

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 технології виробництва зерна озимої пшениці шляхом оптимізації комплексу машин з урахуванням імовірності втрат врожаю»

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

спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності

Ступеня вищої освіти «магістр» групи 1
Загрудний Віктор Віталійович

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Бурлака О. А.

Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Яхін С. В.

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Дана випускна дипломна робота має архітектоніку, основною частиною якої є розрахункові перспективні технологічні карти з удосконаленими технологіями обмолоту зерна озимої пшениці.

В роботі проведено оглядові дослідження щодо сучасних високопродуктивних зернозбиральних комбайнів – лідерів світового комбайнобудування.

Збиральні комплекси сільськогосподарських машин та обладнання було підбрано та обґрунтовано з визначеними та описаними технічними, технологічними, екологічними та економічними характеристиками.

При цьому, в даному дослідженні, при виборі зернозбиральної техніки, акцент був особливо підсилений щодо екологічності збиральних технологій.

Заплановані та проведені експериментальні дослідження спрямовані на визначення параметрів технологічної наладки молотильно-сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів при виконанні операційної технології обмолоту озимої пшениці. Пояснювальна записка роботи має, відповідні до методичних рекомендацій з дипломного проектування, розділи і пункти. Графічна частина містить 9 слайдів.

Об'єктом дослідження дипломної роботи рівня магістр являються різноманітні сучасні зернозбиральні комбайни, як відомих світових виробників і брендів, так і зернозбиральні комбайни вітчизняного виробництва. Тобто, в нашому випадку, зернозбиральний комбайн розглядається як ключова підсумкова центральна складова сучасних технологій зерновиробництва.

При розробці технологічних карт враховані агрокліматичних ризики щодо втрат врожаю.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, КОМБАЙН , ОЗИМА ПШЕНИЦЯ, РИЗИКИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ, ЕКСПЕРИМЕНТ

ВСТУП

Актуальність теми. Обрана тема в нашій дипломній роботі «Удосконалення технології виробництва зерна озимої пшениці шляхом оптимізації комплексу машин з урахуванням імовірності втрат врожаю» має високу актуальність за причиною того, в сучасному світі проблеми забезпечення людства продуктами харчування тільки підсилюються, а постійне підвищення конкурентоспроможності зернопродуктового підкомплексу - стратегічне питання харчової безпеки країни.

Мета дослідження: покращення складових технологічних операцій щодо збирання зерна ранніх зернових культур, зокрема пшениці озимої, при прогнозуванні ситуацій з можливими втратами врожаю в агропромислових підприємствах.

Задачі дослідження:

1. Виконати низку оглядових пошукових досліджень по інноваційним передовим засобам виробництва для виконання комплексу збиральних робіт ранніх зернових культур;
2. Здійснити теоретичні розрахунки основних елементів системи технологічних операцій по вирощуванню та збиранню озимої пшениці.
3. Планування програми експериментального дослідження скорегувати за умови віднайдення кращих цифрових значень технологічно-технічних регулювань молотильно-сепарувальної системи зернозбирального комбайна при здійсненні прямого комбайнування озимої пшениці.
4. Підібрати сільськогосподарську техніку для комплексу по проведенню збиральних робіт на ранніх зернових культурах, зокрема пшениці озимої, з урахуванням енергетичних, екологічних та економічних оптимізаційних параметрів.
5. Надати та обґрунтуванні систему пропозицій по виробничому впровадженню результатів проведених досліджень дипломної роботи.

Об'єкт дослідження – Сучасна зернозбиральна сільськогосподарська техніка, зокрема самохідні зернозбиральні комбайни, що використовуються для проведення технологічних операцій обмолоту зерна озимої пшениці як прямим, так і роздільним комбайнуванням.

Предмет дослідження: конструкційно-технологічні, економіко-екологічні основні параметри і характеристики сучасної зернозбиральної сільськогосподарської техніки.

Методи дослідження: виконання даної випускної дипломної роботи магістерського рівня освіти проведено за допомогою оглядових дослідницьких методів, порівнювальних методів, методів математичного моделювання, методів обробки статистичної інформації, експериментальних методів щодо планування та проведення двофакторних дослідів.

Теоретична та практична значущість виконаних за тематикою дипломної роботи наукових досліджень:

- Проведено низку досліджень оглядового та пошуково-описового характеру по визначенню надпродуктивних зернозбиральних комбайнів, пропонованих на світових ринках сільськогосподарської техніки.

- Проведено порівняльні дослідження систем технологічних операцій щодо вирощування та збирання озимої пшениці в сучасних умовах агрокліматичного стану сільськогосподарських підприємств Полтавського регіону.

- Здійснено перевірку якості алгоритмів віднайдення оптимальних технологічних режимів налагоджування молотильно-сепарувальної системи зернозбиральних комбайнів ДОН-1500Б та КЗС-9-1 «Славутич», що в наш час рекомендовані для використання у невеликих фермерських господарствах.

- проведено екологічну, економічну та безпекову, відносно вимог з охорони праці в аграрних підприємствах, оцінку доцільності виробничого впровадження частини висновків і пропозицій за даною дипломною роботою.

1. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Актуальність обраного напрямку досліджень

Запропонована проблематика випускної дипломної роботи пов'язана з вибором та техніко-технологічним обґрунтуванням системи сільсько-господарської техніки для проведення комплексу збиральних робіт по обмолоту зерна та переробці незернової частини врожаю озимої пшениці.

Також, в первинних умовах магістерського дослідження ставиться завдання щодо пошуку оптимального організаційно-технічного рішення яке необхідно прогнозувати у випадку настання на виробництві того чи іншого аграрного ризику.

На економічну ефективність промислових технологій по вирощуванню та збиранню зерна озимої пшениці впливає співвідношення: виробничі витрати на здійснення повного комплексу механізованих робіт - урожайність сільськогосподарської культури – ціна реалізації зерна на продовольчих ринках.

В умовах сьогодення усереднені значення щодо валової врожайності озимої пшениці у нашій країні набагато менше в порівнянні з такими показниками провідних розвинутих європейських країн.

Крім того, в останні часи, спостерігається тенденція до зменшення врожайності озимої пшениці за причиною зміни клімату, визваного глобальним потеплінням; виснаженням родючості ґрунтів; за причиною дефіциту та погіршення кількісних та якісних аспектів наявної сучасної сільськогосподарської техніки в аграрних підприємствах України.

Багато сільськогосподарської техніки, що використовується у виробничих системах вирощування та збирання ранніх зернових культур, використовуються аграрними підприємствами досить довготривалий період і являються не тільки фізично зношеними, але й морально застарілими.

За результатами, поданими у наукових звітах УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, обґрунтовано усереднений нормативний обсяг збиральних робіт відносно вітчизняної зернозбиральної техніки, продуктивністю 10...15т/год. (вітчизняні зернозбиральні комбайни типу КЗС-9-1 «Славутич»). Такий обсяг встановлений у межах 160...170 га.

Але, в останній час в Україні працює близько 3000 вітчизняних зернозбиральних комбайни. А таких комбайнів необхідно близько 54 000шт. Тому ринок запропонував інше рішення - використання нової та бувшої у вжитку зернозбиральної техніки світових виробників (John Deere, Claas, Massey Ferguson, Case, New Holland...).

Отже, проблемам забезпечення зернопродуктового підкомплексу сучасними високопродуктивними зернозбиральними комбайнами та проблема впровадження інноваційних технологій у зерновиробництві с часом тільки посилюють свою актуальність.

1.2. Огляд парку сучасних високопродуктивних зернозбиральних комбайнів

За останні два десятиріччя середня потужність силових агрегатів та продуктивність молотильно-сепарувальних систем (МСС) самохідних зернозбиральних комбайнів виробництва відомих світових фірм, має чітку виражену тенденцію до стрімкого зростання - у 4...5 разів.

Крім того пришвидшено впроваджуються інновації щодо конструкційних елементів та робочих органів МСС та зернозбиральних комбайнів у цілому.

Домінуючим проривом в такому аспекті стало запровадження цифрових технологій при створенні та удосконаленні систем автоматичного контролю та регулювання механізмів проходження технологічних процесів обмолоту зерна.

Збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, особливо у зерновому підкомплексі, пов'язано з постійно зростаючим попитом на продукти харчування у світі.

Можливо відмітити, що в більшості розвинутих сільськогосподарських промислових підприємствах України перевагу віддають парку зернозбиральних комбайнів виробництва провідних світових брендів.

Сучасному агропромислому бізнесу важливий кінцевий надійний результат по вирощуванню та збиранню озимої пшениці, тому і сільськогосподарська техніка для промислових обсягів зерновиробництва, що постійно збільшуються, повинна відрізнятися підвищеною надійністю та якістю виконання операційних механізованих технологій. Такі вимоги є суттєвими при виборі сучасних зернозбиральних комбайнів.

Розглянемо основні флагманський моделі сучасного світового комбайнобудування.

Потужний виробник сільськогосподарської техніки - фірма *CLAAS* запропонувала високопродуктивну машину нового покоління - комбайн «Claas lexion 8900 terra trac» (табл.1.1).

Яскравою відзнакою зернозбиральних комбайнів Claas lexion є застосування конструкції молотильно-сепарувального пристрою у сукупності трьох класичних молотильних барабанів-сепараторів та двох аксіально змонтованих роторних сепарувальних систем грубого вороху - «aps hybrid system = aps + roto plus».

Значною перевагою використання зернозбиральних комбайнів з такими системами обмолоту та сепарації зерна є якісна робота комбайна як на рівних ділянках поля, так і на косогорах. Активна посилена сепарація молотарок «hybrid system» має певний ступінь надійності та гарно себе зарекомендувала на високоврожайних промислових посівах зернових культур.

Таблиця 1.1 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Claas lexion 8900 terra trac та один з інноваційних векторів компанії Claas

Claas lexion 8900 terra trac (URL: https://www.claas-group.com/)	
	
<p>Потужність двигуна максимальна – 790 hp/580 kW Діаметр основного молотильного тангенційного барабану – 755 мм Місткість бункера – 18000л Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 180 л/с Кількість роторів – 2 Кількість дек роторів - 6 Діаметр ротора – 455 мм Довжина ротора – 4200 мм Площа очистки – 6,2м² Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1700 мм Конструктивна маса – 22400кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії направлені на створення сільськогосподарських машин-роботів. Компанія CLAAS заснувала спільне підприємство та почала наукові дослідження зі стартапом AgXeed B.V. Метою є спільна розробка автономних сільськогосподарських машин-роботів.</p>	

Номінальну потужність силового дизельного двигуна в такій моделі доведено до значення 790 кінських сил.

З досвіду використання зернозбиральних комбайнів Claas Ixion попередніх моделей в Україні, можливо зазначити, що молотильно-сепарувальна система сепарації зерна, що застосована на таких сільськогосподарських машинах, відрізняється підвищеною складністю, потребує високого рівня технічних та технологічних знань, навичок щодо використання та обслуговування, відносно дорога в технічному обслуговуванні та ремонті.

Але продуктивність представленої моделі досягає на збиранні зерна озимої пшениці 80...90 т/год. Така висока продуктивність потребує і збільшеного об'єму зернового бункера – 18м³.

Повноцінне використання зернозбирального комбайну Claas Ixion 890 у складі збирального комплексу досягається включенням у систему збиральних машин перевантажувального зерновоза.

Ширина жнивarki для збирання озимої пшениці та інших ранніх зернових культур складає 12 метрів.

З метою зменшення питомого тиску на ґрунт поля використано систему напівгусеневого ходу «terra trac».

Операції по технологічній налагодці робочих органів молотильно-сепарувальної системи зернозбирального комбайну «Claas Ixion 8900 terra trac» виконуються автоматично за попередніми програмними налаштуваннями власних комп'ютерних систем та засобів діагностики.

Ефективне використання таких зернозбиральних машин є при впровадженні у сільськогосподарському підприємстві організаційно-моніторингової системи «точного землеробства».

Більш дешевою альтернативою зернозбиральної техніки фірми Клаас є зернозбиральні комбайни компанії New Holland.

Такі машини досить розповсюджені у сільськогосподарських аграрних підприємствах України. На наш час надпотужною моделлю виступає - New Holland CR 9.80. Дана модель має аксіально-роторну молотильно-сепарувальну систему (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна New Holland CR 9.80 та один з інноваційних векторів компанії New Holland

New Holland CR 9.80 (URL: https://agriculture.newholland.com/)	
	
<p>Потужність двигуна номінальна – 530 hp/390 kW Місткість паливного баку – 1000л Місткість бункера – 12500л Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 126 л/с Кількість роторів – 2 Діаметр ротора – 559 мм Довжина ротора – 2638 мм Площа очистки – 6,5 м² Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1560 мм Конструктивна маса – 19623 кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії направлені на створення сільськогосподарських машин-роботів - Безпілотний трактор New Holland NH Drive</p>	

Якщо це також так звана, «флагманська модель» то основною метою її створення є максимальна виробнича потужність та продуктивність на збиранні різноманітних зернових культур.

В такому варіанті молотильно-сепарувальна система представлена технологічною конструкцією, що містить два аксіально розташованих роторних сепаратора.

Необхідна енергетична потужність силової установки на номінальних режимах доведена до 530 кінських сил.

Конструкційна маса такого зернозбирального комбайна складає 21 тону.

Об'єм зернового бункера збільшено до 12500 л. Площа решетної сепарації складає 6,2 м².

Третьою флагманською моделлю високопродуктивних зернозбиральних комбайнів в нашому випадку буде модель Case IH Axial-Flow 9240. (табл. 1.3).

Представлена високопродуктивна модель зернозбирального комбайна має однороторну аксіально-орієнтовану молотарку, що безперечно свідчить про відносну простоту пропонованої конструкції. Але при цьому комбайн являється не менш ефективним та надійним в порівнянні зі своїми конкурентами в такому високопродуктивному сегменті.

