

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ПІБ)

Руслан ШАТРОВ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2025 р.

«___» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Удосконалення машиновикористання багатоланкових
сільськогосподарських тракторно-транспортних агрегатів»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Соломка Олексій Валерійович

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Шуруля Олег Ярославович

(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Шурулі Олега Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення машиновикористання багатоланкових сільськогосподарських тракторно-транспортних агрегатів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. № 2038 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література по вивченню питання машиновикористання багатоланкових сільськогосподарських тракторно-транспортних агрегатів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ MASCHIO GASPARDO MT-8
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Соломка О.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Шуруля О.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В магістерській роботі запропоновано методологічне обґрунтування підбору конструкції пристроїв для підвищення поздовжньої і тракторної стійкості тракторно-транспортного агрегату в русі та високоефективну і маловитратну конструкцію буксирно-розподільного пристрою, а також низку технічних рішень, що сприяють реалізації наукового завдання з підвищення тягово-зчіпних властивостей і стабілізації коливань колісного тракторно-транспортного агрегату.

Визначено, що найбільшу амплітуду коливань під час руху на підйом має серійний тракторно-транспортний агрегат без пристрою без вантажу і серійний тракторно-транспортний агрегат без пристрою з вантажем, при цьому експериментальний з пристроєм без вантажу має найменшу амплітуду коливань переднього керованого моста. Амплітуда ж коливань експериментального тракторно-транспортного агрегату з пристроєм і вантажем під час руху на підйом на 27 % стабільніша за зафіксовану.

Проведено порівняльні виробничі випробування серійного та експериментального тракторно-транспортного агрегату в умовах руху на схилах. Встановлено, що встановлення запропонованого пристрою дає змогу підвищити продуктивність за годину основного робочого часу, водночас знизити питому витрату пального експериментального агрегату, в порівнянні із серійним.

Ключові слова: тракторно-транспортний агрегат, буксирно-розподільний пристрій, рух, стійкість.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ТЕХНІКО_ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА НАПРЯМКОМ РОБОТИ	7
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	21
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ MASCHIO GASPARDO MT-8	33
4. МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	41
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	70
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80

ВСТУП

Вирощування кукурудзи на зерно має вагоме значення у забезпеченні кормової бази тваринницької промисловості, в меншій мірі для забезпечення продовольчих потреб. При цьому, саме кукурудза на зерно є основою всіх кормів для будь яких тварин. Її В різні роки ця культура постійно входить в топ 3 сільськогосподарських культур за посівними площами України займаючи за останні 3 роки від 17,5 % до 19,3 % в структурі посівних площ.

Технології вирощування кукурудзи на зерно мають свої особливості, проте кожна з них містить технологічну операції сівбу. Відомо, що навіть незначні відхилення від встановленої глибини сівби призводить до зменшення врожайності кукурудзи на зерно. Саме підвищення якості сівби може дати суттєве підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно. Тому, необхідно особливу увагу приділяти якості виконання даної технологічної операції. При цьому, слід пам'ятати, що якість сівби напряму залежить від технічного стану посівної машини. Основний вплив на рівномірність вкладання насіння за глибиною сівби мають стан механізмів копіювання. Одним і проблемних механізмів просапних сівалок є механізм копіювання опорного колеса сошника. При зносу його спряжень спостерігається відхилення не тільки у вертикальній площині, а й горизонтальній.

Тому, метою роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно. Один із напрямків цього є підвищення якості сівби.

Досягнути поставленої мети можна шляхом вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати стан питання та технічні рішення щодо тематики проєкту;
2. Розробити операційно-технологічну карту сівби та план механізованих робіт вирощування кукурудзи на зерно;

3. Навести технічні розрахунки щодо удосконалення конструкції рухомих з'єднань сівалки;
4. Розглянути питання з охорони праці
5. Виконати техніко-економічну оцінку проекту

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА НАПРЯМКОМ РОБОТИ

1.1 Місце кукурудзи на зерно в структурі посівних площ та експорті України

Вирощування кукурудзи на зерно має вагомe значення у забезпеченні кормової бази тваринницької промисловості, в меншій мірі для забезпечення продовольчих потреб. При цьому, саме кукурудза на зерно є основою всіх кормів для будь яких тварин. Її В різні роки ця культура постійно входить в топ 3 сільськогосподарських культур за посівними площами нашої країни (рис. 1.1) займаючи за останні 3 роки від 17,5 % до 19,3 % [1] в структурі посівних площ.

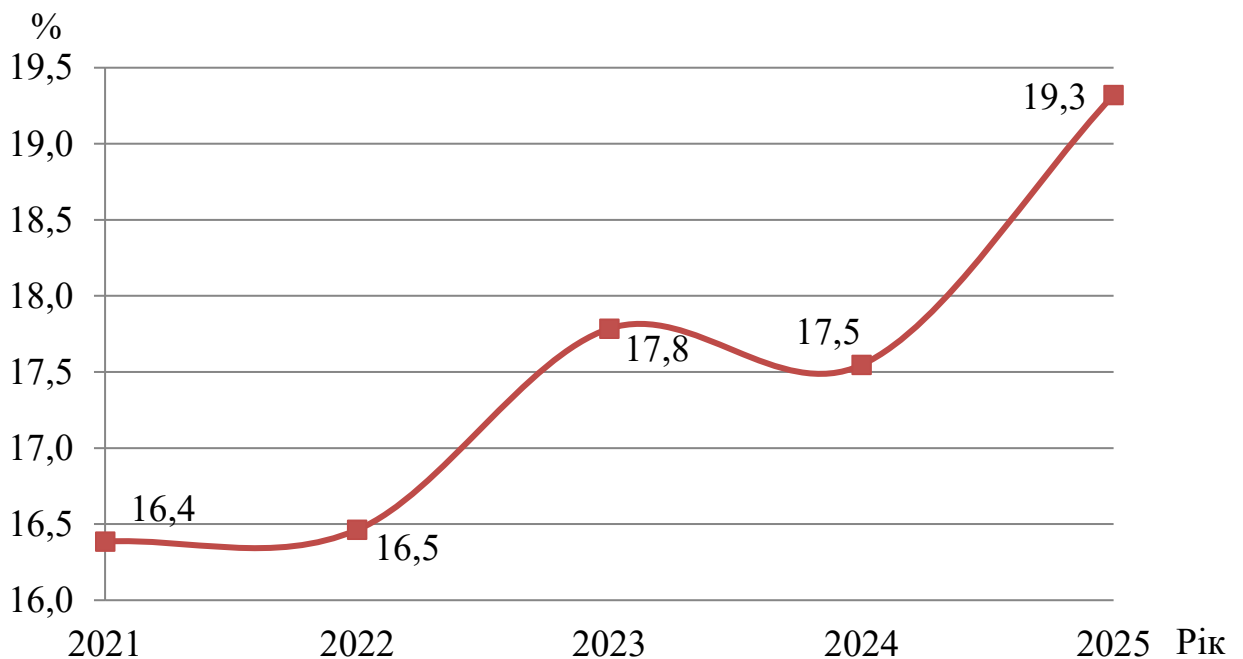


Рисунок 1.1 – Динаміка посівів кукурудзи на зерно в структурі посівних площ України

В абсолютних показниках посівні площі кукурудзи протягом 2021...2025 років становили не менше 4,5 млн. га (рис.1.2). Динаміка врожайності вказаної культури має тенденцію до зростання з деякими виключеннями [2], що

пов'язані із дуже несприятливими погодними умовами, зокрема такі як були у 2024 році.

