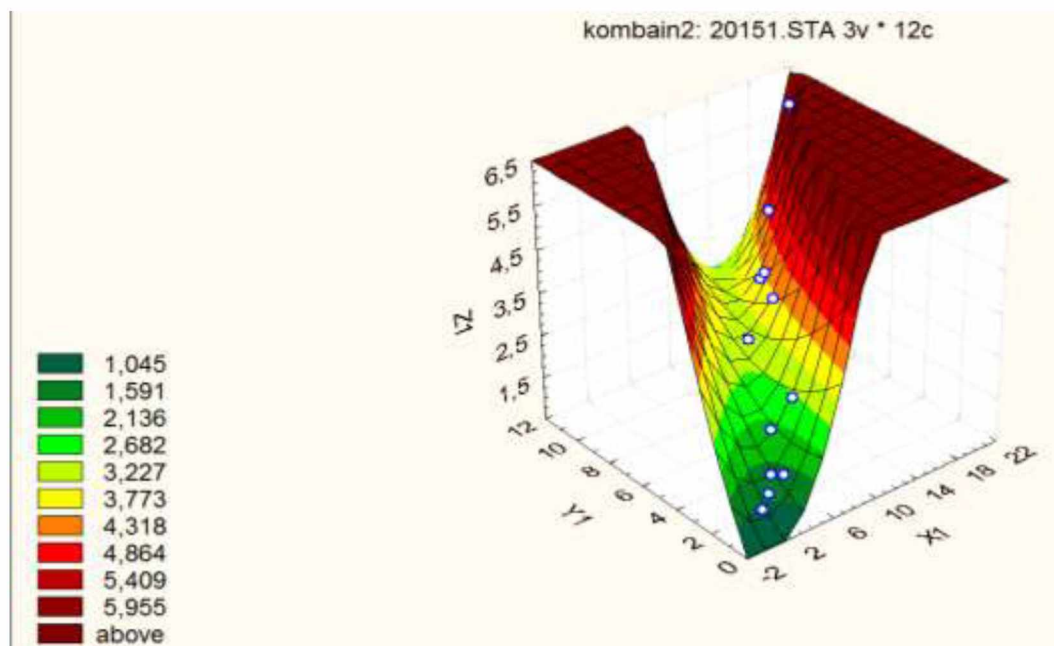


Рисунок. 3.5 – Квадратична поверхня відгуку, що відтворює ступінь впливу між висотою стерні X_1 , см; засміченістю намолоченого зерна Y_1 ,%; та втратами зерна за МСП Z_1 ,% при обмолоті зернової кукурудзи комбайном «JD – 9600» на робочій фіксованій швидкості руху – 7км/год.

Таблиця 3.4 – Експериментальні дані по віднайденню залежностей між висотою стерні, X_1 , зерновими домішками у бункері Y_1 , та втратами зерна за МСП – Z_1 на збиранні зернової кукурудзи комбайном «JD – 9600»

№ випробування	X_1 – висота зрізу, см	Y_1 – засміченість, %	Z_1 – втрати зерна,%
1	1,000	1,000	1,000
2	2,000	1,200	1,200
3	3,000	1,700	1,400
4	4,000	1,600	1,300
5	5,000	2,900	1,900
6	6,000	2,300	2,700
7	7,890	5,900	2,900
8	9,900	5,700	3,700
9	10,70	6,900	3,800
10	12,70	7,900	3,500
11	14,80	8,900	4,500
12	19,80	10,700	6,100