Специфіка застосування та удосконалення сепарувальних систем молотарок роторного типу потребує особливих знань та підходів. В цьому випадку компанія Case має вагомий досвід.

Номінальну потужність силової установки, що використана на зернозбиральному комбайні Case IH Axial-Flow 9240, встановлено на рівні 625 кінських сил.

Висока продуктивність потребує і збільшену ємність зернового бункера – 14,440 м³.

І в цьому випадку ефективний забір намолоченого зерна може відбуватися зі застосуванням мобільних зерновозів – перевантажувачів.

Привабливими фактами використання збиральних комплексів компанії Case є роботизовані безпілотні трактори, що поєднуються, у тому числі і з зерновозами.

Таблиця 1.3 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Case IH Axial-Flow 9240 та один з інноваційних векторів компанії Case

Case IH Axial-Flow 9240 (URL: https://www.caseih.com/)	
	
<p>Потужність двигуна – 625 hp/466 kW Місткість паливного баку – 1200 л Місткість бункера – 14400 л Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 113 л/с Кількість роторів – 1 Діаметр ротора – 762 мм Довжина ротора – 2623 мм Площа очистки – 6,5 м² Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1372 мм Конструктивна маса – 21019 кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії - безпілотний трактор робот компанії Case на основі трактора Case IH Magnum</p>	

В наш час, більш відомим представником парку зернозбиральної техніки на світовому ринку є компанія John Deere.

Гарний позитивний імідж, в тому числі і на Україні, компанія John Deere отримала за рахунок підвищеної надійності сільськогосподарської

техніки власного виробництва.

Одною з самих високопродуктивних зернозбиральних комбайнів компанії є модель John Deere X 9110.

Така зернозбиральна машина представлена виробником сільськогосподарської техніки як така, що може досягти на високоврожайних посівах озимої пшениці продуктивності обмолоту зерна 100 т/год. (табл. 1.4).

Конструкція молотильно-сепарувальної системи такого комбайна має здвоєну аксіально-роторну схему.

Дизельний двигун впроможі видавати на номінальних режимах 700 кінських сил ефективної потужності.

Площа очищення зернового вороху також збільшена до 6,97 м².

Зерновий бункер має обсяг 6200л.

При дослідженні конструкції даної моделі можливо зазначити застосування вже відомих інженерних рішень щодо зменшення питомого тиску на ґрунт – це рушії переднього мосту у вигляді напівгусеневої конструкції.

В такому випадку тандем протиріч: велика продуктивність - недостатньо велика місткість зернового бункера вирішується також застосуванням перевантажувального мобільного причепа-зерновоза у сукупності з трактором відповідної тягової потужності.

Швидкість розвантаження зерна з зернового бункера зернозбирального комбайна John Deere X 9110 доведена до 200 л/с.

Позитивним моментом використання зернозбиральних комбайнів John Deere в підприємствах агропромислового комплексу України крім вищезгаданого, є і такі моменти, що ці комбайни у порівнянні з конкурентами, мають відносно невелику ціну технічного обслуговування та запасних частин.

Проблема втрат зерна на роторних зернозбиральних комбайнах фірми John Deere вирішується шляхом спеціального переобладнання роторної молотарки.

Таблиця 1.4 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна John DeereX 9110 та один з інноваційних векторів компанії John Deere

John DeereX 9110 (URL: https://www.deere.ua/)	
	
<p>Потужність двигуна максимальна – 700 hp/515 kW Потужність двигуна номінальна – 603 hp/450 kW Місткість паливного баку – 1249 л Місткість бункера – 16200 л Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 186 л/с Кількість роторів – 2 Діаметр ротора – 601 мм Довжина ротора – 3510 мм Площа активної сепарації – 6,97 м² Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1720 мм Конструктивна маса (в залежності від комплектації) - близько 22000 кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії одна їх стратегій розвитку – трактор-робот</p>	

Крім вищерозглянутих варіантів, щодо високопродуктивних зернозбиральних комбайнів, можливо зазначити комбайн німецького виробника - фірми Fendt - Fendt IDEAL 10T (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Fendt IDEAL 10T та один з інноваційних векторів бренду Fendt

Fendt IDEAL 10T (URL: https://www.fendt.com/int/combines/ideal)	
	
<p>Потужність двигуна максимальна – 790 hp/581 kW Місткість паливного баку – 1500 л Місткість бункера – 17100 л Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 216 л/с Кількість роторів – 2 Діаметр ротора – 600 мм Довжина ротора – 4837 мм Площа активної сепарації – 7,95 м² Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1700 мм Конструктивна маса (в залежності від комплектації) - близько 21000 кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії одна їх стратегій розвитку – сільськогосподарські машини-роботи</p>	

Ще одним цікавим варіантом, який також використовується в Україні, є новий високопродуктивний зернозбиральний комбайн бренду Fendt - Fendt IDEAL 10T (табл. 6).

Даний зернозбиральний комбайн реалізовує на обмолоті зернових культур ефективну потужність двигуна - 790 кінських сил.

Зерновий бункер «ідеалу» - до 17100л.

Площа активної сепарації (молотьби і очищення) складає 7,95м², що

більше розглянутих конкурентів.

І в такому випадку, використання високовартісного високопродуктивного зернозбирального комбайна рекомендується у сукупності з перевантажувальними мобільними причепами - зерновозами.

На передньому мостові змонтований напівгусеними хід – типове рішення для зернозбиральних комбайнів високої продуктивності та конструктивної маси понад 20 т. Молотильно-сепарувальна система – двороторна аксіально-розташована відносно подачі хлібної маси.

По розглянутим надпотужним моделям зернозбиральних комбайнів фірм Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt можливо відзначити наступні спільні риси:

1. Продуктивність по зерну таких зернозбиральних комбайнів складає 45...80т/год на збиранні високоврожайних зернових культур. В наш час така продуктивність наближається до 100 тонної позначки.
2. Маса такої високопродуктивної техніки знаходиться в діапазоні 20 000...22 000т.
3. Об'єм зернового бункера більшої частини високопродуктивних машин доведено до 12,4...18 м³. Маємо картину зміни маси комбайна під час виконання збиральних робіт на 11...18 тон. В сторону збільшення. Така ситуація значно погіршує екологічність інноваційної зернозбиральної техніки, де основним критерієм створення була продуктивність машин.
4. Частково проблему переущільненого орного та підорного шару ґрунту можливо вирішити за рахунок використання напівгусенивого рушія на передньому більш навантаженому мосту зернозбирального комбайна.
5. Доцільність придбання нових високопродуктивних комбайнів відомих компаній Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt підлягає сумніву, якщо збиральні машинні комплекси не містять мобільних зерновозів у вигляді причіпів перевантажувачів.
6. Домінуючими стратегіями у машинобудуванні сучасної сільсько-господарської техніки є розробка автономних роботизованих систем.

Таблиця 1.7 – Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Tribine T-1000 та один з інноваційних векторів бренду Tribine

Tribine T-1000 (URL: https://tribine.com/#top)	
	
<p>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</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – вантажний автомобіль на дорозі чи краю поля</p>	
	
<p>Інновації, направлені на органічне землеробство та збереження гумусу – фреза за рушійми для розпушування колії</p>	
<p>United States Patent (56) Patent No.: US 10,231,371 B2 (51) Date of Patent: Mar. 19, 2019</p> 	

7. чим більше продуктивність зернозбирального комбайна, тим більшу вагу несуть ходові системи та більше створюється тиск на ґрунт, навіть при використанні рушіїв-гусениць.

Кардинально відрізняється від розглянутих моделей зернозбиральний комбайн Tribine T-1000, виробництва США.

Модульна конструкція такої машини заслуговує окремої особливої уваги, тому, що має перевагу щодо маневреності, «крабового ходу», автономності роботи, екологічності, що заложено в стратегії розробки такої машини (табл. 1.6).

Суттєвою перевагою застосування на перший погляд самого більшого з порівнювальних бункерів – понад 35 000 л., є виключення з технологічної операції збирання зернових культур високопродуктивними комбайнами додаткового перевантаження зерна у схемі: бункер – зерновоз.

Комбайн з метою розділення технологічного та транспортного навантаження, обладнаного двома дизельними двигунами, сумарною потужністю 650 кінських сил. Останнє дає змогу економити паливо на переїздах та при режимах перевантаження технологічно-сепарувальних систем. Також існує можливість встановлення гусеневого ходу або спарених мостів чи коліс на кожному з модулів зернозбирального комбайна.

Рама зернозбирального комбайна, що утворює передній молотильно-сепарувальний модуль, не піддається додатковому навантаженню від намолоченого зерна, так як зерновий бункер – це задній модуль.

Екологічний напрям використання такої машини направлений на максимально можливе скорочення кількості проходів сільськогосподарської техніки по полю. Також можливо встановлювати за задніми колесами активну фрезу зі змінною глибиною обробки. Така фреза призначена для руйнування ущільненої колії після проходу зернозбирального комбайна.

Використання зернозбирального комбайна Tribine T-1000 особливо ефективно при впроваджених стрічкових чи нульових технологіях обробки ґрунту.

За підсумками опитування аграріїв багатьох сільськогосподарських підприємств Полтавської області однозначної відповіді щодо майже ідеального зернозбирального комбайна у наш час не існує.

Ми можемо тільки узагальнити більшу частину попиту та побажань сільськогосподарських виробників щодо сучасного зернозбирального комбайна: якщо площа посіву зернових культур в аграрному підприємстві складає 1000.3500 гектарів, то рекомендовано підбирати зернозбиральні комбайни з потужністю енергетичної силової установки в межах 400...450 кінських сил, місткістю зернового бункера до 14,5...15,0 м³. Ширина адаптерів для збирання зерна при цьому повинна складати 7,5... 10,5 м. Молотильно-сепарувальна система повинна бути, в тому числі і з аксіально роторними сепарувальними пристроями.

Безперечно наступне – вибір сучасного зернозбирального комбайна – це вирішення задачі за умов багатокритеріальності.

Цікавим є прискорення впровадження автономних роботизованих систем, наскільки таке рішення швидко увійде у механізовані виробничі процеси обмолоту зерна сучасними зернозбиральними комбайнами – час покаже.

2. МЕТОДИКА ТА ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

2.1. Обґрунтування оптимальної технології вирощування та збирання озимої пшениці за допомогою методів багатокритеріального вибору з урахуванням імовірності втрат врожаю

В наш час основні методичні аспекти розрахунку технологічних карт є загальновідомими, тому ми не будемо акцентувати на них додаткової уваги, а використаємо електронну базу сільськогосподарських машин та програмне забезпечення щодо розрахунку технологічних карт на вирощування та збирання озимої пшениці з різними оптимізаційними критеріями, що розроблена в первинному варіанті доц., к.т.н. В. Н. Дзюбою.

За такою методикою можливо отримувати десятки варіантів розрахунку технологічних карт по вирощуванню та збиранню зерна озимої пшениці (в нашому варіанті їх 20). При виборі комплексу машин і обладнання використано різні цільові критерії. При здійснених розрахунках також врахована імовірнісна природа втрат врожаю.

Таблиця 2.1 - Розрахункові показники технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці, Планова урожайність – 5т/га.

Планова урожайність – 5т/га		Цільова функція			
Показники		Продуктивність, тах	Паливо, мін	Собівартість, мін	Капітало- вкладення, мін
Н (заграти праці)	год	860,0	902,3	1038,7	1154,5
Нга (трудомісткість 1га)	год/га	8,6	9,0	10,4	11,5
Нт (трудомісткість 1т)	год/т	1,72	1,80	2,08	2,31
G (паливо)	л	5517,39	4565,00	5189,00	6196,03
Gга (паливо на 1га)	л/га	55,2	45,7	51,9	62,0
Gт (паливо на 1т)	л/т	11	9,1	10,4	12,4
Енерговитрати	МДж	3512939,28	3435790,27	3496182,56	3581541,63
Енерговитрати на 1га	МДж/га	35129,39	34357,90	34961,83	35815,42
Енерговитрати на 1т	МДж/т	7025,88	6871,58	6992,37	7163,08
Валовий вихід зерна	т	500,00	500,00	500,00	500,00
Потенційний вихід зерна	т	700,00	700,00	700,00	700,00
К-т реалізації біопотенціалу		0,714	0,714	0,714	0,714
Біопотенційність		0,286	0,286	0,286	0,286
Рентабельність	%	134,87	106,06	167,52	154,13
Урожайність, нижче якої збиток	т/га	2,13	2,43	1,87	1,97

Таблиця 2.2 - Розрахункові показники технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці. Планова урожайність – 4т/га.

Планова урожайність – 4т/га		Цільова функція			
Показники		Продуктивність, тах	Паливо, мін	Собівартість, мін	Капітало- вкладення, мін
Н (затрати праці)	год	742,5	778,3	909,4	1018,8
Нга (трудомісткість 1га)	год/га	7,4	7,8	9,1	10,2
Нт (трудомісткість 1т)	год/т	1,86	1,95	2,27	2,55
G (паливо)	л	4966,91	4084,85	4655,35	5584,05
Gга (паливо на 1га)	л/га	49,7	40,8	46,6	55,8
Gт (паливо на 1т)	л/т	12,4	10,2	11,6	14
Енерговитрати	МДж	2314901,04	2248744,40	2308039,49	2387351,66
Енерговитрати на 1га	МДж/га	23149,01	22487,44	23080,39	23873,52
Енерговитрати на 1т	МДж/т	5787,25	5621,86	5770,10	5968,38
Валовий вихід зерна	т	400,00	400,00	400,00	400,00
Потенційний вихід зерна	т	700,00	700,00	700,00	700,00
K-т реалізації біопотенціалу		0,571	0,571	0,571	0,571
Біопотенційність		0,429	0,429	0,429	0,429
Рентабельність	%	114,44	100,04	164,66	149,85
Урожайність, нижче якої збиток	т/га	1,87	2,00	1,51	1,60

Прийнятими оптимізаційними критеріями, що є домінуючими при виборі машинно-тракторних агрегатів, стали наступні:

- Підвищена продуктивність виконання механізованих робіт;
- Зменшення економічних питомих витрат на виробництво зерна озимої пшениці;
- підвищена паливна економічність;
- зменшення витрат на оновлення машинно-тракторного парку.