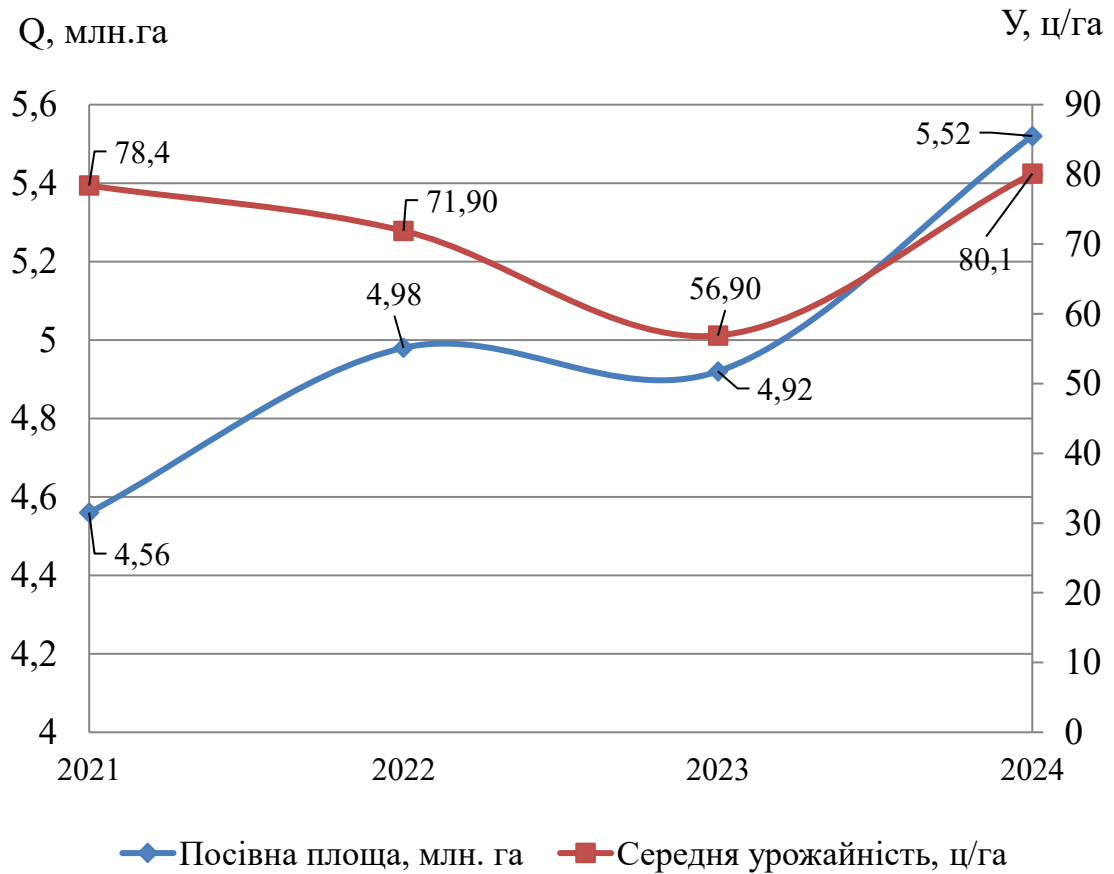


Рисунок 1.2 – Динаміка посівних площ та середньої врожайності кукурудзи на зерно в Україні протягом 2021...2024 років

У 2024 році зафіксовано найбільшу середню врожайність за останні роки спостереження (рис. 1.2). Постійне зростання врожайності культури пов'язано із значним розвитком селекційного напрямку створення гібридів цієї культури. Це дозволяє створювати так звані районовані гібриди, які найбільш пристосовані до вирощування в певних природньо-кліматичних умовах.

Динаміка експорту кукурудзи та отриманої валютної виручки за 2021-2025 рр наведено на рис. 1.3. Експортний потенціал цієї культури має вагоме значення у надходженні коштів в країну. Так у 2024 році Україна експортувала 24,67 млн. т. кукурудзи на суму більше 5,89 млрд. дол. США [3].

За досліджуваний період спостерігається динаміка зниження обсягу експортованої кукурудзи, що скоріше всього пов'язано із зростанням конкуренції на деяких ринках Африки та Азії, де домінують росія та США.

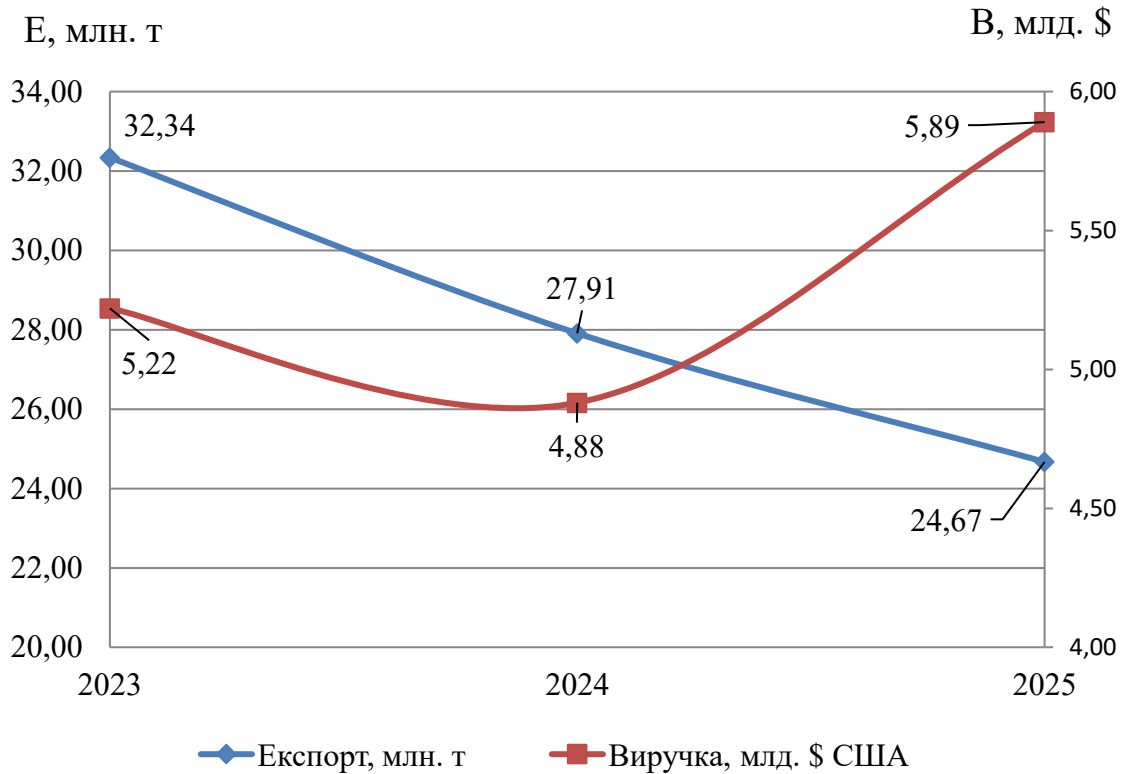


Рисунок 1.3 – Динаміка експорту кукурудзи на зерно та отриманої виручки від її реалізації

Навіть зі значним зменшенням експорту надходження від реалізації кукурудзи на зерно становлять від 4,88 до 5,89 млрд. \$ США. Тому, дана культура має важливе значення в сільськогосподарському виробництві.