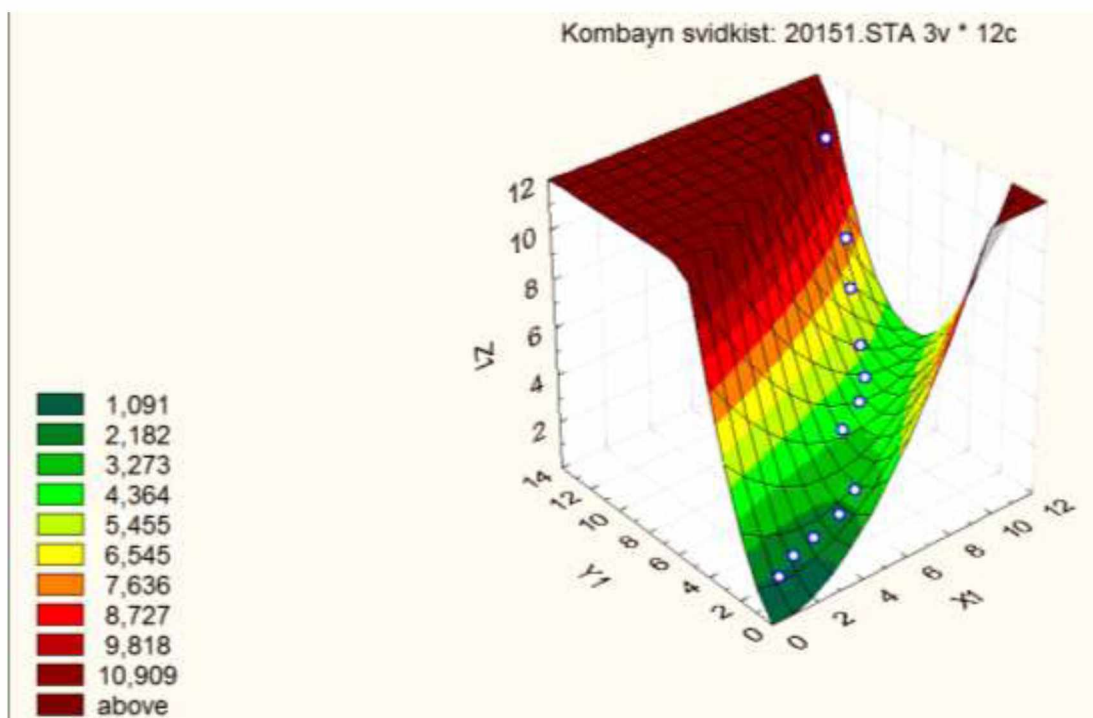


Рисунок 3.6 – Квадратична поверхня відгуку, що показує ступінь впливу між робочою швидкістю руху досліджуваного комбайна – X_1 , см; кількістю домішок у бункерному зерні Y_1 , %; та втратами зерна за МСП Z_1 ,%. (Обмолот зернової кукурудзи, комбайном «JD – 9500» з висотою стерні 10 см)

Таблиця 3.5 – експериментальні значення, що показують ступінь впливу між робочою швидкістю руху досліджуваного комбайна – X_1 , см; домішок у бункерному зерні Y_1 , %; та втратами зерна за МСП Z_1 ,%. (Обмолот зернової кукурудзи, комбайном «JD – 9500» з висотою стерні 10 см)

№ випробування	X_1 – швидкість руху, км/год	Y_1 – засміченість, %	Z_1 – втрати зерна, %
1	1,000	1,000	1,000
2	2,000	1,500	1,200
3	3,000	1,700	1,400
4	4,000	1,500	2,000
5	5,000	1,900	2,400
6	6,000	4,000	3,500
7	7,500	5,000	3,600
8	8,500	6,000	3,800
9	9,000	7,000	4,500
10	10,00	9,000	5,700
11	10,50	10,00	7,200
12	11,00	12,00	10,400