Підсумкова інформація щодо результатів розрахунку різних варіантів технологічних карт на вирощування та збирання озимої пшениці подана у відповідних таблицях та додатках.

З умов врахування імовірнісної природи втрат врожаю розрахунки технологічних карт по виробництву зерна озимої пшениці здійснюємо з урахуванням недоотриманої врожайності: від 5т/га до 1т/га, з кроком 1т/га.

Процес здійснення інженерних рішень щодо визначення кращого проекту вирощування та збирання озимої пшениці здійснювався також з урахуванням можливості недоотримання валового збору зерна по причині імовірнісної природи агрокліматичних ризиків.

Таблиця 2.2 - Розрахункові показники технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці. Планова урожайність – 3т/га

Планова урожайність – 3т/га		Цільова функція			
Показники		Продуктивність, max	Паливо, min	Собівартість, min	Капітало-вкладення, min
Н (затрати праці)	год	629,7	661,4	781,6	885,2
Нга (трудомісткість 1га)	год/га	6,3	6,6	7,8	8,9
Нт (трудомісткість 1т)	год/т	2,10	2,20	2,61	2,95
G (паливо)	л	4445,76	3601,86	4134,36	4989,13
Gга (паливо на 1га)	л/га	44,5	36,0	41,3	49,9
Gт (паливо на 1т)	л/т	14,8	12	13,8	16,6
Енерговитрати	МДж	1423422,47	1360613,77	1413427,98	1487139,14
Енерговитрати на 1га	МДж/га	14234,22	13606,14	14134,28	14871,39
Енерговитрати на 1т	МДж/т	4744,74	4535,38	4711,43	4957,13
Валовий вихід зерна	т	300,00	300,00	300,00	300,00
Потенційний вихід зерна	т	700,00	700,00	700,00	700,00
К-т реалізації біопотенціалу		0,429	0,429	0,429	0,429
Біопотенційність		0,571	0,571	0,571	0,571
Рентабельність	%	92,52	77,96	137,94	123,55
Урожайність, нижче якої збиток	т/га	1,56	1,69	1,26	1,34

Таблиця 2.4 - Розрахункові показники технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці. Планова урожайність – 2т/га.

Планова урожайність – 2т/га		Цільова функція			
Показники		Продуктивність, max	Паливо, min	Собівартість, min	Капітало-вкладення, min
Н (затрати праці)	год	518,9	547,4	625,1	754,3
Нга (трудомісткість 1га)	год/га	5,2	5,5	6,3	7,5
Нт (трудомісткість 1т)	год/т	2,59	2,74	3,13	3,77
G (паливо)	л	3900,17	3089,53	3572,53	4384,63
Gга (паливо на 1га)	л/га	39,0	30,9	35,7	43,8
Gт (паливо на 1т)	л/т	19,5	15,4	17,9	21,9
Енерговитрати	МДж	880503,21	830068,58	853799,30	950567,71
Енерговитрати на 1га	МДж/га	8805,03	8300,69	8537,99	9505,68
Енерговитрати на 1т	МДж/т	4402,52	4150,34	4269,00	4752,84
Валовий вихід зерна	т	200,00	200,00	200,00	200,00
Потенційний вихід зерна	т	700,00	700,00	700,00	700,00
К-т реалізації біопотенціалу		0,286	0,286	0,286	0,286
Біопотенційність		0,714	0,714	0,714	0,714
Рентабельність	%	55,76	34,25	85,92	73,28
Урожайність, нижче якої збиток	т/га	1,28	1,49	1,08	1,15

При проведенні математичного моделювання приймається припущення, що відомі імовірності настання можливих станів зовнішнього середовища (P_j).

Таблиця 2.5 - Розрахункові показники технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці. Планова урожайність – 1т/га.

Планова урожайність – 1т/га		Цільова функція			
Показники		Продуктивність, т/га	Паливо, літ/га	Собівартість, грн/га	Капітало-вкладення, грн/га
Н (затрати праці)	год	413,1	437,0	515,6	625,5
Нга (трудомісткість 1га)	год/га	4,1	4,4	5,2	6,3
Нт (трудомісткість 1т)	год/т	4,13	4,37	5,16	6,26
G (паливо)	л	3241,17	2549,78	3029,28	3795,13
Gга (паливо на 1га)	л/га	32,4	25,5	30,3	38,0
Gт (паливо на 1т)	л/т	32,4	25,5	30,3	38
Енерговитрати	МДж	798884,00	748715,67	779252,03	861338,83
Енерговитрати на 1га	МДж/га	7988,84	7487,16	7792,52	8613,39
Енерговитрати на 1т	МДж/т	7988,84	7487,16	7792,52	8613,39
Валовий вихід зерна	т	100,00	100,00	100,00	100,00
Потенційний вихід зерна	т	700,00	700,00	700,00	700,00
К-т реалізації біопотенціалу		0,143	0,143	0,143	0,143
Біопотенційність		0,857	0,857	0,857	0,857
Рентабельність	%	-13,21	-23,15	1,76	-5,23
Урожайність, нижче якої збиток	т/га	1,15	1,30	0,98	1,06

Обов'язковою вимогою застосування даної математичної моделі є вираз:

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1 \quad [8].$$

Змістовне наповнення такого виразу полягає у тому, що імовірність виникнення подій у виробничій системі де будуть втрати врожаю, зумовлені агрокліматичними ризиками, відома та сума імовірності всіх подій в нашій виробничій системі дорівнює одиниці.

Підсумковою оцінкою щодо функціональних значень станів виробничих систем досліджуваного технологічного середовища обираємо економічну ефективність пропонуваніх розрахованих технологій вирощування та збирання озимої пшениці.

З урахуванні стратегій вибору машинно-тракторних агрегатів, як описано вище, такою економічною оцінкою стає рентабельність виробництва зерна озимої пшениці.

рентабельність виробництва. Обрахувавши точку беззбитковості за пропорціями можливо визначити зміну рентабельності відносно зміни планової урожайності досліджуваної культури.

Таблиця 2.6 - Характеристика основних критеріїв обґрунтування господарських рішень в умовах ризику [8]

Правило (критерій)	Характеристика
<p>Правило Байєса (критерій математичного сподівання)</p>	<p>Ґрунтується на припущенні, що відомі імовірності настання можливих станів зовнішнього середовища (P_i).</p> <p>Обов'язкова вимога — $\sum_{i=1}^n P_i = 1$. Вона означає, що використано всі можливі стани природи й інших бути не може.</p> <p>Критерієм вибору служить значення математичного сподівання альтернативи j.</p> <p>Відповідно до правила Байєса, оптимальною вважається альтернатива з більшим значенням математичного сподівання, ніж в інших альтернативах.</p>
<p>Критерій Лапласа</p>	<p>Критерій дає змогу відокремити кращий варіант у тому випадку, якщо жодна з умов не має істотної переваги.</p> <p>Коли немає ніяких підстав вважати, що кожний окремий стан природи більш імовірний, порівняно з іншими, використовують припущення про те, що імовірність виникнення кожного з можливих станів оточуючого середовища однакова. У такому випадку цінності кожної альтернативи можна обчислити за формулою звичайного середнього арифметичного всіх її можливих оцінок у різних станах природи. Оптимальною є та альтернатива, яка має найбільшу середню оцінку.</p>
<p>Критерій Гурвіца (критерій песимізму-оптимізму)</p>	<p>Передбачає оціночну функцію, яка знаходиться між точкою зору крайнього оптимізму та крайнього песимізму.</p> <p>Формула розрахунку критерію показана при застосуванні правила Гурвіца в умовах невизначеності.</p> <p>Критерій рекомендує не керуватися ні крайнім оптимізмом, ні крайнім песимізмом, а брати деякий середній результат.</p> <p>Застосування критерію ускладнюється через відсутність обґрунтованого уявлення про величину параметру α — параметр впевненості інвестора щодо отримання максимального виграшу.</p> <p>Критерій в деякій мірі є суб'єктивним, оскільки величина параметру оптимізму α обирається довільно від 0 до 1. При $\alpha = 1$ критерій Гурвіца перетворюється в максімакс (критерій азартного гравця). При $\alpha = 0$ він відповідає максіміну (критерію песимізму, чи Вальда).</p>

Для можливості математичного вирішення поставленої задачі припустимо, що урожайність системи може набувати значень дискретно від 5 т/га до 1 т/га з кроком 1т/га.

Для кожного значення планового валового збору зерна озимої пшениці буде мати цифрове значення відповідний оцінювальний функціонал.

В нашому випадку таким функціоналом є рентабельність вирощування та збирання озимої пшениці.

Першим варіантом оптимізованого інженерного рішення буде рішення, що прийняте за допомогою правила Байєса.

Рішення змодельовано на основі визначення цифрових значень критеріїв математичного сподівання [8].

Складену відповідно платіжну матрицю наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - «Платіжна матриця» або матриця рентабельності, що характеризує стан технології по вирощуванню та збиранню озимої пшениці в залежності від урожайності культури (варіантів стану середовища).

Варіанти Рішень (рекомендовані технології)	Варіанти станів середовища (урожайність озимої пшениці)				
	S1=1т/га	S2=2т/га	S3=3т/га	S4=4т/га	S5=5т/га
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13
Імовірність стану середовища	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3

Сутність застосування методологічних аспектів щодо вибору кращого варіанту технології виробництва озимої пшениці за критерієм Байєса зводиться до виконання розрахунків математичного сподівання за формулами [8]:

$$\text{Для } F^+ \quad A_i^* = \max_i \{V(A_i, S_j) \cdot P_j\} \quad (2.1)$$

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \min_i \{V(A_i, S_j) \cdot P_j\} \quad (2.2)$$

Необхідно віднайти краще альтернативне рішення щодо технологічної карти з комплексом сільськогосподарської техніки, вибір якої було здійснено за умови отримання максимально можливого розрахункового значення рентабельності щодо вирощування та збирання озимої пшениці.

В такому випадку оцінюваний функціонал має позитивний градієнт F^+ .

Результати розрахунків подано в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Вибір оптимального рішення за критерієм Байєса

Варіанти рішень	Варіанти станів середовища					$\{V(A_{i,j}) \cdot P\}$	$\max_i \{V(A_{i,j}) \cdot P\}$
	S1	S2	S3	S4	S5		
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	$-13,21 \cdot 0,1 + 55,76 \cdot 0,1 + 92,52 \cdot 0,2 + 114,44 \cdot 0,3 + 134,87 \cdot 0,3 = 97,55$	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	$-23,15 \cdot 0,1 + 34,25 \cdot 0,1 + 77,96 \cdot 0,2 + 100,04 \cdot 0,3 + 106,06 \cdot 0,3 = 78,53$	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	$1,76 \cdot 0,1 + 85,92 \cdot 0,1 + 137,94 \cdot 0,2 + 164,66 \cdot 0,3 + 167,52 \cdot 0,3 = 136,10$	A3
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	$5,23 \cdot 0,1 + 73,28 \cdot 0,1 + 123,55 \cdot 0,2 + 149,85 \cdot 0,3 + 154,13 \cdot 0,3 = 123,76$	
Pj	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3		

Згідно результатів проведених розрахунків за аналізом чотирьох варіантів системи технічного забезпечення механізованих технологій з вирощування та збирання озимої пшениці, за умовами використання критерію Байєса, ліпшим варіантом буде варіант А3.

Наступним методом, щодо обґрунтування інженерних рішень в умовах невизначеності та ризику щодо планової урожайності зерна озимої пшениці, буде критерій Лапласа.

Дана методика описується невідомими умовами щодо розподілу імовірностей відносно множини станів досліджуваної системи.

Критерій Лапласа використовує принцип «недостатнього обґрунтування».

Суть такого принципу полягає у тому, що цифрові значення імовірностей можливого стану альтернатив досліджуваного середовища приймають рівними.

При визначенні оптимальної альтернативи, з використанням методики за критерієм Лапласа, використовують наступні вирази[8]:

$$\text{Для } F^+ \quad A_i^* = \max_i \left\{ 1/n \sum_{j=1}^n V(A_i, S_j) \right\} \quad (2.3)$$

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \min_i \left\{ 1/n \sum_{j=1}^n V(A_i, S_j) \right\} \quad (2.4)$$

За наведеними формулами необхідно провести необхідні обчислення, визначити цифрові максимуми для відповідного кожного рядка та обрати найбільше з порівнюваних значень.

В нашому варіанті за критерієм Лапласа кращим багатокритеріальним рішенням буде варіант з комплексом сільськогосподарської техніки по зерновиробництву - А3 (табл.2.16).

Таблиця 2.9 - Вибір оптимального рішення за критерієм Лапласа

Варіанти рішення	Варіанти станів середовища					$\{V(A_{i,j}) \cdot P\}$	$\max_i \{V(A_{i,j}) \cdot P\}$
	S1	S2	S3	S4	S5		
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	$(-13,21+55,76+92,52+114,44+134,87)/5=76,88$	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	$(-23,15+34,25+77,96+100,04+106,06)/5=59,03$	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	$(1,76+85,92+137,94+164,66+167,52)/5=111,56$	A3
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	$(5,23+73,28+123,55+149,85+154,13)/5=101,21$	

Результати використання методологічних аспектів та розрахункові показники з використання правила «максімакс» також доводять доцільність застосування комплексу сільськогосподарських машин та обладнання варіанту А3.