Вирощування кукурудзи на зерно в сьогоденних умовах дозволяє отримувати не тільки зерно для створення кормової бази тваринам, а й отримувати інші продукти в тому числі з незернової частини культури.

Так, з стеблової маси отримують компоненти для хімічної промисловості, текстильних виробів, лаків та ін. Із зернової частини, крім кормів для тварин та продуктів харчування, виготовляють біо розкладні пластики.

1.2 Огляд технологій вирощування кукурудзи на зерно

Технології вирощування кукурудзи суттєво відрізняються між собою в різних природньо-кліматичних Зонах України. Основні відмінності технологій обґрунтовані типом та вмістом гумусу ґрунтів доступними запасами вологи та місячними нормами опадів. Одним із основних факторів, що впливає на врожайність кукурудзи на зерно є саме волога. Тому технології вирощування цієї культури або направлені на її накопичення, або на максимальне збереження в ґрунті.

Кукурудзу на зерно можна вирощувати, як монокультуру, без використання сівозміни. При цьому, для отримання високих врожаїв необхідно забезпечити достатній рівень запасів вологи. Досягнути цього можна або в зонах зі значним обсягом опадів протягом періоду вегетації, або зрошенням посівів кукурудзи. Якщо вирощувати кукурудзу після інших культур, то потрібно пам'ятати, що не бажано, щоб попередником був соняшник. Так як він має добре розвинену кореневу систему, що сягає 2...2,5 м та виносить значну кількість вологи з ґрунту.

Другим серед основних факторів отримання високих врожаїв цієї культури є забезпечення необхідного рівня корисних речовин у ґрунті. Зазвичай, при виконанні оранки восени виконують внесення малорухливих, зокрема фосфорних, добрив на глибину обробітку ґрунту. Сівбу бажано виконувати з внесенням так званої стартової дози добрив, яка повинна на початковому етапі розвитку рослини забезпечити певний рівень корисних речовин. Потім під час вегетації виконується одне підживлення кукурудзи. Це може бути внесення КАС або інших рідких добрив. Для нормального розвитку кукурудзи необхідно контролювати вміст цинку в ґрунті, і в разі необхідності виконувати внесення даного мікроелементу.

Технологічні операції пов'язані із доглядом за посівами кукурудзи та збиранням суттєво не різняться між собою незалежно від технології вирощування. Основні відмінності між технологіями полягають у різних

комплексах технологічних операцій основного та передпосівного обробітку ґрунту та сівби. Більш детально розглянемо основні відмінності технологій вирощування кукурудзи на зерно.

Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи передбачає значний вплив робочих органів ґрунтообробних машин на ґрунт. Зазвичай в систему обробітку ґрунту входить лушення або дискування (в залежності від попередника), оранка, передпосівний обробіток ґрунту, 1...2 боронування та декілька міжрядних обробітків. При цьому для ефективного захисту від бур'янів шкідників та бур'янів цього недостатньо. Тому, така технологія передбачає широке застосування засобів хімічного захисту, що підвищує навантаження на довкілля та часто призводить до накопичення шкідливих речовин у готовій продукції.

Мінімальна або Mini-till технологія вирощування кукурудзи передбачає суттєве зменшення переліку та кількості операцій, пов'язаних з обробітком ґрунту. Сучасне машинобудування пропонує комбіновані ґрунтообробні агрегати або комплекси, що здатні виконувати підготовку ґрунту та сівбу за один прохід агрегату. За такою технологією обробіток ґрунту виконується на глибину до 16...18 см. Серед недоліків вказаної технології є неоптимальна структура ґрунту на глибині більше 18 см, утворення замуленого шару на переході з обробленого ґрунту до ущільненого. Це призводить до погіршення процесів пов'язаних із накопиченням вологи та її рухом між шарами ґрунту. Позитивними аспектами мінімальної технології є значне зменшення собівартості вирощеного зерна та менша кількість сільськогосподарської техніки, яка необхідна для виконання всього комплексу технологічних операцій.

Технологія No-till (нульова) не передбачає виконання комплексу технологічних операцій з основного та передпосівного обробітків ґрунту. Технологічну операцію сівбу виконують сівалками, що здатні якісно виконати операцію в умовах стерні та значної кількості пожнивних решток. Недоліком цієї технології при вирощуванні кукурудзи на зерно є неоптимальна щільність

грунту у перші роки застосування вказаної технології, і як результат значне зменшення врожайності. Крім того відсутність обробки ґрунту призводить до різкого зростання забур'яненості полів. Тому, потребує інтенсивного використання хімічних засобів захисту культурних рослин. Серед недоліків No-till технології слід назвати обмежений вибір посівних машин із незначною шириною захвату (3...4 м) для її реалізації. Таким чином невеликі фермерські господарства, що мають трактори малої потужності не можуть її реалізувати в своїх умовах. Перевагами No-till технології є мінімальні витрати на виконання всього комплексу операцій вирощування кукурудзи на зерно та мінімізація кількості машинно-тракторного парку. Суттєве зменшення врожайності кукурудзи на зерно за No-till технологією, навіть у порівнянні з мінімальною, стало перепоною для широкого розповсюдження такої технології.

Серед найбільш перспективних технологій виробництва зерна кукурудзи є технологія смугової обробки ґрунту або Strip-till. Ця технологія можна сказати об'єднала інтенсивну технологію та технологію No-till. Основна особливість цієї технології полягає в тому, що міжряддя залишається без обробки (фактично No-till), а зона рядка, шириною до 15...20 см, обробляється ґрунтообробними знаряддями. Така технологія увібрала позитивні аспекти з нульової технології: зменшення випаровування вологи за рахунок наявності пожнивних решток у міжрядді та мінімальний вплив на мікроорганізми «живий ґрунт». Щодо позитивних аспектів інтенсивної технології, то серед них слід назвати такі: створення оптимальної щільності та структури ґрунту в зоні рядка. Strip-till технологія дозволяє зменшити витрати на підготовку ґрунту та сівбу, створивши при цьому оптимальні умови для розвитку культурної рослини. Основним же недоліком такої технології є висока вартість машин для її впровадження та необхідність використання GPS систем, що мають високу точність. Все це поки що зупиняє широке провадження Strip-till технології у малих сільськогосподарських підприємствах.