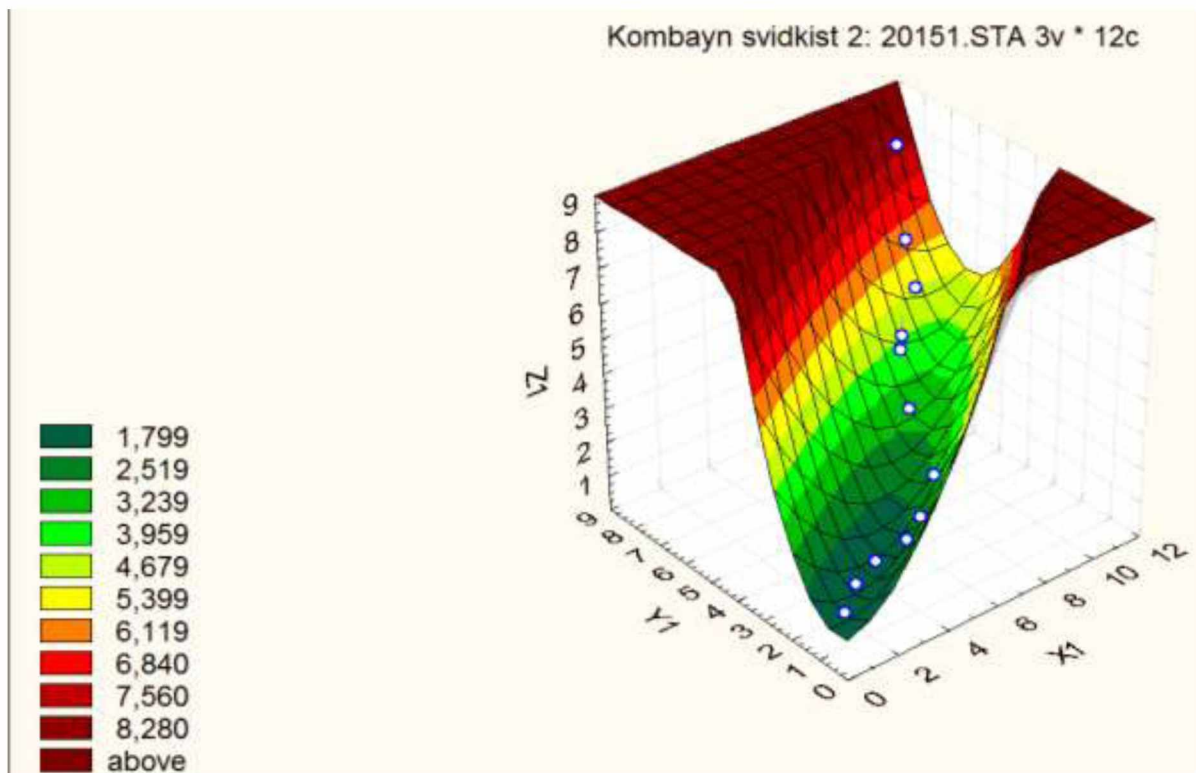


Рисунок 3.7 - Квадратична поверхня відгуку, що показує ступінь впливу між робочою швидкістю руху досліджуваного комбайна – X_1 , см; кількістю домішок у бункерному зерні Y_1 , %; та втратами зерна за МСП Z_1 , %. (Обмолот зернової кукурудзи, комбайном «JD – 9600» з висотою стерні 10-12 см)

Таблиця 3.8 - експериментальні значення, що показують ступінь впливу між робочою швидкістю руху досліджуваного комбайна – X_1 , см; величиною домішок у бункерному зерні Y_1 , %; та втратами зерна за МСП Z_1 ,% на обмолоті зернової кукурудзи, комбайном «JD – 9600» з висотою стерні 10-12 см

№ випробування	X_1 – швидкість руху, км/год	Y_1 – засміченість, %	Z_1 – втрати зерна, %
1	1,000	1,000	1,000
2	2,000	1,500	1,200
3	3,000	1,700	1,400
4	4,000	1,500	1,800
5	5,000	1,900	1,900
6	6,000	2,300	2,600
7	7,500	4,500	2,900
8	8,500	5,700	3,700
9	9,000	6,100	3,800
10	10,00	6,500	4,700
11	10,50	7,300	5,600
12	11,00	8,100	7,800

Порівнюючі поверхні відгуку рис. 3.6 та рис 3.7 можна зазначити: для обох комбайнів «JD – 9500» та «JD – 9600» оптимальна швидкість руху на обмолоті зернової кукурудзи складає 7 км/год.; висота стерні – 20-25 см, допустимі втрати зерна за МСП – 2%.

За умов приведеної пропускної спроможності відносно ширини молотарки на зернозбиральних комбайнах «JD – 9500» та «JD – 9600» маємо чистіше бункерне зерно на моделі «JD – 9600» (знаження ступеня засміченості до 1,2...2%). Така ситуація пояснюється більшим відпрацьованим ресурсом зернозбирального комбайна «JD – 9500» та кращими конструкційними рішеннями МСП на зернозбиральній комбайні «JD – 9600».

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Екологічна експертиза

Одною з основних стратегій щодо проведення екологічних експертиз проектів є розроблення системи заходів, що запобігають і попереджують дію шкідливого впливу від впровадження промислових проектів виробництвом людини.

При проведенні екологічної експертизи оцінюється ступінь екологічної безпеки та стану навколишнього середовища відносно екологічних норм по визначених об'єктах. [32].

В нашій країні основними видами екологічних експертиз є державні екологічні експертизи, громадські екологічні експертизи, інші екологічні експертизи.

Результати державних екологічних експертиз оформлюються висновками, в яких зазначають обов'язкові до виконання вимоги.

Якщо екологічну експертизу проведено громадськими чи іншими недержавними організаціями, то такі висновки мають рекомендаційний характер.

Якщо тематика нашого дослідження актуальна в аспектах покращення операційних технологій вирощування та збирання зернової кукурудзи у промислових масштабах, то в такому випадку також необхідно здійснити аналіз можливих шкідливих виробничих факторів щодо їх екологічності та розробити заходи по максимальному усуненню таких факторів.