Таблиця 2.10 - Вибір оптимального рішення за правилом «максімакс»

Варіанти рішень	Варіанти станів середовища					$\max_j \{V(A_i, S_j)\}$	$\max_i \max_j \{V(A_i, S_j)\}$
	S1	S2	S3	S4	S5		
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	134,87	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	106,06	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	167,52	A3
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	154,13	

Критерій Вальда (табл. 2.11) вважають самим мінімально ризиковим критерієм.

Таблиця 2.11 - Вибір оптимального рішення за критерієм Вальда

Варіанти рішень	Варіанти станів середовища					$\min_j \{V(A_i, S_j)\}$	$\max_i \min_j \{V(A_i, S_j)\}$
	S1	S2	S3	S4	S5		
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	-13,21	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	-23,15	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	1,76	
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	5,23	A4

Для пошуку кращого варіанту щодо технічного та технологічного забезпечення технології вирощування та збирання озимої пшениці за методикою, описаною у критерії Вальда, використовують наступні функціональні залежності:

$$\text{Для } F^+ \quad A_i^* = \max_i \min_j \{V(A_i, S_j)\} \quad (2.5)$$

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \min_i \max_j \{V(A_i, S_j)\} \quad (2.6)$$

За використаними викладками критерію Вальда щодо оптимального

варіанту, маємо варіант А3. Та при цьому слід відмітити, що низьковрожайні варіанти технологій вирощування та збирання озимої пшениці в нашому випадку в межах еквівалентних альтернатив.

Методики застосування критерію Севіджа, містять вимоги щодо лінійного перетворення первинної матриці «рентабельності» у матрицю ризику.

Для виконання таких математичних розрахунків застосовують наступні вирази [8]:

$$\text{Для } F^+ \quad R_{ij}^* = \max_i \{V(A_i, S_j)\} - V(A_i, S_j) \quad (2.7)$$

$$\text{Для } F^- \quad R_{ij}^* = V(A_i, S_j) - \min_i \{V(A_i, S_j)\} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.12 - Побудова матриці ризику

Варіанти рішень	Матриця рентабельності (V(A _i ,S _j))					Матриця ризику (R _{ij})				
	Варіанти станів середовища					Варіанти станів середовища				
	S1	S2	S3	S4	S5	R1	R2	R3	R4	R5
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	5,23+13,21= =18,44	30,16	45,42	50,22	33,00
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	28,38	51,67	59,98	64,62	61,81
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	3,47	0	0	0	0
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	0	11,94	14,39	14,81	13,39

Наступним етапом проводимо обчислення за критерієм Севіджа [7,8]:

$$A_i^* = \min_i \max_j \{R_{ij}\} \quad (2.9)$$

Таблиця 2.13 - Вибір оптимального рішення за критерієм Севіджа

Варіанти рішень	Матриця рентабельності (V(A _i ,S _j))					Матриця ризику (R _{ij})					max _j {R _{ij} }	min _j max _i {R _{ij} }
	Варіанти станів середовища					Варіанти станів ризику						
	S1	S2	S3	S4	S5	R1	R2	R3	R4	R5		
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	18,44	30,16	45,42	50,22	33,00	50,22	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	28,38	51,67	59,98	64,62	61,81	64,62	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	3,47	0	0	0	0	3,47	A3
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	0	11,94	14,39	14,81	13,39	14,81	

В цьому випадку маємо також набір сільськогосподарської техніки А3.

Методичні аспекти Критерію Гурвіца направлені на визначення ступеню ризикованості керівника при прийнятті господарських та технічних рішень. Така характеристика описується коефіцієнтом оптимізму - α . $\alpha=1$ - крайній оптимізм, $\alpha=0$ — крайній песимізм. приймаємо $\alpha=0,6$.

Таблиця 2.14 - Вибір оптимального рішення за критерієм Гурвіца

Варіанти рішень	Матриця рентабельності ($V(A_i, S_j)$)					$\max_j \{V(A_i, S_j)\}$	$\min_j \{V(A_i, S_j)\}$	$\alpha \cdot \max_j \{V(A_i, S_j)\} + (1-\alpha) \cdot \min_j \{V(A_i, S_j)\}$	$\max_i \{ \alpha \cdot \max_j \{V(A_i, S_j)\} + (1-\alpha) \cdot \min_j \{V(A_i, S_j)\} \}$
	Варіанти станів середовища								
	S1	S2	S3	S4	S5				
A1	-13,21	55,76	92,52	114,44	134,87	134,87	-13,21	$0,6 \cdot 134,87 + (1-0,6) \cdot (-13,21) = 75,64$	
A2	-23,15	34,25	77,96	100,04	106,06	106,06	-23,15	$0,6 \cdot 106,06 + (1-0,6) \cdot (-23,15) = 54,38$	
A3	1,76	85,92	137,94	164,66	167,52	167,52	1,76	$0,6 \cdot 167,52 + (1-0,6) \cdot 1,76 = 101,22$	A3
A4	5,23	73,28	123,55	149,85	154,13	154,13	5,23	$0,6 \cdot 154,13 + (1-0,6) \cdot 5,23 = 94,57$	

Оптимальна альтернатива за критерієм Гурвіца знаходиться за формулами [8]:

$$\text{Для } F^+ \quad A_i^* = \max_i \{ \alpha \max_j \{V(A_i, S_j)\} + (1-\alpha) \min_j \{V(A_i, S_j)\} \} \quad (2.9)$$

$$\text{Для } F^- \quad A_i^* = \max_i \{ (1-\alpha) \max_j \{V(A_i, S_j)\} + \alpha \min_j \{V(A_i, S_j)\} \} \quad (2.10)$$

З теорії імовірностей, обґрунтованим варіантом згідно з критерієм Гурвіца визначено комплекс сільськогосподарської техніки А3.

Одноваріантність кращого інженерного варіанту комплексу сільськогосподарських машин та обладнання А3 (зменшення виробничих витрат).

Виробниче впровадження плану механізованих робіт з використанням сільськогосподарської техніки за варіантом А3 – мінімізація виробничих витрат буде більш стійкою щодо імовірності втрат врожаю озимої пшениці.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.3. Регресійний та кореляційний аналіз результатів експерименту

При виконанні статистичного аналізу з використанням методологічних аспектів, між вибірками X та Y , необхідно виконати n парних вимірювань.

Цифрові значення таких спостережень і вимірювань фіксуються попарно:

$$(x_1; y_1), (x_2; y_2), \dots, (x_n; y_n). \quad (3.1)$$

Така статистична інформація використовується для обчислення вибірових емпіричних кореляційних та регресійних коефіцієнтів.

Також при цьому стає можливим розрахунок статистичних рівнянь регресії, побудова графічних регресійних кривих та оцінка значимості результатів експериментального дослідження.

Розрахунок значень коефіцієнтів кореляції здійснюють за формулою [26]:

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

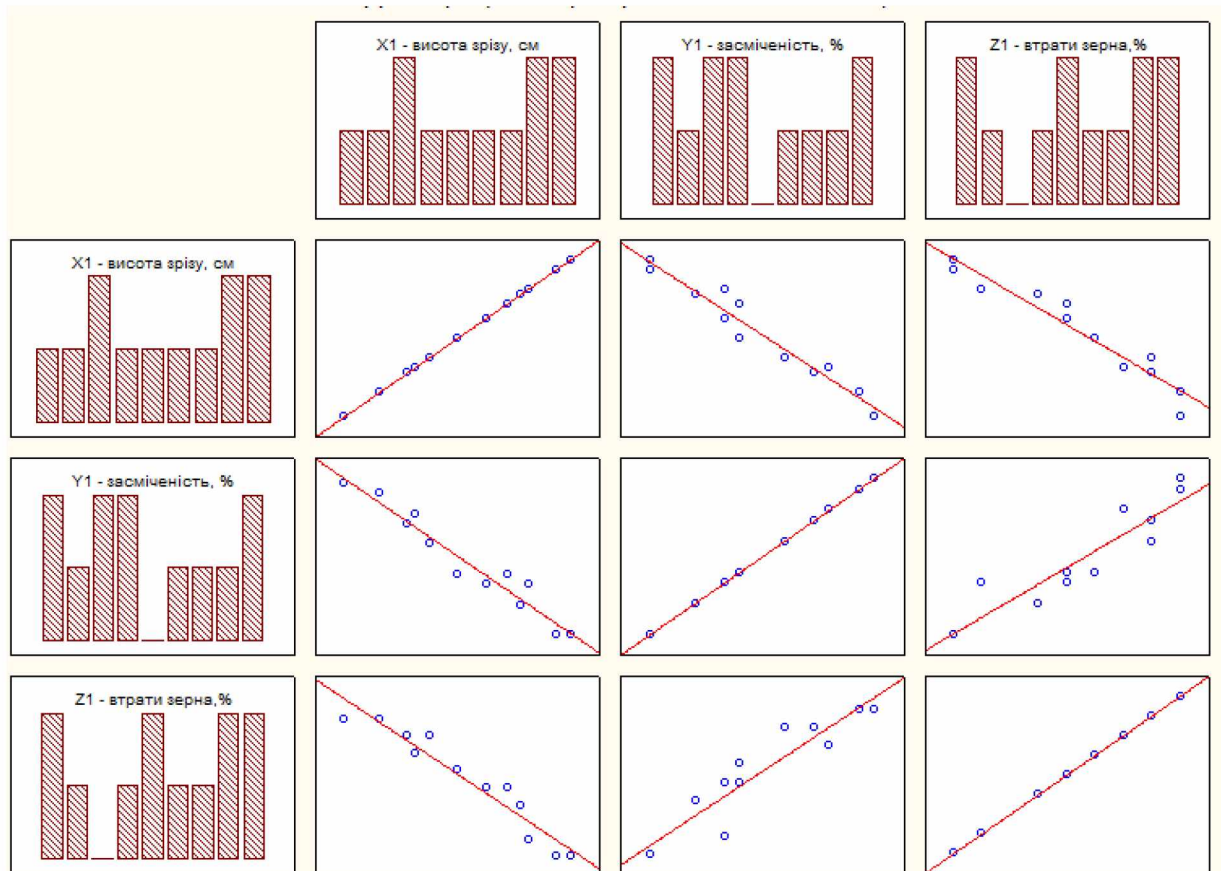
або, при обминанні розрахунків відхилень та квадратів відхилень, використовується формула:

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

Методику кореляційного аналізу можливо використовувати з метою обчислення кращої сукупності змінних факторів [26] для Y з набору p змінних X_1, X_2, \dots, X_p .

При цьому значення змінної X_i , що характеризується найбільшою за модулем кореляцію з Y , відповідає більшому лінійному впливу на вибірку Y . Це початок проведення покрокової регресії.

Таблиця 3.1 - Кореляційна таблиця для озимої пшениці по експериментальним дослідженням залежностей технологічних регулювань комбайна ДОН-1500Б



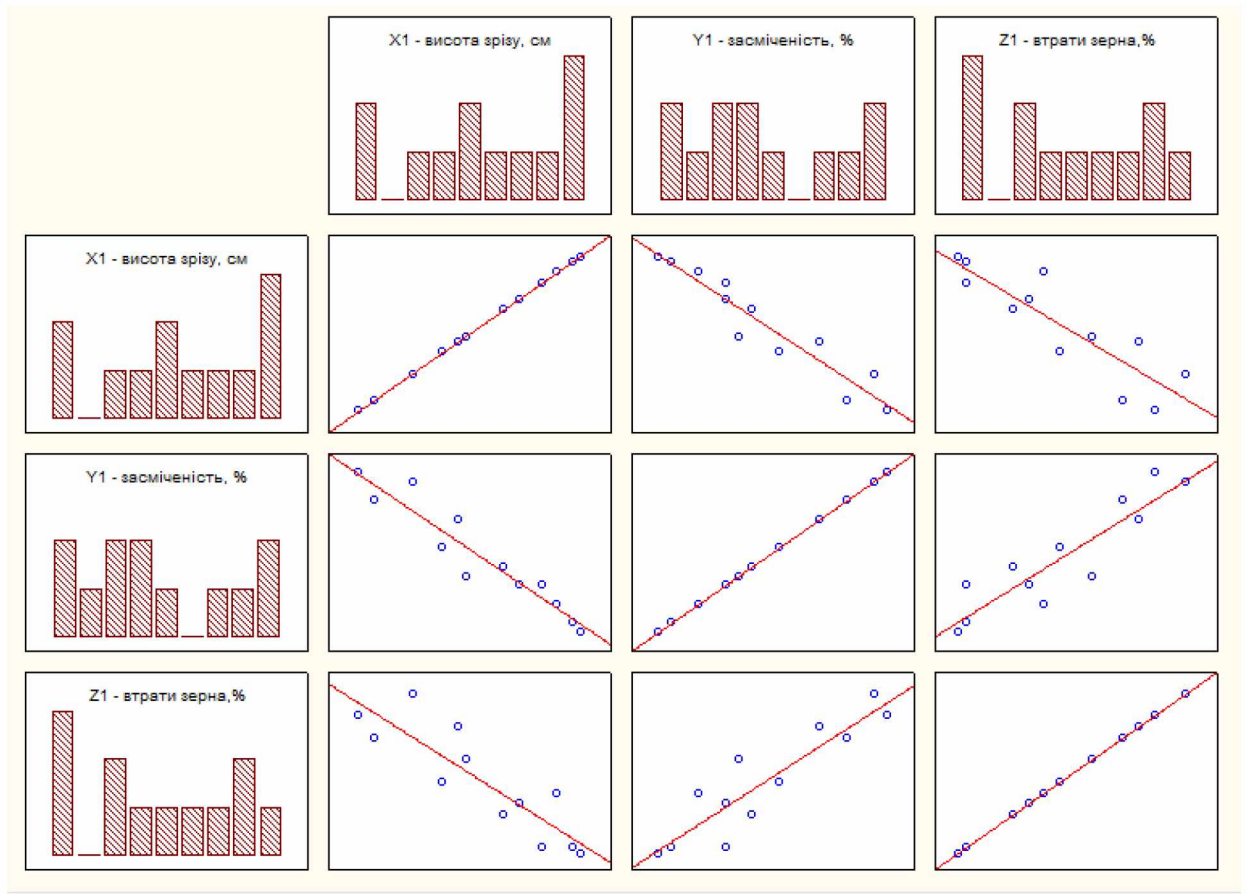
Розрахунки щодо кореляційного аналізу за експериментальними даними по визначенню кращих технологічних регулювань зернозбиральних комбайнів (табл.3.1), виконані з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel та комп'ютерних програм "STATISTICA for Windows" StatSoft [26].