Відомо, що одним із основних факторів, окрім внесення добрив є комплекс операцій основного обробітку ґрунту (рис. 1.4) [4]. В даній роботі доведено ефективність виконання технологічної операції глибокого розпушення ґрунту.

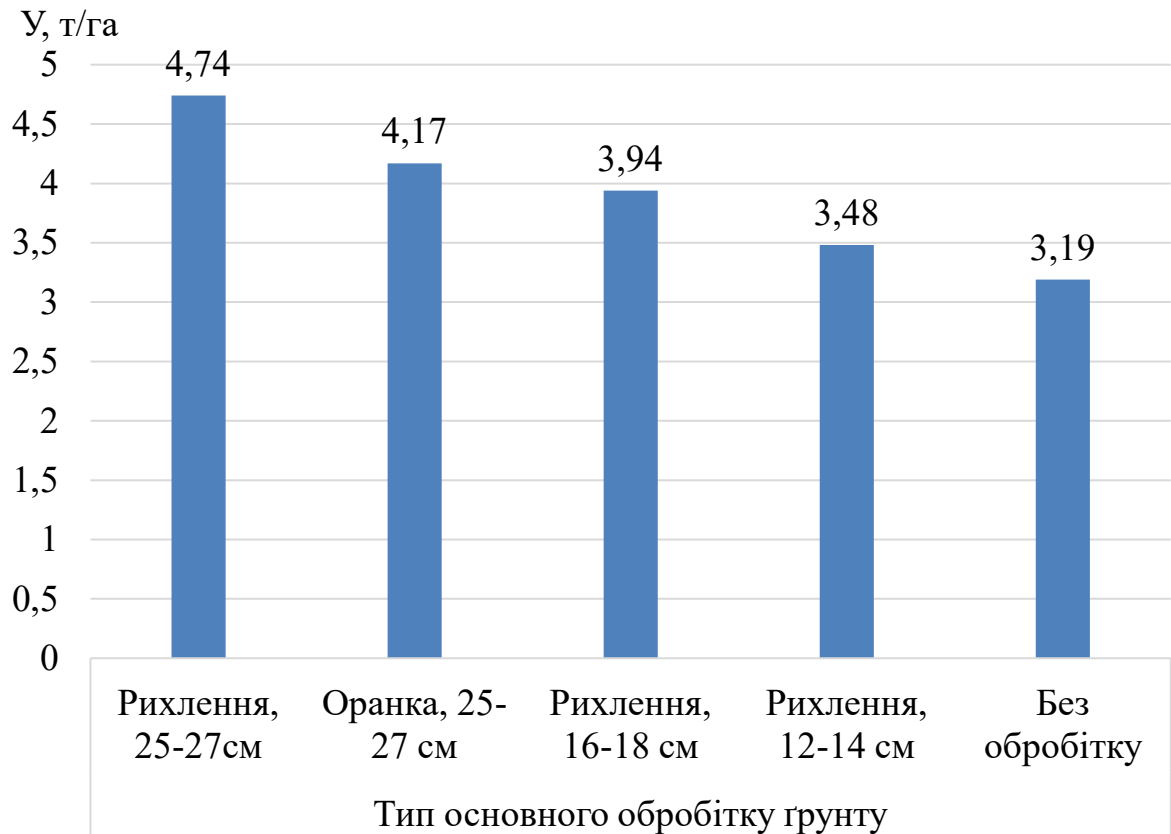


Рисунок 1.4 – Залежність врожайності гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ від основного обробітку ґрунту (графік побудовано на основі даних [4])

Умови проведення експерименту: зона Степу України, Запорізька область, внесення добрив N45P45 – під обробіток ґрунту, N15P15K15 – разом із сівбою. Наведені результати свідчать, що для гібриду Моніка 350 МВ оптимальним є виконання рихлення ґрунту на глибину 25...27 см. У порівнянні з оранкою на ту саму глибину, технологічна операція рихлення дозволяє отримати приріст врожайності на 13,7 %.

На основі проведеного аналізу стає зрозуміло, що основними факторами, які мають суттєвий вплив на урожайність є система підготовки ґрунту внесення мінеральних добрив та сівба. Так як, в тих технологіях де відсутня підготовка

грунту, особлива увага приділяється саме сівбі. Від якості виконання цієї технологічної операції буде багато в чому залежати майбутній врожай.

Відомо, що навіть незначні відхилення від встановленої глибини сівби призводить до зменшення врожайності кукурудзи на зерно. Тому, необхідно особливу увагу приділяти якості виконання технологічної операції сівби. При цьому слід пам'ятати, що якість сівби напряму залежить від технічного стану посівної машини. Основний вплив на рівномірність вкладання насіння за глибиною сівби мають стан механізмів копіювання. Одним і проблемних механізмів просапних сівалок є механізм копіювання опорного колеса. При зносу його спряжень спостерігається відхилення не тільки у вертикальній площині, а й горизонтальній.

1.3 Огляд та аналіз технічних рішень щодо теми проєкту

Знос елементів трибоспряжень посівних машин призводить до зміни їх геометричних розмірів та утворення зазорів, що перевищують номінальні значення. Це спричиняє утворенню люфтів у рухомих спряженнях. В результаті чого, відносно розташування деталей механізмів посівної секції та їх рух відрізняється від нормальних режимів роботи. Це призводить до зниження якості сівби, інколи навіть до незадовільного рівня. Виробники техніки вирішують це завдання експлуатаційним методом. А саме шляхом впровадження в систему технічного мащення рухомих з'єднань. Але це не завжди дає бажаний ефект, так як механізатори зацікавлені в виконанні саме обсягу робіт, інколи не зважаючи на низьку на якість. Тому, мащення трибоспряжень не завжди виконуватися вчасно, що призводить до інтенсивного зносу.

Розглянемо технічні рішення науковців України щодо вирішення даної задачі.

Існує технічне рішення відповідно до патенту України № 94773, в якому пропонується у якості елементів трибоспряжень дискового сошника використовувати деталі зі самозмащувального полімерного матеріалу (рис. 1.5).