Нами рекомендовано при плануванні операційних технологій по основному, передпосівному обробітку ґрунту та здійсненні просапної культивуації використовувати трактори на гісеничних рушіях: ХТЗ-200, ДТ-75М, Т-70С, ХТЗ-130 та трактори фірм JOHN DEERE, Caterpillar, NEW HOLLAND з гумотросовою гусінню.

Таблиця 4.1 – Альтернативний високотехнологічний та високопродуктивний зернозбиральний комбайн, спроектований за умовою екологічності щодо збереження родючості ґрунту.

Tribine T-1000 (URL: <https://tribine.com/#top>)



Кількість дизельних двигунів - 2

Сумарна потужність двигунів – 650 hp/485 kW

Місткість паливного баку – 1893 л

Час роботи комбайна без дозаправки – 18 годин

Діаметр ротора – 970 мм

Ширина похилої камери – 1680 мм

Кут обхвату ротора - 270°

Площа обмолоту – 2,30 м²

Площа сепарації – 2,30 м²

Площа очистки – 8,58 м²

Місткість зернового бункера – 35,239 м³

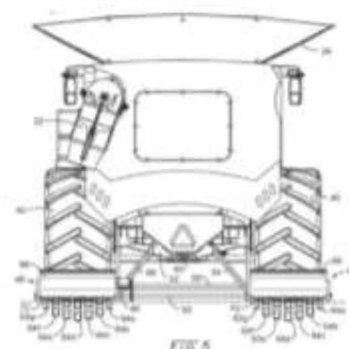
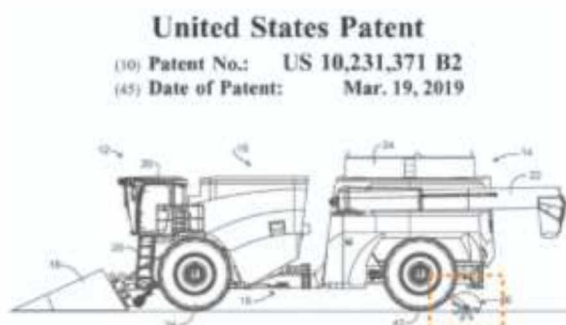
Продуктивність вивантажувального шнека бункера – 300 л/с

Конструктивна маса – 24,494 кг

Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – вантажний автомобіль на дорозі чи краю поля



Інновації, направлені на органічне землеробство та збереження гумусу – фреза за рушіями для розпушування колії



Колісні трактори при цьому рекомендовано дообладнати спареними колесами.

Доцільно використовувати високопотужні енергетичні засоби, тому що в такому разі можливо пвідбирати широкозахватні агрегати, що зменшує щільність колій на полях.

Сучасні промислові технології вирощування та збирання зернової кукурудзи повинні бути направлені не тільки на збільшення продуктивності машинно-тракторних агрегатів але й на збереження родючоті ґрунтів.

Якщо ми розглядаємо бiль детально обмолот зернової кукурудзи, то щодо високопродуктивним та екологічно спрямованим зернозбиральним комбайном може бути модель **Tribine T-1000** (URL: <https://tribine.com/#top>). Така модель спроектована з урахуванням сучасних вимог аграрного ринку до високопродуктивної зернозбиральної техніки та може бути дооснвцєня фрезами перемінної глибини для розпушення власної колії безпосередньо під час збирання врожаю.

Суміщення останніх операційних технологій дає змогу зберегти вологу у ґрунті та виключити ущільнення поверхневого шару машинно-тракторними агрегатами – зерновозами.

Технологія такого комбайнового збирання максимально підходить до впровадження ґрунтозахисних елементів: безвідвальний обробіток, мульчування, використання сидеральних добрив та технологічних решток рослин-попередників, технологій стрічкового обробітку ґрунту.

Велику шкоду навколишньому середовищу приносить широке використання хімічних засобів по захисту рослин. Пестициди широко використовуються при індустриальній технології вирощування сільськогосподарських культур. Нами пропонується замінити хімічні засоби боротьби з шкідниками, хворобами та бур'янами, а саме досходовий та післясходовий обробіток агрегатами ЗБЗСС-1,0, ШБ-2,5, УСМК-5,4.

Не можемо не акцентувати також особливу увагу на впровадженні сучасних підходів до ультраощадного дозованого внесення засобів захисту

рослин. З цією метою можливо застосовувати прикореневе локальне внесення пестицидів з точним дозуванням і концентрацією діючих речовин, елементи систем «точного землеробства», ромислові дрони-обприскувачі.