Обчислення стандартної помилки щодо коефіцієнту кореляції, можливо визначити з використанням математичного виразу [26]:

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

де S_r - значення помилки коефіцієнту кореляції; r – значення коефіцієнту кореляції; n - чисельність вибірки.

Таблиця 3.2 - Кореляційна таблиця для озимої пшениці по експериментальним дослідженням залежностей технологичних регулювань комбайна КЗС-9-1 «Славутич»



Критерій суттєвості коефіцієнта кореляції розраховується за формулою [26]:

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

При співставленні цифрових значень розрахованих кореляційних коефіцієнтів з теоретично розрахованими значеннями, можливо зазначити, суттєву ступінь зв'язку стосовно робочої продуктивності комбайна, робочої швидкості руху, висоти зрізу хлібостою та стосовно втрат зерна суттєва.

Кінцеве рішення, щодо вибору оптимальних математичних функціональних моделей, ґрунтується на фізичних та технологічних факторах проведеного експериментального дослідження.

Статистичні рівняння функціональних моделей, що описують ступінь впливу стосовно залежних та незалежних змінних, можливо представити у вигляді [26]:

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

де B_1, \dots, B_m - невідомі коефіцієнти; ϵ – похибка апроксимації Y .

При використанні моделей множинних лінійних регресій, маємо

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \epsilon_i, \quad (3.7)$$

де $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ - невідомі параметри, а $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ - незалежні випадкові помилки.

Оцінки b_0, b_1, \dots, b_p мінімізують суму квадратів відхилень і називаються регресійними коефіцієнтами:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_p X_{pi})^2, \quad (3.8)$$

Множинна лінійна регресія може бути представлена математично у вигляді:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_p X_p. \quad (3.9)$$

Вихідні дані програми лінійної регресії показані в таблиці 3.2 [26].

Таблиця 3.3 – розрахункові вирази, що використовуються при виконанні дисперсійного аналізу з використанням моделей множинної лінійної регресії

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

Важливими величинами множинної лінійної регресії SS_R - залишкова сума квадратів – розглядається як значення S , що можливо отримати під час підставлення відповідних оцінок замінюючи параметри [26]:

$$SS_R = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \dots - b_p X_{pi})^2. \quad (3.10)$$

Оцінка дисперсії яку називають квадратом помилок MS_R , розраховується за фіоррмулою:

$$MS_R = SS_R / \nu_R. \quad (3.11)$$

Квадратний корінь з MS_R називається стандартною помилкою оцінки.

З використанням елементів описаної вище методики щодо обробки та аналізу статистичних даних по проведених експериментальним дослідженням, отримано регресійні поверхні відгуку лінійного характеру.

Такі графічні зображення у першому наближенні описують ступінь взаємозв'язку між втратами зерна озимої пшениці відносно висоти зрізу хлібостою, а також відносно ступеня домішків у бункерному зерні. Робоча швидкість зернозбирального комбайна в такому випадку фіксується за рекомендаціями агротехнічних вимог. (рис. 3.1 та рис. 3.2).

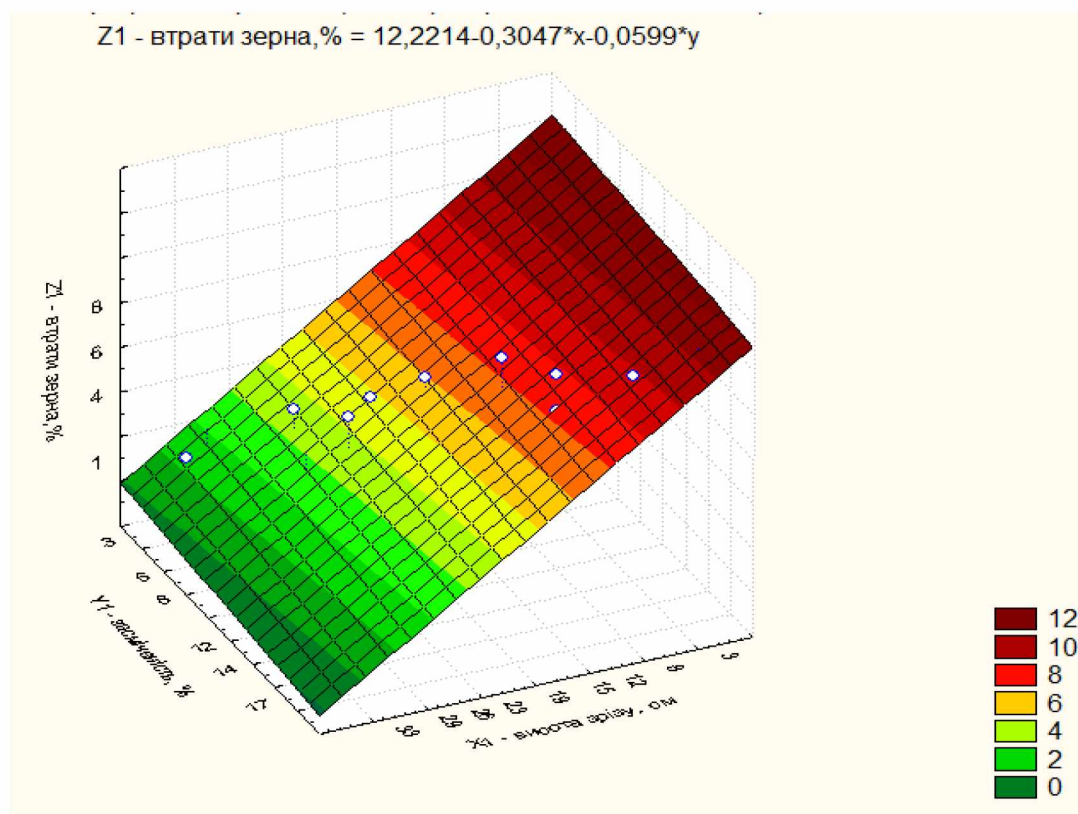


Рисунок 3.1 - Поверхні відгуку лінійного характеру, що описують ступінь взаємозв'язку між втратами зерна за молотильно-сепарувальних пристроєм зернозбирального комбайну, висотою зрізу хлібостою та наявністю домішок у бункерному зерні. (Комбайн ДОН-1500Б).

За отриманими лінійними поверхнями відгуку, можливо зробити висновок, що граничні значення пропускної спроможності молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна обмежені такими основними технологічними та технічними характеристиками:

- ступенем соломистості хлібостою озимої пшениці,
- шириною молотарки,
- площею очищення решітного стану,
- потужністю двигуна.

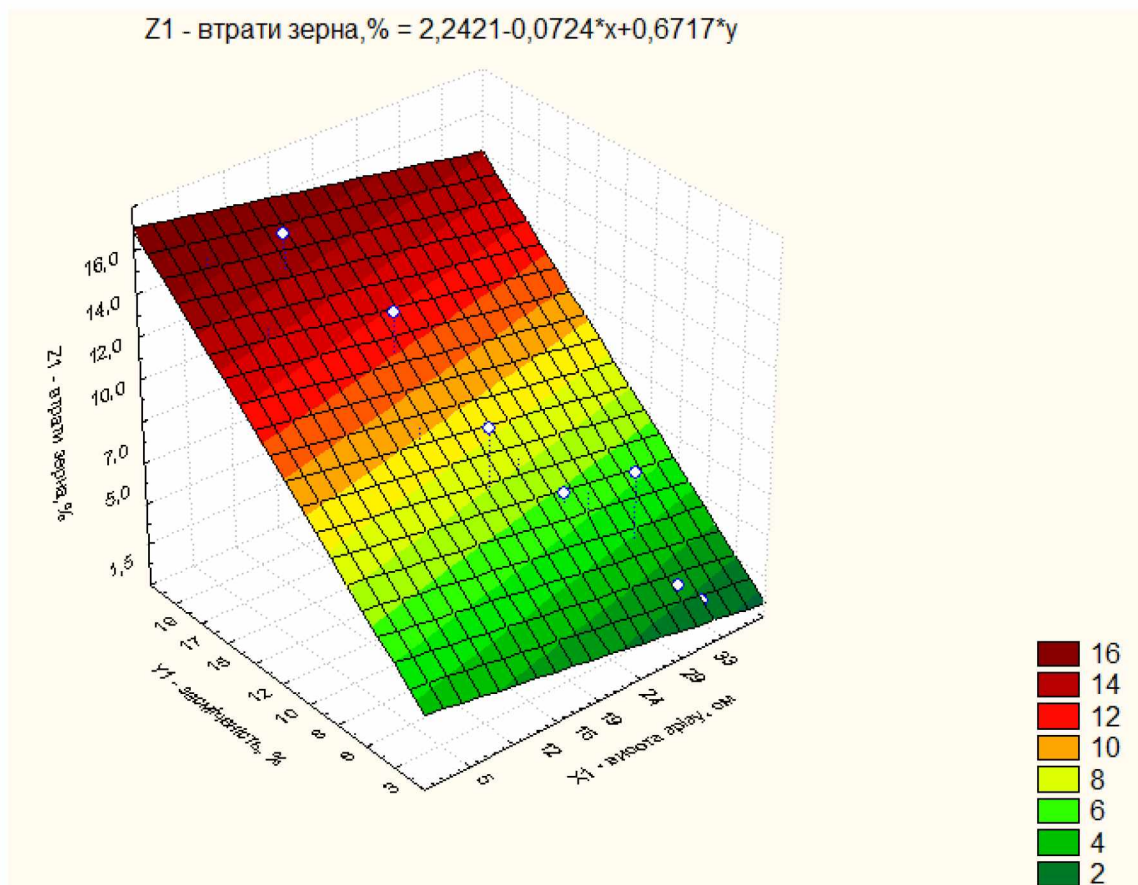


Рисунок 3.2 - Поверхні відгуку лінійного характеру, що описують ступінь взаємозв'язку між втратами зерна за молотильно-сепарувальних пристроєм зернозбирального комбайну, висотою зрізу хлібостою та наявністю домішок у бункерному зерні. (КЗС-9-1 «Славутич»).

Нами підтверджено, що за однотипних умов випробуванні зернозбиральних комбайнів ДОН-1500Б та КЗС-9-1 «Славутич», продуктивність молотильно-сепарувальних пристроїв обмежена ступенем

завантаження повітряно-решітної очистки.

Нажаль, при проведенні багатофакторних експериментальних досліджень, ми не мали доступу до сучасних високовартісних зернозбиральних комбайнів. Тому такі експериментальні дослідження проводилися з наявними зернозбиральними комбайнами ДОН-1500Б та КЗС-9-1 «Славутич» під час збирання озимої пшениці прямим комбайнуванням.

Основною ціллю планування і виконання такої частини експериментального дослідження є обґрунтування цифрових значень параметрів технологічного регулювання молотильно-сепарувального пристрою при прямому комбайнуванні хлібостою озимої пшениці.

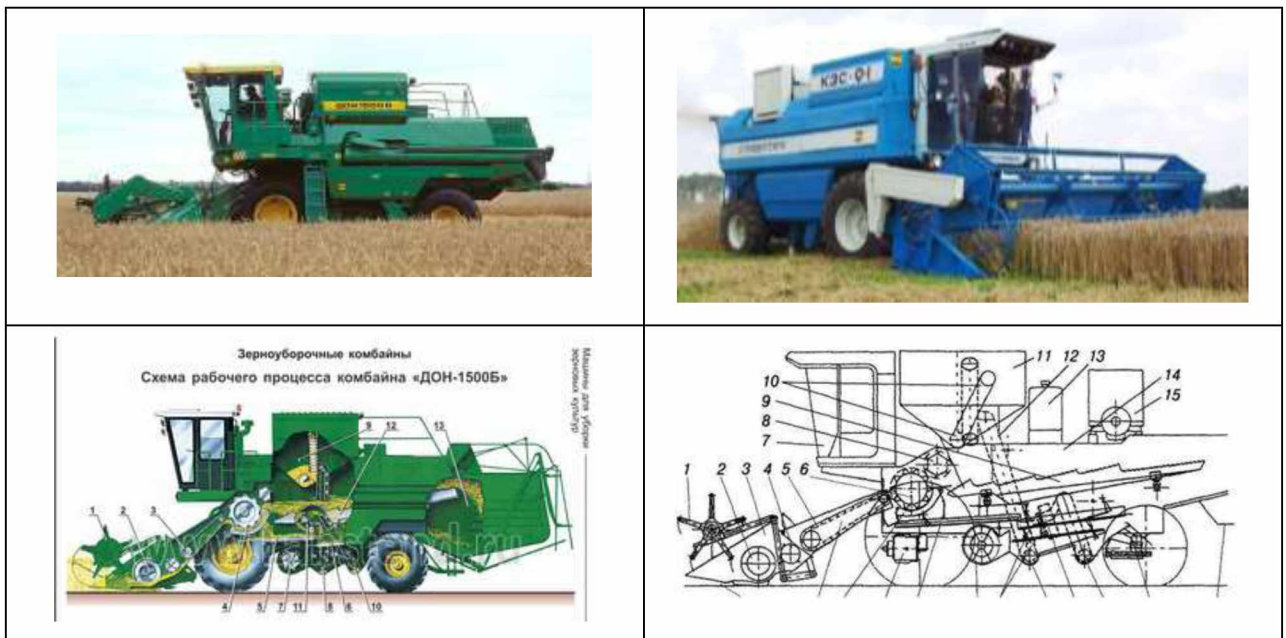


Рисунок 3.3 – Технологічно-компонувальні схеми до архітектури експериментальних досліджень щодо встановлення ступеню функціональних залежностей між висотою зрізу хлібостою жниваркою зернозбирального комбайна X_1 , відносним ступенем засміченості бункерного зерна Y_1 , а також втратами зерна за молотильно-сепарувальними пристроями Z_1 .