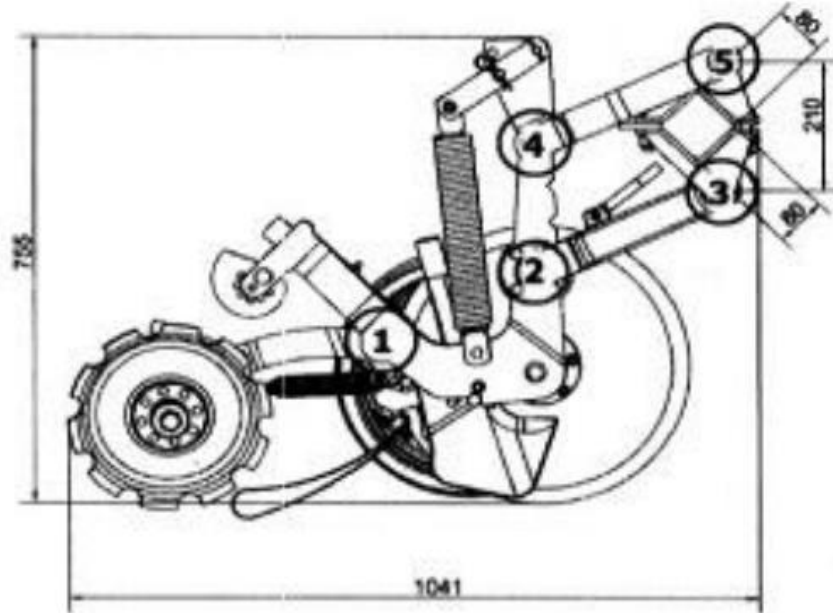


Рисунок 1.5 – Схема до технічного рішення патенту України № 94773

В патенті запропоновано використовувати деталі з полімерного матеріалу, на основі поліаміду-6 наповненого вуглецевим волокном, в механізмі копіювання та трибоспряженні прикочуючого колеса [5]. Запропоноване рішення дозволяє значно підвищити довговічність трибоспряжень такого сошника. Заявники декларують, що польовими випробуваннями доведено ефективність запропонованого рішення. Проте, такий тип сошників застосовується для сівби за технологією No-till, яка має низьку ефективність при вирощуванні кукурудзи на зерно.

В технічному рішенні №143944 запропоновано використання трибоспряження з циліндричними втулками [6], виготовленими із самозмащувальних полімерних матеріалів, та можливістю регулювання. (рис. 1.6). Запропонована конструкція складається з осі 1, циліндричної втулки 2 з полімерного матеріалу та грибкової гайки 3 (рис. 1.6).

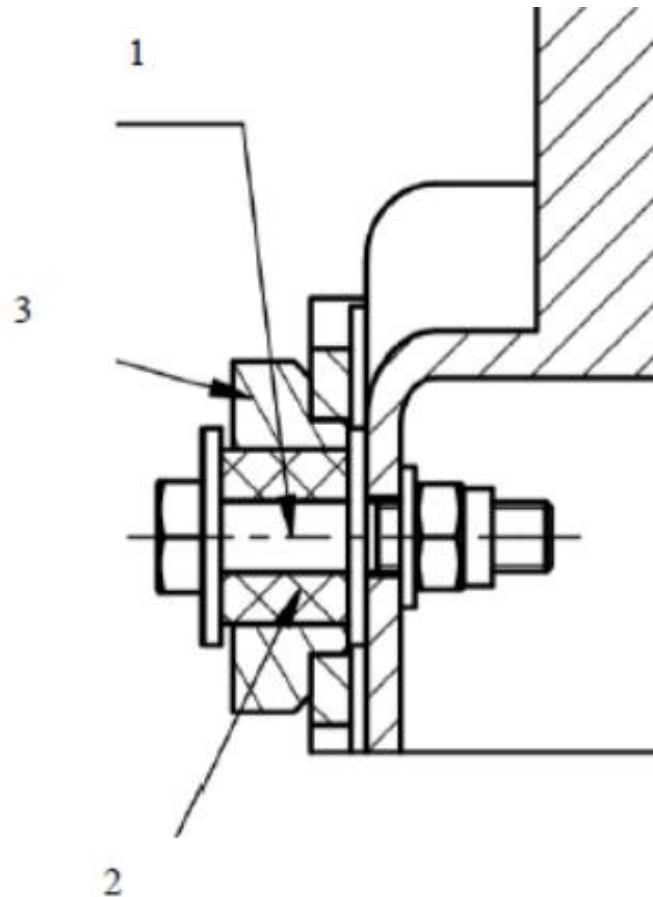


Рисунок 1.6 – Схема до технічного рішення патенту №143944: 1 – вісь; 2 – циліндрична втулка з полімерного матеріалу; 3 – гайка

В запропонованому рішенні винахідники вказують на можливість регулювання зазору при збиранні або при спрацюванні полімерної втулки шляхом підтягування гайки 3. При цьому незрозуміло, яким чином може можна зменшити зношений внутрішній розмір без значного деформування деталі. Це в свою чергу призведе до підклинювання деталі зовнішнім діаметром, який повинен бути робочою поверхнею.

Варіант вирішення задачі ліквідації технічного обслуговування трибоспряжень запропонований у патенті № 151145 [7] полягає не тільки у використанні елементів трибоспряжень із полімерних матеріалів, а й додаткового використання спеціальної системи самозмащування консистентними мастилами (рис. 1.7).

Винахідниками запропонована конструкція підшипника ковзання, який складається з трьох елементів, що містять систему каналів та карманів для виконання функції буфера пластичного мастила. Елементи запропонованого трибоспряження складаються з верхніх вкладишів 1, валу 2, нижнього вкладишу 3, системи кишень 4, каналів 5 та спеціальних трапецієвидних карманів 6 (рис. 1.7).

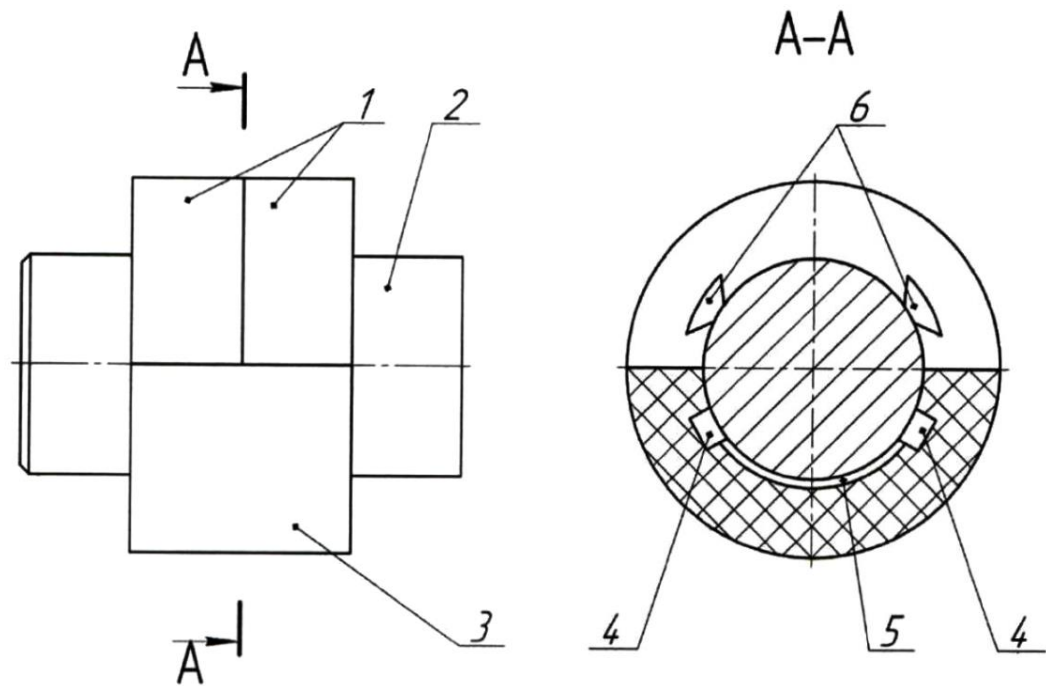


Рисунок 1.7 – Схема опорного підшипника ковзання

Запропонована конструкція забезпечує значну довговічність трибоспряження. Така конструкція запропонована рухомих з'єднань шнекового конвеєра, тому має значні розміри (діаметр елементів більше 100 мм). Проте, при виготовленні такої конструкції незначного розміру втрачається позитивний ефект від системи каналів та кишень із мастильними матеріалами. Тому, реалізувати розглянуте рішення в трибоспряженнях посівних машин буде недоцільно.