Сучасні системи моніторингу та сучасні засоби виробництва у зернопродуктовому підкомплексі дають змогу вчасно і якісно виконувати всі операційні технології по вирощуванню та збиранню зернової кукурудзи, та відповідати нотмам екологічності технологій.

4.2. Охорона праці

Основними функціональними аспектами щодо здійснення системи заходів з охорони праці на підприємствах агропромислового комплексу є прогнозування з метою попередження розвитку аварій та нещасних випадків визначення шкідливих виробничих факторів та їх усунення. Також системи управління охороною праці на аграрних підприємствах направлені на створення, розвиток та удосконалення комфортних для персоналу умов на робочих місцях та умов праці.

Відповідно до ст. 13 Закону України „Про охорону праці” роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці (СУОП) аментується нормативно-правомими документами і законодавчими актами.

Щодо нашого випадку, з яким більш пов'язана тема магістерського дослідження, то розглянемо операційну технологію обмолоту зернової кукурудзи та роботу механізаторів на зернозбиральних комбайнах.

Допуск щодо управління та роботи на зернозбиральній техніці можуть отримати лише працівники, які пройшли курс спеціальної підготовки та навчання, отримали відповідну кваліфікацію, здали екзаменаційні випробування з теоретичної підготовки та практичного водіння. Такі особи повинні мати вік не менше вісімнадцяти років. За результатами навчання працівники отримують посвідчення тракториста- машиніста з дозволами роботи на зернозбиральних комбайнах. [16].

До початку збиральних робіт, в тому числі і перед виїздом у поле для обмолоту зернової кукурудзи, фахівцям з охорони праці необхідно провести великий комплекс організаційно-технічних та підготовчих робіт.

Основними з таких робіт є перевірка зернозбиральної техніки на вимоги з охорони праці, пожежної безпеки та технічної справності і комплектності.

Основних робітників – операторів машин і обладнання збирального комплексу і водіїв вантажних автомобілів та допоміжний обслуговуючий персонал необхідно забезпечити повнокомплектним новим набором спеціального одягу і взуття.

Заборонено знаходження стороннієї осі на машинно-тракторних агрегатах, комбайнових агрегатах під час здійснення транспортних, навантажувально-розвантажувальних чи збиральних робіт.

Керування будь-якою сільськогосподарською технікою, в тому числі зернозбиральними комбайнами та автомобілями в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння категорично не допускається та несе за собою адміністративну чи кримінальну відповідальність.

Щодо самопочут

У випадках недомагання необхія працівників, то у випадках недомагання необхідно одразу зупинити машинно-тракторний агрегат чи комбайн чи автомобіль, звернутися за допомогою, в тому числі і до лікаря, повідомити посадову особу.

На кожному мобільному енергетичному засобі повинна бути укомплектована та перевірена щодо терміну придатності медичних препаратів аптечка.

Позитивною розповсюдженою та життєво необхідною практикою останніх часів є навчання працівників аграрних підприємств навичкам надання першої домедичної допомоги.

Якщо робота збирального комплексу проходить у непередбачуваних погодно-кліматичних умовах, то треба чітко навчати та інформувати операторів сільськогосподарської збиральної техніки, що під час виникнення дощу чи

грози, роботу комбайнів зупиняють, агрегати виїжджають з поля. Також заборонено працювати під високовольтними лініями електричних мереж.

Щодо безпосередньо початку зміни, то при щозмінному технічному обслуговуванні в обов'язковому³ порядку перевіряється загальний стан зернозбиральної техніки, комплектність та цілісність огорожувальних щитків, кожухів та пристосувань. Якщо таке обладнання відсутнє, то комбайн вважається несправним і таким, що не відповідає нормам з охорони праці. Виконувати операційні техеолгії на такому комбайні заборонено.

Також необхідно звернути особливу увагу та перевірити технічну справність рульового керування, технічну справність основної гідравлії системи та системи гідростатичного приводу. Такі операції значно полегшать та унебезпечать виробничі процеси обмолоту зерна.

Після запуску двигуна необхідно звернути увагу та перевірити системи комп'ютерного контролю та автоматичного управління процесом обмолоту робочими органами зернозбирального комбайна.

Якщо оператор на комбайні приготувався здійснювати рух, то перед початком руху необхідно подати звуковий сигнал та переконатися у безпечності руху.