Щодо робочої швидкості руху, то на порівнювальних зернозбиральних комбайнах вона по можливості підтримувалась постійною, рекомендованою агротехнічними вимогами до даних умов збирання хлібостою озимої

пшениці: 4,0...4,5 км/год.

Виміряні значення висоти зрізу рослин озимої пшениці коливались у межах від 4см до 23см.

Цифрові значення відносних втрат вільного зерна за молотильно-сепарувальними пристроями були визначені зважуванням втрачених зернин з контрольної площі у 1м²; після чого було здійснено перерахунок у відсотковому співвідношенні відносно зібраного врожаю.

Експериментальне визначення наявності домішок у бункерному зерні при обмолоті озимої пшениці було здійснено шляхом прямого зважування фракційних складових не менш як десяти проб при технологічних режимах проведення експериментальних досліджень.

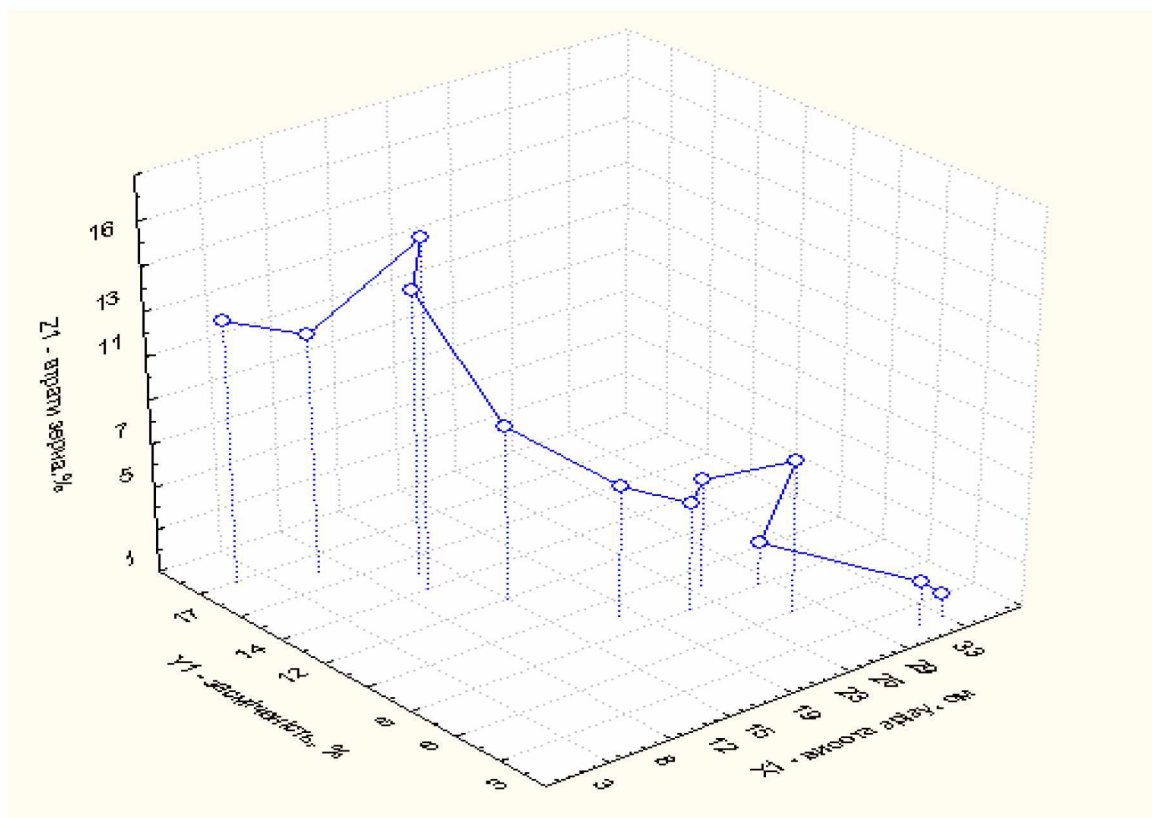


Рисунок 3.4 – Графічне відтворення «шляхового графіку» який описує ступінь взаємозв'язку по основним факторам експериментального дослідження: висота зрізу хлібостою X1, см; наявність домішок у бункерному зерні Y1, %; відносні втрати врожаю за молотильно-сепарувальними пристроями зернозбирального комбайна Z1,%. Дані отримані за результатами експериментальної перевірки зернозбирального комбайна ДОН-1500Б.

Значення експериментальних даних по проведеним двофакторним дослідам подано в табл. 3.4., 3.5.

Таблиця 3.4 - Результати проведення експерименту щодо встановлення залежності між висотою зрізу рослин, X1, засміченістю бункерного зерна Y1, та втратами зерна Z1 на збиранні озимої пшениці комбайном ДОН-1500Б

№ випробування	X1 – висота зрізу, см	Y1 – засміченість, %	Z1 – втрати зерна, %
1	3	18	12
2	8	17	11
3	12	14	16
4	13	15	13
5	15	12	8
6	19	9	6
7	23	8	5
8	26	9	5
9	28	6	7
10	29	8	2
11	33	3	2
12	35	3	1

Таблиця 3.5 - Результати проведення експерименту щодо встановлення залежності між висотою зрізу рослин, X1, засміченістю бункерного зерна Y1, та втратами зерна Z1 на збиранні озимої пшениці комбайном «КЗС-9-1»

№ випробування	X1 – висота зрізу, см	Y1 – засміченість, %	Z1 – втрати зерна, %
1	5	20	14
2	7	17	12
3	12	19	16
4	18	15	13
5	16	12	8
6	19	9	10
7	24	10	5
8	26	8	6
9	31	6	7
10	29	8	2
11	33	4	2
12	34	3	1,5

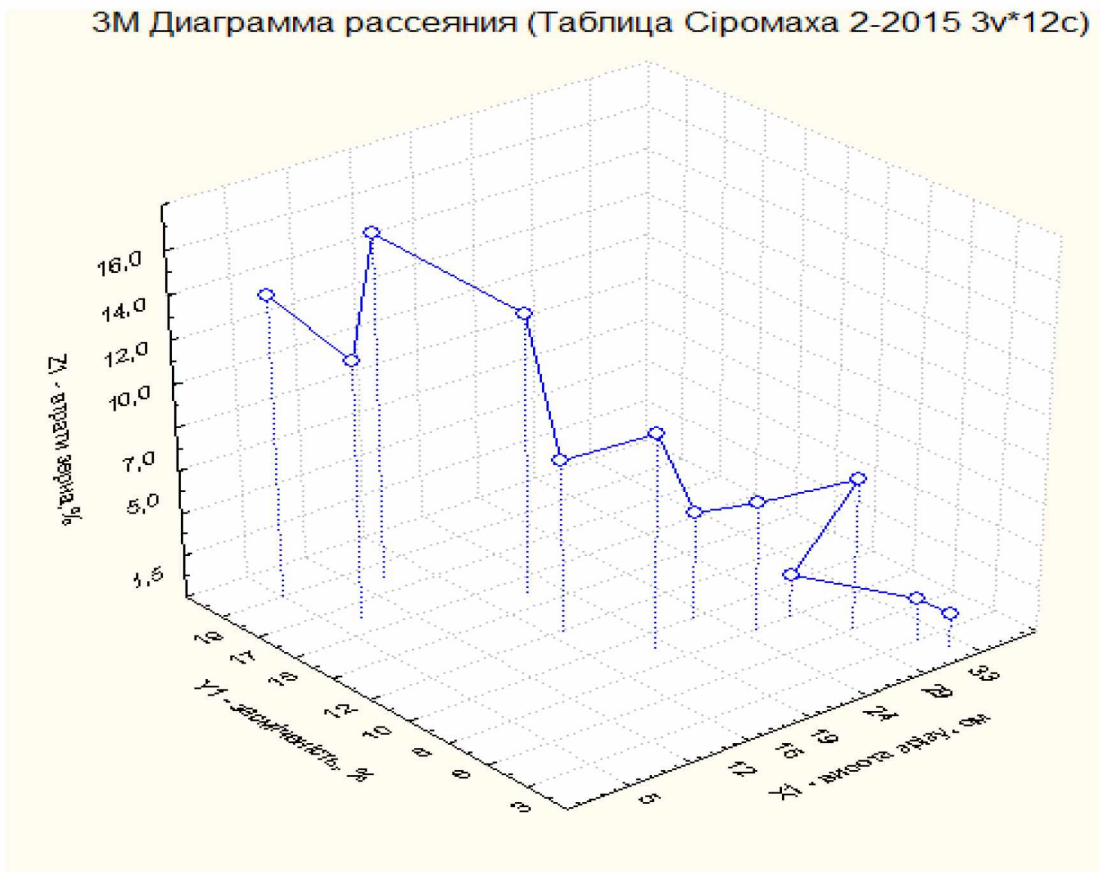


Рисунок 3.5 – Графічне відтворення «шляхового графіку» який описує ступінь взаємозв'язку по основним факторам експериментального дослідження: висота зрізу хлібостою X_1 , см; наявність домішок у бункерному зерні Y_1 , %; відносні втрати врожаю за молотильно-сепарувальними пристроями зернозбирального комбайна Z_1 ,%. Дані отримані за результатами експериментальної перевірки зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

Згідно з наведеними шляховими графіками (рис.3.4., рис 3.5), зазначимо наступне: кращими показниками щодо роботи молотильно-сепарувальних систем зернозбиральних комбайнів КЗС-9-1 та РСМ-10 (Б) визначена висота зрізу хлібостою жниварками зернозбирального комбайну від 12 до 17 см., регулювання висоти зрізу в меншу сторону необхідно здійснювати за умов необхідності збирання та тюкування пшеничної соломи, наприклад, для потреб галузі тваринництва; регулювання висоти зрізу в більшу сторону необхідно здійснювати при подальшому використанні

рослинних решток озимої пшениці у якості органічного добрива; більша висота зрізу значно розвантажує систему сепарації грубого вороху зернозбирального комбайна, як наслідок – маємо менші втрати зерна за молотаркою комбайна.

Більш детальне вивчення отриманих експериментальних даних можливо при побудові квадратичних поверхонь відгуку по проведеному багатофакторному експерименту (рис.3.6., 3,7). В такому випадку робоча швидкість руху зернозбирального комбайна є змінною величиною.

X_1 - висота зрізу, см = $33,842 - 4,1095 * x + 1,9291 * y - 0,7774 * x^2 + 0,9955 * x * y - 0,3891 * y^2$

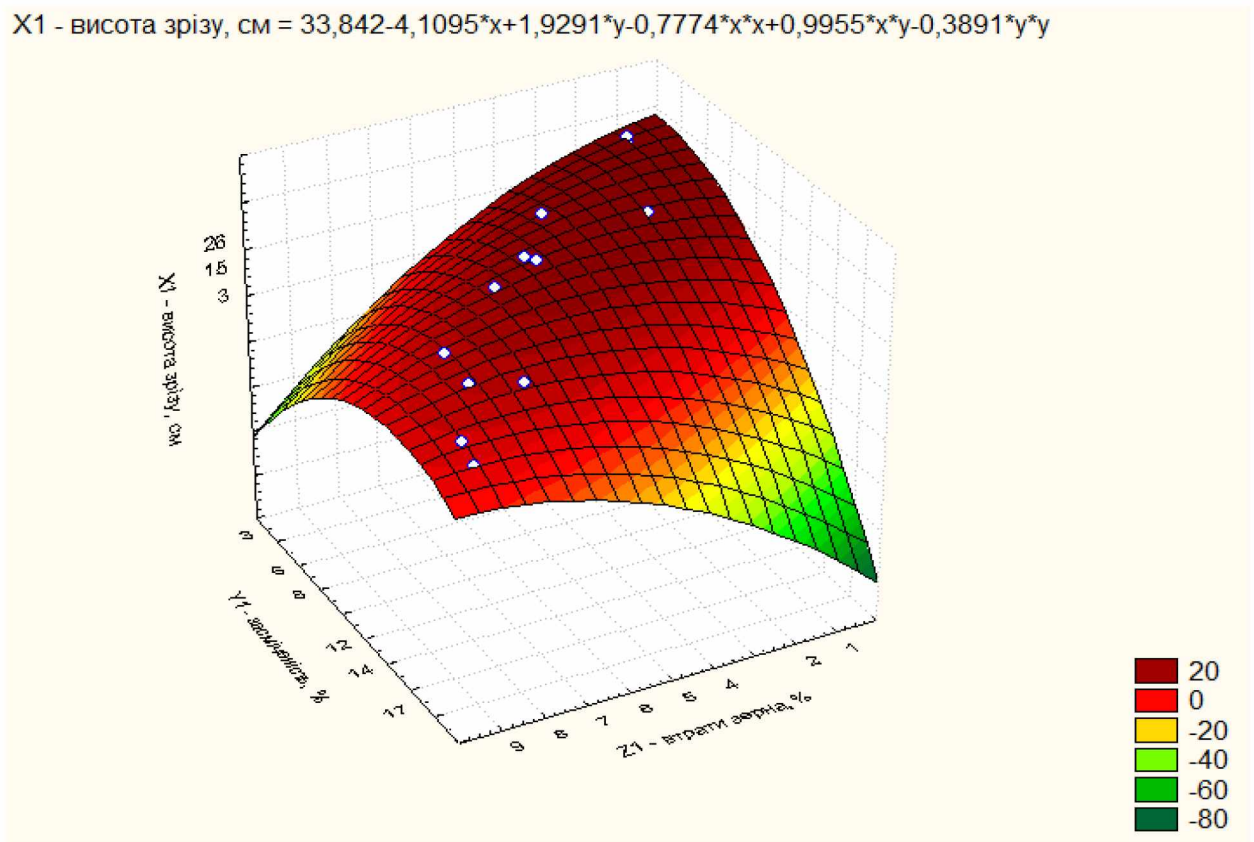


Рисунок 3.6 - Графічне відтворення квадратичних поверхонь відгуку які описують ступінь взаємозв'язку по основним факторам експериментального дослідження: висота зрізу хлібостою X_1 , см; наявність домішок у бункерному зерні Y_1 , %; відносні втрати врожаю за молотильно-сепарувальними пристроями зернозбирального комбайна Z_1 ,%. Дані отримані за результатами експериментальної перевірки зернозбирального комбайна ДОН-1500Б.