Відоме технічне рішення № 142551 щодо використання елементів трибоспряжень, виготовлених з полімерних матеріалів [8], що виконані у вигляді усічених конусів (рис 1.8). Використання самозмащувальних матеріалів та конусних елементів рухомих з'єднань дозволяє вирішити, як

завдання ліквідації технічного обслуговування трибоспряження, так і можливості регулювання зазору (люфта).

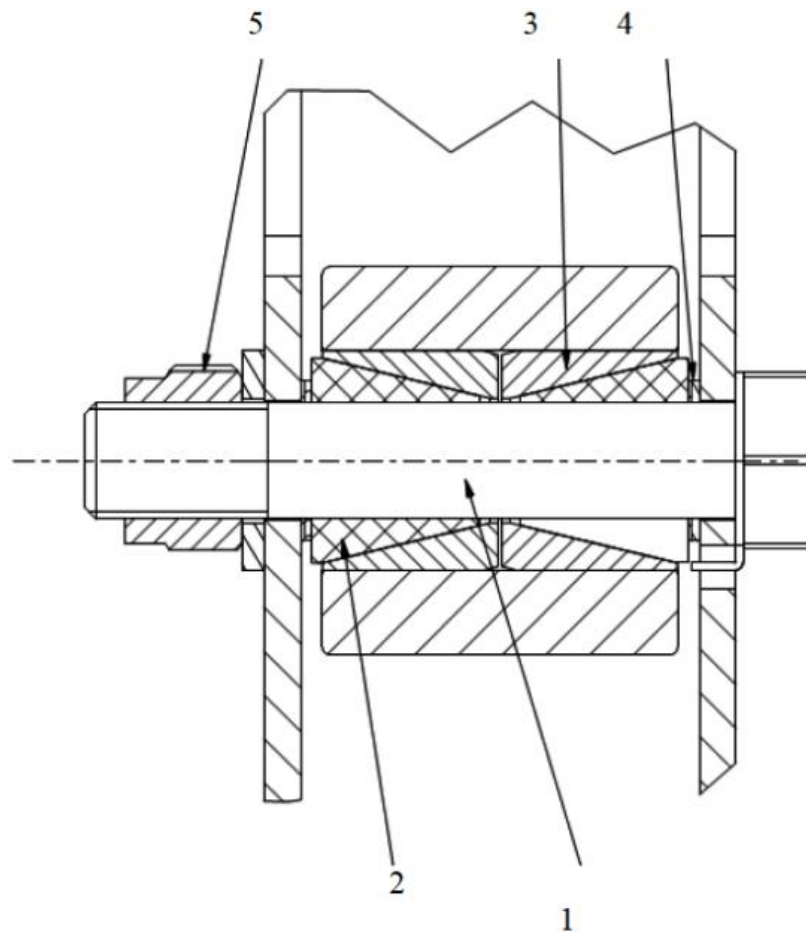


Рисунок 1.8 – Схема технічного рішення № 142551: 1 – вісь; 2 – конічні втулки з полімерного матеріалу; 3 – сталеві конічні втулки; 4 – шайба; 5 – гайка

Принцип роботи такого трибоспряження наступний. При першочерговому збиранні регулюють люфт за рахунок затягування або відпускання гайки 5. При цьому, відбувається зміна зазору між втулками 2 та втулками 3. У випадку спрацювання поверхні втулки із самозмащувального матеріалу та збільшені зазору між нею та втулкою 3, необхідно шляхом підтягування гайки 5, встановити оптимальний зазор у трибоспряженні. В технічному рішенні запропоновано виконувати технологічний розріз конічних втулок, що обґрунтовано нерівномірністю поверхні конічної втулки. Це збільшує затрати на отримання готових деталей з композиційного матеріалу

(КМ). Тому, в дипломній роботі пропонується взяти за основу наведене технічне рішення та реалізувати його для конструкції машини для сівби кукурудзи на зерно. При цьому, технологічний розріз виконувати не планується, деталі з КМ будуть проходити механічну обробку після виготовлення.

1.4 Обґрунтування теми

Технології вирощування кукурудзи на зерно мають свої особливості, проте кожна з них містить технологічну операції сівбу. Відомо, що навіть незначні відхилення від встановленої глибини сівби призводить до зменшення врожайності кукурудзи на зерно. Саме підвищення якості сівби може дати суттєве підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно. Тому, необхідно особливу увагу приділяти якості виконання даної технологічної операції. При цьому, слід пам'ятати, що якість сівби напряму залежить від технічного стану посівної машини. Основний вплив на рівномірність вкладання насіння за глибиною сівби мають стан механізмів копіювання. Одним і проблемних механізмів просапних сівалок є механізм копіювання опорного колеса сошника. При зносу його спряжень спостерігається відхилення не тільки у вертикальній площині, а й горизонтальній.

Тому, метою роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно. Один із напрямків цього є підвищення якості сівби.

Досягнути поставленої мети можна шляхом вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати стан питання та технічні рішення щодо тематики проєкту;
2. Розробити операційно-технологічну карту сівби та план механізованих робіт вирощування кукурудзи на зерно;

3. Навести технічні розрахунки щодо удосконалення конструкції рухомих з'єднань сівалки;
4. Розглянути питання з охорони праці
5. Виконати техніко-економічну оцінку проекту

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

2.1 Розробка операційно-технологічної карти на сівбу кукурудзи на зерно

Умови роботи МТА для сівби кукурудзи на зерно.

Кукурудзу на зерно розміщують по стерньових культурах (гречка, пшениця, ячмінь) і в цьому випадку система підготовки ґрунту, що включає глибоке рихлення та передпосівну підготовку ґрунту забезпечує якісне закладення насіння. При необхідності сівби кукурудзи, після високо стеблових культур зазвичай передбачається спочатку обробіток ґрунту дисковими боронами.

Планова площа вирощування становить 205 га. Величину питомого тягового опору ґрунту при сівбі приймаємо 1,0 кН/м, довжина гону 1100 м, схил полів 2,5 %.

Агротехнічні вимоги до посівних машин.

1. «Сівалки повинні забезпечувати висів просапних культур з міжряддями 0,43; 0,70; 0,90 і нормами від 20 до 200 тисяч насіння на 1 га. Допустиме відхилення від встановленої норми не повинне перевищувати $\pm 3\%$ » [9].

3. «Висівні агрегати і загортаючі робочі органи повинні забезпечувати рівномірний розподіл насіння з допустимим відхиленням від розрахункового інтервалу $\pm 10\%$ » [9].

4. Робочі органи сівалки повинні забезпечувати укладання насіння на дно борозни на глибину від 2 до 12 см.

5. «Допустиме травмування насіння не повинне перевищувати 0,5% від заданої норми висіву» [9].