Під час виконання техенологічних операцій з очищення та регулювання робочих органів зернозбирального комбайна, особливу увагу слід приділяти моментам де мають місце гострі елементи – сегменти різального апарату, граблини мотовила, ножі подрібнювача соломи... Очищення таких робочих органів необхідно здійснювати спеціальним інструментом чи технологічними гачками.

Сучасні зернозбиральні комбайни, як і інша сільськогосподарська техніка підвищеної складності, обладнана гідростатичною трансмісією. Тому виконання буксування таких машин при увімкненому важелі коробки діапазонів заборонено.

Заборонено під час роботи зернозбирального комбайна знаходитися у зоні розкидання чи вивантаження соломи подрібнювачем чи копнувачем.

Якщо операторами сільськогосподарські техніки чи допоміжними працівниками виявлено зайви нехарактерні шуми, звуки, почути диму, сторонніх запахів, ознаки підвищеного нагрівання робочих органів, то роботу на сільськогосподарських машинах зупиняють, відмови машин та причини таких ситуацій усувають.

Якщо ж, нещасний випадок таки відбувся, то працівникам збирального комплексу необхідно вжити заходів для отримання допомоги.

Місця аварій чи місця, де відбувся нещасний випадок, слід залишити у незміненому стані. Такі заходи слід вжити для об'єктивної оцінки ситуації, що склалася на виробництві, комісією з розслідування нещасного випадку.

Якщо вимоги останнього пункту виконати неможливо, то необхідно зробити детальну схему, де задокументувати місце виникнення аварії та потерпілого.

Таким чином, щодо аналізування шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні операційної технології обмолоту зернової кукурудзи, то слід розподілити такі умови на відповідні групи:

- групи небезпек, пов'язані з виробничим обладнанням;
- групи небезпек, пов'язані з конструкційними недоліками вузлів та агрегатів сільськогосподарської техніки;
- групи небезпек, пов'язані з організацією робочого місця;
- групи небезпек, пов'язані з кваліфікаційними вимогами працівників.

Щодо подальшого удосконалення умов праці збирального комплексу при роботі на обмолоті зернової кукурудзи, то треба посилити контроль за станом здоров'я механізаторів та допоміжних працівників шляхом здійснення ретельного медичного огляду перед початком робочої зміни. Також обладнати робочі місця з підвищеним рівнем безпеки відповідними попереджувальними інформаційними надписами, позначками, застереженнями. Зона для паління повинна бути обгороджена у пожегобезпечному місці.

4.3. Економічне обґрунтування елементів удосконалення операційної технології обмолоту зернової кукурудзи

Під час розрахунку очікуваного економічного ефекту результати випробувань приймають під час проведення виробничої перевірки інновацій. [27,28].

Річний очікуваний прогнозований економічний ефект, розраховуємо за формулою [2]:

$$\mathcal{E} = [(C_{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{б}}) - (C_{\text{н}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}})] \cdot A_{\text{н}}, \quad (4.1)$$

де \mathcal{E} – Річний економічний ефект, грн.; $C_{\text{б}}$; $C_{\text{н}}$ – собівартість одиниці продукції або виконаних робіт за базовим та новими варіантами, грн.; $K_{\text{б}}$; $K_{\text{н}}$ – питомі капітальні вкладення відповідно до базового та нового варіанту, грн.; $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_{\text{н}} = 0,15$; $A_{\text{н}}$ – виробнича програма планового замовлення чи використання інноваційних технологій за результатами науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт, розробки елементів нової техніки, впровадження винаходів, впровадження корисних моделей; показники приймаються у розрахунковому періоді в кількісних одиницях.

Співставні складові відносно структури собівартості одної тони зерна просапних культур подано формулою [2]:

$$C = C_{\text{пр}} + C_{\text{накл}}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прямі виробничі затрати, грн.; $C_{\text{накл}}$ – накладні затрати, грн.

Прямі затрати на виробництво розглядаються як сума [2]:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пр.експл.}} + C_{\text{авто}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{а.сп.}} + C_{\text{обсл.сп.}} + C_{\text{інш.}} + C_{\text{об}}, \quad (4.3)$$

де: $C_{\text{пр.експл.}}$ – прямі експлуатаційні затрати, грн.; $C_{\text{авто}}$ – затрати на транспортні додаткові перевезення щодо очищення, зберігання та продажу гтової продукції технічних культур, грн.; $C_{\text{ен}}$ – вартість електроенергетичних носіїв, які використовуються з метою проведення очищувальних операцій, операцій по зберіганню та продажу сільськогосподарської продукції, грн.; $C_{\text{а.сп.}}$ – амортизація виробничих потужностей та споруд, грн.; $C_{\text{обсл.сп.}}$ – вартість

поточних ремонтів та вартість технічного і технологічного обслуговування виробничих потужностей грн.; $C_{інш}$ – запланована вартість інших витрати, грн.; $C_{об}$ – витрати на оборотні засоби, без вартості ПММ (насіння, добрива, отрутохімікати...), грн.