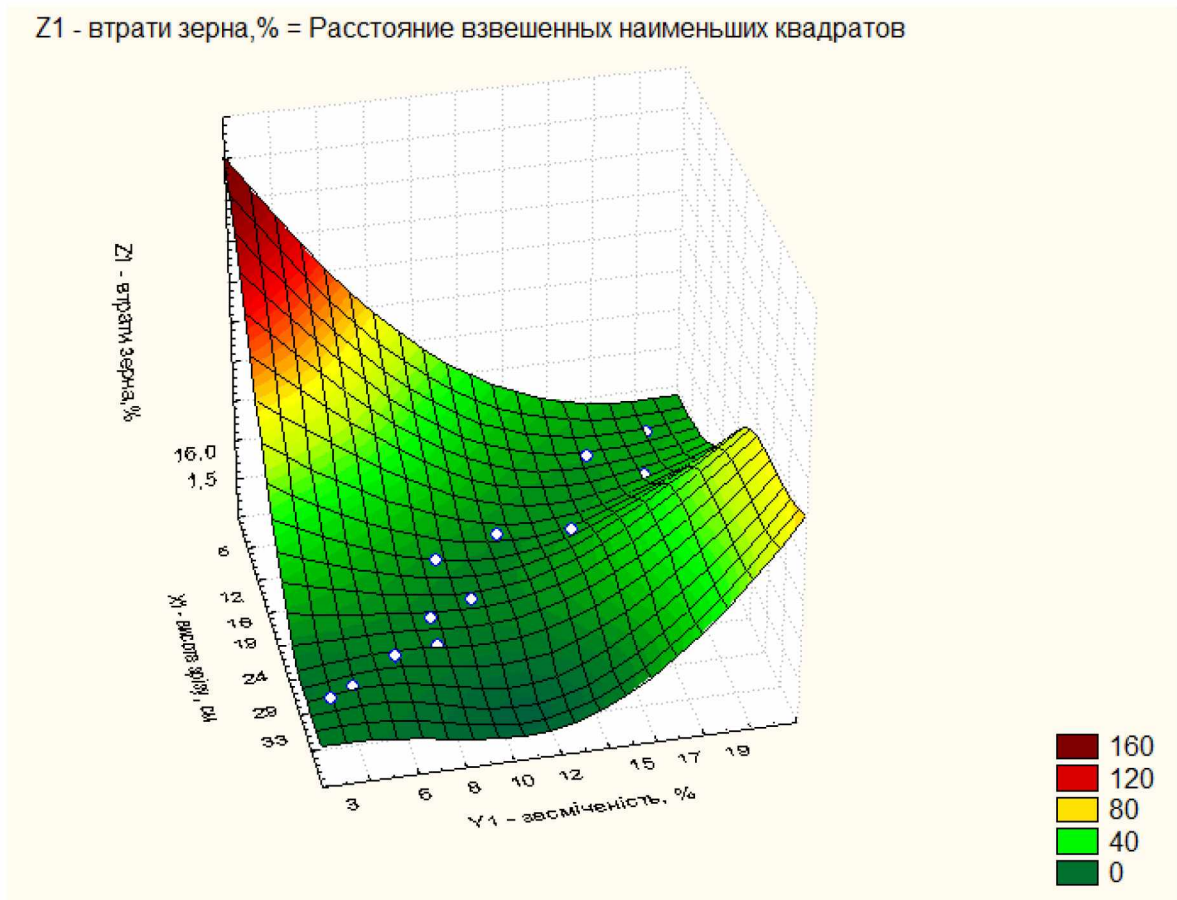


Рисунок 3.7 - Графічне відтворення квадратичних поверхонь відгуку які описують ступінь взаємозв'язку по основним факторам експериментального дослідження: висота зрізу хлібостою X_1 , см; наявність домішок у бункерному зерні Y_1 , %; відносні втрати врожаю за молотильно-сепарувальними пристроями зернозбирального комбайна Z_1 ,%. Дані отримані за результатами експериментальної перевірки зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

Останні квадратичні поверхні відгуку більш точно підтверджують та обґрунтовують результати попередньо проведених експериментальних досліджень по впливу зміни показників солонистості, ступенем завантаження зернозбирального комбайна та втратами зерна за молотильно-сепарувальними системами зернозбиральних комбайнів.

Нами підтверджено, уточнено та скореговано: для обох марок машин –

РСМ-10(б) та КЗС-9-1 в умовах прямого комбайнування хлібостою озимої пшениці без полеглої хлібної маси з майже відсутніми бур'янами, рекомендована робоча швидкість руху 4...4,5км, год; рекомендована середня висота зрізу 15...20см; допустимі втрати зерна при вірно здійсненій технологічній наладці молотильно-сепарувальних систем комбайна – не більше 1,5%.

Порівнювані зернозбиральні комбайна по обраним нами показникам за однакових умов збирання врожаю, виявились однотипними щодо якості обмолоту зерна.

Проведені експериментальні дослідження за визначними нами технологічними факторами та режимами наладки зернозбиральних комбайнів ДОН-1500Б та КЗС-9-1 «Славутич», обґрунтовують необхідність проведення корегування рекомендованих агротехнічними вимогами параметрів технологічної наладки молотильно-сепарувальних систем та жнивarki в кожному окремому випадку обмолоту. Зернових культур.

4. РЕКОМЕНДАЦІ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Охорона праці

Завдання з постійного удосконалення системи охорони праці в аграрних підприємствах є домінуючими та пріоритетними державними завданнями. Безпечні умови праці як результат чіткого виконання правил операційних механізованих технологій - той фундамент, без якого існування сучасного високотехнологічного аграрного виробництва не можливе.

При визначенні умов допуску до роботи на сучасній складній високоавтоматизованій зернозбиральній техніці враховується результати проведених медичних комісій, вік претендентів – не менше 18 років, їхня освіта, наявність спеціальної підготовки та перепідготовки, знання ПДР України, досвід попередньої роботи на машинно-тракторних агрегатах. Наявність відповідного посвідчення комбайнера.

Такі вимоги підвищеної складності до сучасного оператора зернозбиральної комбайна зумовлені тим що високопродуктивні складні машини для обмолоту різноманітних зернових культур все більше з'являються на полях України.

Сучасний комбайнер повинен оволодіти не тільки навичками безпечної роботи на зернозбиральному комбайні, але й вміти використовувати складні комп'ютерні системи, якими обладнані зернозбиральні комбайни останнього покоління.

Механізатори збиральних комбайнових загонів та допоміжні працівники перед початком комбайнових збиральних робіт повинні бути забезпечені комплектами відповідного робочого спеціального одягу, спеціального робочого взуття та робочими головними уборами.

В комплекті технологічного інструменту, що передписано вимогами з використання зернозбирального комбайну, повинні бути робочі рукавиці.

З можливістю настання адміністративної та кримінальної

відповідальності за умов допуску до керування зернозбиральними комбайнами сторонніх осіб, повинні бути ознайомлені та попереджені усі працівники збирального загону.

Якщо планується виконувати частину робіт з технічного обслуговування та поточного ремонтування вузлів та агрегатів зернозбирального комбайна, то екіпаж такої машини повинен мати відповідний технічного справний сертифікований слюсарний інструмент і обладнання.

Запасні частини вузлів і агрегатів зернозбиральної техніки, в тому числі, що потребують особливої уваги при встановленні –мають гострі кромки та кути, повинні зберігатися в окремо розташованому щільному ящику.

Перевезення сторонніх осіб на зернозбиральних комбайнах заборонено.

Вживання алкогольних, психотропних, наркотичних речовин перед- чи під час виконання операційних технологій на зернозбиральному комбайні категорично заборонено та призводить, у разі виявлення, до настання адміністративної та кримінальної відповідальності.

Кожен мобільний машинно-тракторний та комбайновий самохідний сільськогосподарський чи транспортний агрегат збирального загону повинен бути обладнаний в обов'язковому порядку медичними аптечками з встановленим переліком медичних препаратів. Перед початком збиральних робіт необхідно перевірити комплектність медичних аптечок та терміни придатності медичних препаратів та спеціальних медичних засобів для надання первинної долікарської допомоги.

Кожен мобільний машинно-тракторний та комбайновий самохідний сільськогосподарський чи транспортний агрегат збирального загону повинен бути обладнаний в обов'язковому порядку комплектами справних, вчасно Perezаряджених та перевірених вогнегасників відповідного до величини сільськогосподарської техніки об'єму.

Крім того комбайнові екіпажі повинні мати лопати, відра, мітла і

хлопавки.

До необхідних протипожежних заходів, що здійснюються працівниками збиральних загонів відносять: протипожежне передчасне обкошування країв поля, розкошування та смугове розорювання поля на загінки, проведення за зернозбиральними комбайнами майже одночасного лущення стерні, наявність на полі у складі збирального загону пожежного автомобіля.

Якщо будь-який працівник збирального загону під час роботи відчув погіршення самопочуття, то роботу припиняють, працівнику необхідно надати долікарську та лікарську допомогу.

Якщо погодні умови при проведенні комплексу збиральних робіт різко погіршуються, супроводжуються грозою, зливами, сильними поривами вітру, чи іншими аномальними природними явищами, то роботу на зернозбиральних комбайнах та іншої сільськогосподарської техніки припиняють. Рух у негоду по схилам, канавам, пагорбам за умови наявності достатнього зчеплення з ґрунтовими дорогами здійснюють на понижених режимах трансмісії сільськогосподарської та обслуговуючої техніки.

Технологічні операції по переобладнанню різноманітними адаптерами зернозбирального комбайна необхідно виконувати з особливою обачністю.

Під час приєднувально-від'єднувальних робіт знаходження сторонніх осіб та людей в зоні між комбайном та адаптерами заборонено. Використання комбайна без справних захисних щитів та кожухів рухомих елементів заборонено.

В сучасних зернозбиральних комбайнах необхідно вчасно організовувати діагностично-сервісні роботи сервісними інженерами дилерсько-дистриб'юторських мереж. Технічно справні та технологічно вірно відрегульовані зернозбиральні комбайни з високим рівнем автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів є запорукою якісного, а головне безпечного щодо здоров'я та життя людини виконання комплексу збиральних польових робіт.

5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Метою екологічної експертизи в агропромислових підприємствах є попередження та усунення складових шкідливого впливу антропогенної діяльності людини. [25].

Висновки проведеної державної екологічної експертизи являються обов'язковими для виконання агропромисловим підприємствами.

Щодо дипломної роботи, необхідно акцентувати увагу на агротехнологічно вивірену політику щодо застосування механізованих робіт машинно-тракторними агрегатами при виробництві озимої пшениці.

Мета такої політики - зниження шкідливого виробничого впливу та запобігання чим максимально-можливе уповільнення небажаних структурних, біологічних, фізико-хімічних змін у ґрунті та навколишньому природньому середовищі в цілому.

Тому, у нашому випадку, під час розрахунку та вибору машинно-тракторних агрегатів для пропонувананих нами технологічних карт, удосконалення операційних технологій по вирощуванню та збиранню озимої пшениці рекомендовано:

- Застосовувати у якості тягових, тягово-приводних енергетичних засобів трактори на гусеничому ході вітчизняного виробництва: ХТЗ-200, та закордонного виробництва відомих брендів JOHN DEERE, Caterpillar, NEW HOLLAND;

- Відновлювати та додатково створювати лісові повітростримуючі смуги.

- Використовувати органічне та ґрунтозахисне землеробство.

Створення сучасної сільськогосподарської техніки направлено на максимально – можливе збереження та відновлення родючості ґрунту.

Прикладом таких технологій є застосування широкозахватних ґрунтообробних агрегатів, застосування стрічкових та нульових технологій.

З метою уповільнення розвитку руйнівних ґрунтових ерозійних процесів нами пропоновано широке використання безполицевого обробітку ґрунту, механізованих операцій з використання сидеральних добрив, застосування нульових технологій обробітку ґрунту.

Також ефективним протиерозійним засобом є використання решток стебло-листової частини сільськогосподарських культур – попередників. Залишки стерні на полі сприяють не тільки снігозатриманню, але й протидіють вітровій та водяній ерозії ґрунту.

Основною екологічною проблемою щодо використання сучасних зернозбиральних комбайнів, є досить велика повторність руху сільськогосподарської техніки по площі поля, і як наслідок – переущільнення орного та підорного шару ґрунту. Останнє призводить до поступового зменшення ефективності вирощування та збирання зернових культур, озимої пшениці зокрема до 32%.

Щодо нашого дослідження, яке проведено в дипломній роботі, то важливим є вивчення та впровадження досвіду передових інноваційних світу.