6. Сівалка повинна забезпечувати рівномірний висів усіма апаратами з допустимим відхиленням не більше 3%, прямолінійність між рядками до 5 см.

9. Поверхня ґрунту, після проходу сівалками має бути вирівняна, наявність не загорнутого насіння не допускається.

Розрахунок тягового опору та компоновання тягового агрегату

Приймаємо для розрахунків такий склад МТА для сівби кукурудзи: трактор МТЗ-892, сівалка Maschio Gaspardo МТ-8.

Сумарний тяговий опір (кН) посівного агрегату визначаємо:

$$R_a = R_{p.o.} + R_{пер} + R_i, \quad (2.1)$$

де $R_{p.o.}$ – тяговий опір робочих органів (диску сошника), опорного колеса та прикочуючих коліс сівалки, кН;

$R_{пер}$ – тяговий опір на перекочування, кН;

R_i – тяговий опір подолання підйому, кН.

Тяговий опір робочих органів на коліс розраховуємо за виразом:

$$R_{p.o.} = k_{пит} \cdot B_p, \text{ кН} \quad (2.2)$$

де $k_{пит}$ – питомий тяговий опір, кН/м, приймаємо $k_{пит} = 1,0$ кН

B_p – робоча ширина захвату сівалки, м. Сівалка Gaspardo МТ-8 має ширину захвату 5,6 м.

Таким чином, маємо:

$$R_{p.o.} = 1,0 \cdot 5,6 = 5,6 \text{ кН}$$

Тяговий опір машини на перекочування складе:

$$R_{пер} = G_{рм} \cdot f, \quad (2.3)$$

де $G_{рм}$ – вага сівалки з насінням, кН. Приймаємо вагу сівалки – 12,5 кН, насіння – 2,15 кН. Всього – 14,65 кН.

f – коефіцієнт опору кочення, приймаємо $f = 0,13$.

Підставивши дані, отримаємо:

$$R_{пер} = 14,65 \cdot 0,13 = 1,90 \text{ кН}$$

Тяговий опір руху на підйом, кН:

$$R_i = G_{МТА} \cdot \frac{i}{100}, \quad (2.4)$$

де i – похил поля, %.

Таким чином, тяговий опір подолання підйому становитиме:

$$R_i = (41,5 + 14,65) \cdot \frac{2,5}{100} = 1,4 \text{ кН}$$

Опір на подолання інерції спокою (рушання з місця) розраховуємо:

$$R_{in} = m_a * \frac{V_p}{t_p} \quad (2.5)$$

де V_p – робоча швидкість МТА, м/с;

t_p – час розгону МТА, приймаємо $t_p = 4$ с.

Підставивши дані, отримаємо:

$$R_{in} = 5,6 \frac{2,3}{4} = 3,22 \text{ кН}$$

Отже сумарний тяговий опір складе:

$$R_{p.o.} = 5,6 + 1,75 + 1,4 + 3,22 = 11,97 \text{ кН}$$

Визначаємо затрати потужності на створення вакууму з рівняння:

$$N_{нас} = \frac{\Pi * P_c}{3,6 * 10^5 * \theta}, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

де Π – продуктивність вентилятора, м³/год;

P_c – сила присмоктування зерна до отвору диску, Па;

Продуктивність вентилятора можна визначити з виразу:

$$\Pi = 900 * \pi d_o^2 * z_1 * z_2 \sqrt{\frac{0,2g * K_p * H_a}{\gamma_b}}, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.7)$$

де: d_o – діаметр отвору в розподільному диску, м;

z_1 – кількість отворів у диску, шт.;

m_1 – кількість посівних секцій, шт.;

K_p – величина розрідження, $K_p = 0,35 \dots 0,4$

H_a – атмосферний тиск, $H_a = 10,000$ Па;

γ_b – питома маса повітря, $\gamma = 1,162$ кг/м³;

η – ККД вентилятора ; $\eta = 0,80 \dots 0,91$.

Силу присмоктування зерна до отвору диска розраховуємо:

$$P_c = \frac{K_p * H_a * \frac{\pi d_o^2}{4}}{m * g} * z_1, \text{ Па} \quad (2.8)$$

де: m – маса одного зерна, кг;

Прийнявши відповідні значення параметрів: $d_o = 0,005$ м ; $z_1 = 22$; $m_1 = 8$;
 $q = 9,81$; $K_p = 0,35$; $N_a = 10,000$; $\gamma_b = 1,162$ кг/м³, $m = 0,0025$ кг, маємо:

$$\Pi = 900 \cdot 3,14 \cdot 0,005^{-2} \cdot 22 \cdot 8 \sqrt{\frac{0,2 * 9,81 * 0,35 * 10,000}{1,162}} = 934 \text{ м}^3/\text{год}$$

Силу присмокування зерна:

$$P_c = \frac{0,35 * 10,000 * \frac{3,14 * 0,005^2}{\gamma}}{0,00025 * 9,81} * 22 = 742,3 \text{ Па}$$

Отже затрати потужності на створення вакууму становлять:

По формулі визначаємо (9) потужність на привід вентилятора:

$$N_b = \frac{\Pi * P_c}{3,6 * 10^5 * \eta} = \frac{934 * 742,3}{3,6 * 10^5 * 0,91} = 2,1 \text{ кВт}$$

Визначаємо ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{TH}} \quad (2.9)$$

Приймаємо, що для роботи можна обрати 5 та 6 передачі трактора, для яких $P_{TH5} = 13,7$ кН, $V_{p5} = 8,3$ км/год., $P_{TH6} = 11,25$ кН, $V_{p6} = 9,6$ км/год.

Отже маємо:

$$\xi_{p5} = \frac{11,97}{13,7} = 0,87$$

$$\xi_{p6} = \frac{11,97}{11,25} = 1,06$$

Отримані результати свідчать про перевантаження трактора на 6 передачі, тому основною передачею обираємо 5.

Підготовка агрегату до роботи.

Основна підготовка трактора до роботи передбачає: контроль потрібної ширини колії, тиску в шинах, встановленням довантажувачів зчіпної ваги, налаштування навіску для роботи за триточковою схемою, включення ВВП з частотою 1050 хв⁻¹.

Підготовка сівалки полягає у виконанні перевірки та встановленні сошників на необхідну відстань – 700 мм, перевірки комплектності та стану привідних механізмів та маркерів сівалки.

Навішування сівалки на трактор відбувається наступним чином: трактор заднім ходом під'їжджає до сівалки з таким розрахунком, що рамки автосчіпки трактора і сівалки знаходилися точно один проти одного. За допомогою гідросистеми раму автосчіпки трактора опускають у нижнє положення. Повільно подаючи трактор назад, вводять трактор і машину зчеплення і підіймають останню. По закінченню операції необхідно упевнитися надійній роботі замка-фіксатора.

Технічна підготовка агрегату до роботи полягає у перевірці та налаштуванні паралельності бруса сівалки осі заднього моста та поверхні регульовальної площадки. Регулюючи довжину розтяжки нижніх тяг гідронавіски забезпечити коливання піднятої сівалки відносно осі трактора в діапазоні 1,0...1,5 см.