Прямі експлуатаційні затрати є сумою [2]:

$$C_{пр.експл} = C_{з.п} + C_{гсм} + C_{ам} + C_{то,тр} + C_{ін.е.}, \quad (4.4)$$

де: $C_{з.п}$ – обсяг заробітної плати та додаткових нарахувань на заробітну плату щодо механізаторів та обслуговуючого персоналу виробничих підрозділів грн.; $C_{гсм}$ – вартість енергетичних носіїв та нафтопродуктів – паливо, бензин, мастила, грн.; $C_{ам}$ – відсоток амортизації сільськогосподарських машин, грн.; $C_{то,тр}$ – відрахування на витрати на технічні обслуговування та поточні ремонти сільськогосподарських машин, грн., $C_{ін.е}$ – інші витрати експлуатаційного спрямування, грн.

Відсоток накладних витрат - $C_{накл}$, рекомендується приймати в межах 30...35% відносно суми прямих експлуатаційних витрат.

Термін окупності основних капіталовкладень, відносно планування процесів використання нової сільськогосподарської техніки, та додаткових капіталовкладень можливо розрахувати за наступними формулами [2]:

$$T = K_n / П(Чд)_н; \quad (4.5)$$

$$T_1 = K_{доп} / \Delta П(Чд)_н, \quad (4.6)$$

де T та T_1 – відповідно терміни окупності запланованих та додаткових капіталовкладень у роках; K_n – питомий обсяг планових капітальних вкладень в проектному випадку, грн/т;

$K_{доп}$ – додаткові капітальні вкладення відносно нової техніки, грн; $П(Чд)_н$ – прибуток, що планується від впровадження нового варіанта технологій, грн.; $\Delta П(Чд)_н$ – плановий приріст прибутку, відносно розрахункового періоду від впровадження нової техніки, грн.

Рівень рентабельності виробництва нової продукції: ($Ур, \%$) визначається співвідношенням прибутку в новому варіанті $П(Чд)_н$ до капітальних вкладень (K) у відсотках [2]:

$$U_p = \frac{P(\text{Чд})_n \cdot 100\%}{K}. \quad (4.7)$$

Цей показник порівнюють з базовим рівнем рентабельності існуючих технологій.

Таблиця 4.2 – результати розрахунку економічної ефективності порівнюваних варіантів зернозбиральних комбайнів

Показники економічної ефективності	Базовий варіант зернозбирального комбайна John Deere - 9600	Удосконалений варіант зернозбирального комбайна John Deere - 9600
Собівартість 1 т зерна, грн.	2900	2830
Додаткові капітальні вкладення, грн.	0	9200
Планове річне завантаження одного комбайна, т	1000	1000
Закупівельна ціна (ціна реалізації) 1 т зерна, грн.	5500	5500
Зниження собівартості, грн./т		70
Плановий приріст прибутку від зменшення втрат зерна та зменшення подрібненого зерна, грн./рік		55000
Термін окупності, років		На протязі року
Плановий річний економічний ефект, грн.		51920

Результати розрахунків основних економічних показників за описаної вище методики для комбайнів John Deere – 9600 - базовий варіант та варіант з покращеними технологічними регулюваннями та системою автоматичного регулювання висоти зрізу стебел кукурудзи містить таблиця 4.2. Плановий економічний ефект очікується у розмірі 51920 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Щодо вітчизняного галузевого машинобудування, то більш масова програма виробництва зернозбиральної техніки була здійснена АТ херсонським машинобудівним заводом (ХМЗ). Тут виробляються зернозбиральні комбайни марок «Скіф» та «Славутич». Менш широкого

поширення набули комбайни «Лан» - виробництва заводу в Александрії (Автоштамп) та «Обрій» - виробництва заводу ім. Малишева.