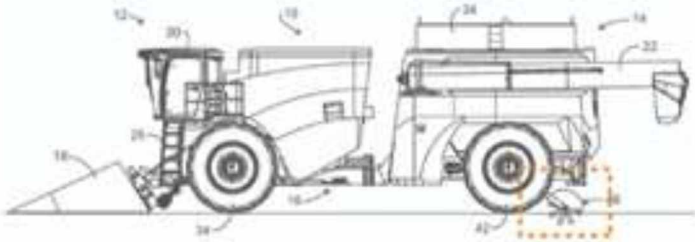
Так, наприклад, використання сучасного зернозбирального комбайна Tribine T-1000 (URL: <https://tribine.com/#top>), (табл.4.1) дає змогу застосовувати одночасно при здійсненні обмолоту сільськогосподарських культур фрезерування колій рушіїв даного комбайна.

Така технологія максимально ощадна, щодо орного та підорного шару ґрунту за рахунок виключення мінімум двох додаткових проходів по полю:

- Виключається необхідність застосування трактора в поєднанні з зерновозами для перевантаження зерна з бункера зернозбирального комбайна у кузови вантажівок.

- Прохід зернозбирального комбайна по полю може бути останнім в системі заключним етапом перед розпочатому нового циклу механізованих робіт в системах стрічкового та нульового обробітку ґрунту.

Таблиця 4.1 – Стратегії в комбайнобудуванні, направлені на екологічність технологій у зерновиробництві

Tribine T-1000 (URL: https://tribine.com/#top)
<p>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</p>
<p>Інновації, направлені на органічне землеробство та збереження гумусу – фреза за рушіями для розпушування колії</p>
<p>United States Patent (10) Patent No.: US 10,231,371 B2 (45) Date of Patent: Mar. 19, 2019</p> 
 <p style="text-align: center;">FIG. 5</p>

Така зернозбиральна система сприяє збереженню родючості ґрунту та накопиченню поживних речовин у ґрунті.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування пропонованих до впровадження результатів дослідження.

При виконанні дипломної роботи, річний економічний ефект \mathcal{E} , що очікується, розраховуємо за формулою [33,34]:

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

$C_{\text{б}}$; $C_{\text{н}}$ – показники питомої собівартості за базовими та новими варіантами, грн;

$K_{\text{б}}$, $K_{\text{н}}$ – показники питомих капіталовкладень в базових та нових варіантах, грн.;

$E_{\text{н}}$ – показник нормативного коефіцієнту ефективності капіталовкладень, $E_{\text{н}} = 0,15$;

$A_{\text{н}}$ – показник виробничого плану по використанню удосконаленої техніки у плановому періоді.

Приріст прибутку, що планується від впровадження удосконаленої технології [46]:

$$\Delta\Pi(\text{Чд}) = (\text{Ц}_{\text{н}} - \text{С}_{\text{н}}) - A_{\text{н}} - (\text{Ц}_{\text{б}} - \text{С}_{\text{б}}) - A_{\text{б}}, \quad (4.2)$$

де $\Delta\Pi(\text{Чд})$ – приріст прибутку, грн;

$\text{Ц}_{\text{н}}$, $\text{С}_{\text{н}}$ – показник, що характеризує обсяг питомої собівартості продукції в плановому періоді;

$\text{Ц}_{\text{б}}$, $\text{С}_{\text{б}}$ – показники, що характеризують обсяг питомої собівартості продукції в базовому варіанті, грн.;

$A_{\text{н}}$, $A_{\text{б}}$ – показники, що описують обсяг нової продукції в плановому періоді;

Розрахункове зниження собівартості: [46]:

$$\Delta C_{\text{н}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{н}}) \times A_{\text{н}}, \quad (4.3)$$

де $\Delta C_{\text{н}}$ – розрахункове значення планового зниження собівартості, грн.;

$C_{\text{б}}$, $C_{\text{н}}$ – розрахункове значення собівартості одиниці продукції в базовому, та новому варіанті, грн.;

$A_{\text{н}}$ – розрахункове значення обсягу виробництва продукції в новому варіанті (у %) [33,34]:

$$\Delta C_n = (C_b - C_n) \times 100\% / C_b, \quad (4.4)$$

де C_n , C_b – розрахункові показники собівартості одиниці продукції в новому та базовому варіантах.

Прогнозовану економію капітальних вкладень визначають за формулою [46]:

$$\Delta K = (K_b - K_n) \times A_n, \quad (4.5)$$

де ΔK – значення планової економії капітальних вкладень на розрахунковий період, грн.;

K_n , K_b – значення питомих капітальних вкладень в новому та базовому періодах.

Термін окупності капітальних вкладень, розраховують за виразами [33,34]:

$$T = K_n / П(Чд)_n; \quad (4.6)$$

$$T_1 = K_{доп} / \Delta П(Чд)_n, \quad (4.7)$$

де T та T_1 – цифрові значення терміну окупності планових та додаткових капітальних вкладень, років;

K_n – показник обсягу питомих планових капітальних вкладень в новому варіанті, грн.;

$K_{доп}$ – показник обсягу додаткових капітальних вкладень в нову техніку, грн.;

$П(Чд)_n$ – розрахункове цифрове значення планового прибутку від впровадження удосконалень, грн.;

$\Delta П(Чд)_n$ – розрахункове цифрове значення приросту прибутку в плановому році від реалізації удосконаленої техніки, грн.

Обчислюваний показник щодо рівня рентабельності зерновиробництва може бути визначений шляхом ділення прибутку в новому варіанті $П(Чд)_n$ до цифрового значення капіталовкладень вкладень (K) [33,34]:

$$U_p = П(Чд)_n \times 100\% / K. \quad (4.8)$$

Такий розрахунковий показник можливо порівнювати з рівнем рентабельності в базовому варіанті.

Розрахунок підсумкового економічного ефекту ($\Sigma \mathcal{E}$ та $\Sigma \mathcal{E}_1$) [33,34]:

$$\Sigma E\Theta = \Sigma \Delta\Pi(\text{Чд}) - E_n \times \Sigma \Delta K; \quad (4.9)$$

$$\Sigma \Theta_1 = \Sigma \Delta C - E_n \times \Sigma \Delta K, \quad (4.10)$$

де $\Sigma \Delta\Pi(\text{Чд})$ – показник обсягу приросту прибутку або чистого доходу, грн.;

$\Sigma \Delta C$ – показник зниження собівартості від усіх заходів, грн.;

$\Sigma \Delta K$ – показник обсягу капітальних вкладень відносно нової техніки, грн.;

E_n – цифрове значення нормативного коефіцієнту, що дорівнює 0,15.

Розраховані нами основних економічні показники за описаними формулами, подані у табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Показники оцінки економічної ефективності, яка планується при впровадженні у виробництво результатів роботи

Показники економічної ефективності	Базовий варіант зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич»	Комбайн КЗС-9-1 «Славутич», що додатково технологічно налаштований
Собівартість 1т зерна, грн.	3900	3830
Додаткові капітальні вкладення, грн.	0	9200
Планове річне завантаження одного комбайна, т	1000	1000
Закупівельна ціна (ціна реалізації) 1т зерна, грн.	7500	7500
Зниження собівартості, грн./т		170
Плановий приріст прибутку від зменшення втрат зерна та зменшення подрібненого зерна, грн./рік		85000
Термін окупності, років		На протязі року
Плановий річний економічний ефект, грн.		71920

З використанням аспектів пропонованої вище методики щодо обґрунтування техніко-економічної доцільності промислового впровадження основних рекомендацій, що наведені за результатами дослідження даної дипломної роботи, розраховано:

Плановий річний економічний ефект буде у обсязі 71920 грн., термін окупності додаткових капіталовкладень прогнозується протягом року.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Обрана тема в нашій дипломній роботі **«Удосконалення технології виробництва зерна озимої пшениці шляхом оптимізації комплексу машин з урахуванням імовірності втрат врожаю»** має високу актуальність за причиною того, в сучасному світі проблеми забезпечення людства продуктами харчування тільки підсилюються, а постійне підвищення конкурентоспроможності зернопродуктового підкомплексу - стратегічне питання харчової безпеки України.
2. На економічну ефективність промислових технологій по вирощуванню та збиранню зерна озимої пшениці впливає співвідношення: виробничі витрати на здійснення повного комплексу механізованих робіт - урожайність сільськогосподарської культури – ціна реалізації зерна на продовольчих ринках.
3. Можливо відмітити, що в більшості розвинутих сільськогосподарських промислових підприємствах України перевагу віддають парку зернозбиральних комбайнів виробництва провідних світових брендів. Сучасному агропромислому бізнесу важливий кінцевий надійний результат по вирощуванню та збиранню озимої пшениці, тому і сільськогосподарська техніка для промислових обсягів зерновиробництва, що постійно збільшуються, повинна відрізнитися підвищеною надійністю та якістю виконання операційних механізованих технологій. Такі вимоги є суттєвими при виборі сучасних зернозбиральних комбайнів.
4. По розглянутим надпотужним моделям зернозбиральних комбайнів фірм Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt можливо відзначити наступні спільні риси:
 - Продуктивність по зерну таких зернозбиральних комбайнів складає 45... 80т/год на збиранні високоврожайних зернових культур. В наш час така продуктивність наближається до 100 тонної позначки.
 - Маса такої високопродуктивної техніки знаходиться в діапазоні

20 000...22 000т.

- Об'єм зернового бункера більшої частини високопродуктивних машин доведено до 12,4...18 м³. Маємо картину зміни маси комбайна під час виконання збиральних робіт на 11...18 тон. В сторону збільшення. Така ситуація значно погіршує екологічність інноваційної зернозбиральної техніки, де основним критерієм створення була продуктивність машин.

- Частково проблему переущільненого орного та підорного шару ґрунту можливо вирішити за рахунок використання напівгусеневого рушія на передньому більш навантаженому мосту зернозбирального комбайна.

- Доцільність придбання нових високопродуктивних комбайнів відомих компаній Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt підлягає сумніву, якщо збиральні машинні комплекси не містять мобільних зерновозів у вигляді причіпів перевантажувачів.

- Домінуючими стратегіями у машинобудуванні сучасної сільсько-господарської техніки є розробка автономних роботизованих систем.

5. Ми можемо тільки узагальнити більшу частину попиту та побажань сільськогосподарських виробників щодо сучасного зернозбирального комбайна: якщо площа посіву зернових культур в аграрному підприємстві складає 1000.3500 гектарів, то рекомендовано підбирати зернозбиральні комбайни з потужністю енергетичної силової установки в межах 400...450 кінських сил, місткістю зернового бункера до 14,5...15,0 м³. Ширина адаптерів для збирання зерна при цьому повинна складати 7,5...10,5 м.

Молотильно-сепарувальна система повинна бути, в тому числі і з аксіально роторними сепарувальними пристроями.

6. Кардинально відрізняється від розглянутих моделей зернозбиральний комбайн Triline T-1000, виробництва США. Модульна конструкція такої машини заслуговує окремої особливої уваги, тому, що має перевагу щодо маневреності, «крабового ходу», автономності роботи, екологічності, що заложено в стратегії розробки такої машини. Суттєвою перевагою застосування на перший погляд самого більшого з порівнювальних бункерів

– понад 35 000 л., є виключення з технологічної операції збирання зернових культур високопродуктивними комбайнами додаткового перевантаження зерна у схемі: бункер – зерновоз.

7. Виробниче впровадження плану механізованих робіт з використанням сільськогосподарської техніки за варіантом АЗ – мінімізація виробничих витрат буде більш стійкою щодо імовірності втрат врожаю озимої пшениці.

8. При співставленні цифрових значень розрахованих кореляційних коефіцієнтів з теоретично розрахованими значеннями, можливо зазначити, суттєву ступінь зв'язку стосовно робочої продуктивності комбайна, робочої швидкості руху, висоти зрізу хлібостою та стосовно втрат зерна суттєва.

9. Нами підтверджено, уточнено та скореговано: для обох марок машин – РСМ-10(б) та КЗС-9-1 в умовах прямого комбайнування хлібостою озимої пшениці без полеглої хлібної маси з майже відсутніми бур'янами, рекомендована робоча швидкість руху 4...4,5км, год; рекомендована середня висота зрізу 15...20см; допустимі втрати зерна при вірно здійсненій технологічній наладці молотильно-сепарувальних систем комбайна – не більше 1,5%. Порівнювані зернозбиральні комбайна по обраним нами показникам за однакових умов збирання врожаю, виявились однотипними щодо якості обмолоту зерна. Проведені експериментальні дослідження за визначними нами технологічними факторами та режимами наладки зернозбиральних комбайнів ДОН-1500Б та КЗС-9-1 «Славутич», обґрунтовують необхідність проведення корегування рекомендованих агротехнічними вимогами параметрів технологічної наладки молотильно-сепарувальних систем та жнивarki в кожному окремому випадку обмолоту зернових культур.

10. При визначенні умов допуску до роботи на сучасній складній високоавтоматизованій зернозбиральній техніці враховується результати проведених медичних комісій, вік претендентів – не менше 18 років, їхня освіта, наявність спеціальної підготовки та перепідготовки, знання ПДР України, досвід попередньої роботи на машинно-тракторних агрегатах.

Наявність відповідного посвідчення комбайнера.

11. використання сучасного зернозбирального комбайна Tribine T-1000 дає змогу застосовувати одночасно при здійсненні обмолоту сільськогосподарських культур фрезерування колій рушіїв даного комбайна. Така технологія максимально ощадна, щодо орного та підорного шару ґрунту за рахунок виключення мінімум двох додаткових проходів по полю:

- Виключається необхідність застосування трактора в поєднанні з зерновозами для перевантаження зерна з бункера зернозбирального комбайна у кузови вантажівок.
- Прохід зернозбирального комбайна по полю може бути останнім в системі заключним етапом перед розпочатому нового циклу механізованих робіт в системах стрічкового та нульового обробітку ґрунту.

12. З використанням аспектів пропонованої вище методики щодо обґрунтування техніко-економічної доцільності промислового впровадження основних рекомендацій, що наведені за результатами дослідження даної дипломної роботи, розраховано: Плановий річний економічний ефект буде у обсязі 71920 грн., термін окупності додаткових капіталовкладень прогнозується протягом року.