2. За причиною низької продуктивності, а головне – низької технічної та технологічної надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів, ринок України заповнили як нові, так і ті, що були у вжитку, зернозбиральні комбайни відомих закордонних фірм: Case IH, New Holland, John Deere, CLAAS, Ростсельмаш, AGCO, Challenger, Laverda, «ПАЛЕССЕ» та інші.

3. За спостереженнями щодо рівня використання зернозбиральної техніки в більшості аграрних підприємства Полтавської області, можливо зазначити, що для агровиробників з розвинутим зернопродуктовим підкомплексом - площа під зернові та технічні культури до 500 га, середня урожайність зернових культур – до 4т/га, доцільно використовувати зернозбиральні комбайни середньої продуктивності (до 20т/год) з класичною схемою побудови молотарки (тангенційним молотильним барабаном).

4. Зернозбиральні комбайни підвищеної продуктивності та потужності зі складними гібридними схемами обмолоту, широкозахватними жниварками (до 12м і більше), рекомендовано для великих агропромислових підприємств, з посівними площами, що перевищують 3000 га, з середньою урожайністю по зерну понад 5000кг/га

5. При використанні різних методичних та методологічних складових на основі методів математичного моделювання, можливо зазначити: отримані результати розрахунків за критеріями Байеса, Лапласа, Гурвіца, «максімакс», Вальда, Севіджа – перевагу в порівнюваних технологіях отримав варіант А5 – сільськогосподарська техніка для вирощування та збирання зернової кукурудзи, де прогноуються мінімально можливі приведені витрати. Наближеними до оптимуму є альтернативи з технологічними системами сільськогосподарських машин А2 – тут переважає паливна економічність та А3 – техніка для виробництва зернової кукурудзи зкомплектована за умови отримання мінімуму по собівартості виробництва.

6. На основі аналізу отриманих лінійних регресійних залежностей, зазначаємо, що продуктивність досліджуваних моделей зернозбиральних комбайнів обмежується співвідношеннями зернової маси до маси незернової частини врожаю та робочою швидкістю руху на збиранні врожаю сільськогосподарських культур. При цьому робоча швидкість руху прямо пропорційна пропускній спроможності молотильно-сепарувального пристрою. При проведенні експериментальних випробувань робоча швидкість руху зернозбирального комбайна обиралась у відповідності з агротехнічними вимогами (5км/год...6 км/год). Ми отримали, що на дрібнозернових сільськогосподарських культурах ступінь зміни висоти зрізу безпосередньо впливає у розрізі співвідношень кількості дрібного і грубого вороху.

7. Порівнюючі отримані квадратичні поверхні відгуку двофакторного експерименту можна зазначити: для обох комбайнів «JD – 9500» та «JD – 9600» оптимальна швидкість руху на обмолоті зернової кукурудзи складає 7 км/год.; висота стерні – 20-25 см, допустимі втрати зерна за МСП – 2%. За умов приведеної пропускної спроможності відносно ширини молотарки на зернозбиральних комбайнах «JD – 9500» та «JD – 9600» маємо чистіше бункерне зерно на моделі «JD – 9600» (знаження ступеня засміченості до 1,2...2%). Така ситуація пояснюється більшим відпрацьованим ресурсом зернозбирального комбайна «JD – 9500» та кращими конструкційними рішеннями МСП на зернозбиральній комбайні «JD – 9600».

8. Якщо ми розглядаємо більш детально обмолот зернової кукурудзи, то щодо високопродуктивним та екологічно спрямованим зернозбиральним комбайном може бути модель **Tribine T-1000** (URL: <https://tribine.com/#top>). Така модель спроектована з урахуванням сучасних вимог аграрного ринку до високопродуктивної зернозбиральної техніки та може бути дооснащена фрезами перемінної глибини для розпушення власної колії безпосередньо під час збирання врожаю. Суміщення останніх операційних технологій дає змогу зберегти вологу у ґрунті та виключити ущільнення поверхневого шару машинно-тракторними агрегатами – зерновозами. Технологія такого

комбайнового збирання максимально підходить до впровадження ґрунтозахисних елементів: безвідвальний обробіток, мульчування, використання сидеральних добрив та технологічних решток рослин-попередників, технологій стрічкового обробітку ґрунту.

9. Основними функціональними аспектами щодо здійснення системи заходів з охорони праці на підприємствах агропромислового комплексу є прогнозування з метою попередження розвитку аварій та нещасних випадків визначення шкідливих виробничих факторів та їх усунення. Також системи управління охороною праці на аграрних підприємствах направлені на створення, розвиток та удосконалення комфортних для персоналу умов на робочих місцях та умов праці.