Необхідну кількість насіння, яку повинна висівати сівалка (тис.шт./га) встановлюють на спеціальному комп'ютері, яким оснащується сівалка та встановлюється в трактор. Перевіряють встановлене значення на відповідність, шляхом підймання та прокручування привідного колеса. За необхідності вносять потрібні коригування.

Підготовка поля до роботи посівного агрегату.

Напрямок руху рекомендується обирати під деяким гострим кутом до напрямку виконаної до посівної культивуації. Обираємо спосіб руху – човниковий, повороти – безпетльові.

Ширину поворотної смуги визначаємо за рівнянням:

$$E = 1,5R + e, \quad (2.10)$$

де: R – радіус повороту агрегату (приймаємо рівним $1,1 \cdot B_p$), м;

B_p – робоча ширина захвату МТА для сівби, м.

e – довжина виїзду агрегату, м. Для навісних агрегатів $e = 0,1 \cdot l_K$.

l_K – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематичну довжина агрегату визначаємо з рівняння:

$$l_k = l_m + l_M \quad (2.11)$$

де l_T , l_M – відповідно, кінематичні довжини трактора та сівалки, м.

Враховуючи, що кінематична довжина трактора МТЗ-82 становить 1,3 м, сівалки Gaspardo MT-8 – 1,8 м, маємо:

$$l_k = 1,3 + 1,8 = 3,1 \text{ м}$$

Отже ширина поворотної смуги буде становити:

$$E = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 5,6 + 0,1 \cdot 3,1 = 9,55$$

З врахуванням ширини захвату приймаємо $E=11,2$ м.

Підраховуємо коефіцієнт робочих ходів за рівнянням:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (2.12)$$

де L_p – довжина робочого ходу, м;

L_x – довжина повороту, м.

Робоча довжина гону:

$$L_p = L - 2E, \quad (2.13)$$

де: L – довжина поля, м;

Довжина повороту визначається:

$$L_x = (6,6 \dots 8,0)R + 2e \quad (2.14)$$

Підставивши дані отримаємо:

$$L_p = 1100 - 2 \cdot 11,2 = 1077,6 \text{ м}$$

$$L_x = 7 \cdot 6,16 + 2 \cdot 0,31 = 43,74 \text{ м}$$

$$\varphi = \frac{1077,6}{1077,6 + 43,74} = 0,96$$

Розрахунок очікуваної продуктивності посівного агрегату і витрати палива.

Продуктивність агрегату розраховується за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 B_p V_p T_{зм} \tau \quad (2.15)$$

де: τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$\tau = \frac{T_p}{T_{3M}}. \quad (2.16)$$

Основний час роботи агрегату:

$$T_p = \frac{T_{3M} - T_{пз} - T_{щто} - T_{\phi} - T_{пер}}{60(1 + \tau_{пов})}, \text{ ГОД} \quad (2.17)$$

T_{3M} – час роботи за 1 зміну (приймаємо 7 год);

$T_{пз}$ – час підготовчо-заклучних (додаткових) робіт ($T_{пз} = 4$ хв);

$T_{щто}$ – норма часу на технічне обслуговування трактора і сівалки. За рахунок ліквідації більшості точок мащення, отримуємо суттєве зменшення часу на ТО, приймаємо 12 хв.

T_{ϕ} – норма часу на фізіологічні потреби механізаторів ($T_{\phi} = 20$ хв), хв;

$T_{пер}$ – час переїздів агрегату протягом зміни ($T_{пер} = 25$ хв), хв;

$\tau_{пов}$ – коефіцієнт поворотів;

Коефіцієнт поворотів:

$$\tau_{пов} = \frac{V_n \cdot t_{пов}}{3,6 \cdot L}, \quad (2.18)$$

Приймаємо, що $V_n = V_p$; $t_{пов} = 40 \dots 60$ сек;

Таким чином маємо:

$$\tau_{пов} = (8,3 \cdot 40) / 3,6 \cdot 1100 = 0,084$$

$$T_p = \frac{420 - 4 - 12 - 20 - 25}{60(1 + 0,084)} = 5,52 \text{ год}$$

$$\tau = 5,52 / 7 = 0,79$$

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8,3 \cdot 7 \cdot 0,79 = 25,7 \text{ га/зМ}$$

Витрата палива на 1 га посіву розраховується за формулою:

$$G_{2a} = \frac{G_p \cdot T_p + G_{пов} \cdot T_{пов} + G_{пер} \cdot T_{пер} + G_{зуп} \cdot T_{зуп}}{W_{3M}}, \text{ КГ/ГА} \quad (2.19)$$

G_p , $G_{пов}$, $G_{пер}$, $G_{зуп}$ – відповідно витрата палива двигуном при навантаженні, на поворотах, переїздах, і на зупинках, кг/год.

Час поворотів визначаємо:

$$T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p. \quad (2.20)$$

Приймаємо такі дані щодо часу та витрат палива: $G_p = 13$ кг/год ; $G_{пов} = 7$ кг/год ; $G_{пер} = 5$ кг/год ; $G_{зуп} = 1,7$ кг/год., $T_p = 5,52$ год.; $T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p = 0,47$ год.; $G_{пер} = 0,42$ год.; $G_{зуп} = 0,50$ год.

Враховуючі ці дані маємо:

$$G_{за} = \frac{13 \cdot 5,52 + 7 \cdot 0,47 + 5 \cdot 0,42 + 1,7 \cdot 0,5}{25,7} = 3,05 \text{ кг/га}$$

Робота агрегату в полі та контроль якості виконання сівби.

Для першого проходу посівного агрегату відбивають напрям руху вішками на відстані від краю поля 2,8 м (половина захвату сіялки). Посівний агрегат по лінії вішки рахується серединою трактора (рух по пробці радіатору) з робочою швидкістю 8 км/год. При першому проході агрегату перевіряють і за необхідності коректують норму висіву і глибину загортання насіння. Для цього на відстані від краю поля 30...50 м розкривають вісім загорнених рядків на довжині 14,3 м, не порушуючи положення насіння на дні борозни. Підраховують фактичну сівбу насіння, яка складає на розкритій борозні 1/1000 від заданої норми. Фактичний висів може відрізнитися від необхідної норми не більше ніж ± 1 зерно. При другому та третьому проходах агрегату перевіряють величину стикового міжряддя. Якщо ширина стикового міжряддя більша основного, то довжину маркера зменшують, при меншій – збільшують.

На поворотній полосі підіймають сівалку не вимикаючи вал відбору потужності, повертають, заїжджають колесом на лінію маркера і починають рух з одночасним опусканням машини у робоче положення. Така організація роботи запобігає створенню пропусків та забруднення п'яток сошників сівалки.

Для попередження поломок сівалки, забруднення сошників подачу агрегату назад необхідно виконувати тільки при піднятих маркерах. В процесі роботи слідкувати за роботою приладу контролю висіву та рівня насіння в бункерах. На початку посіву включають прилад – загоряється зелена лампочка. Якщо висівні апарати функціонують нормально, бункери заповнені насінням, то інші світлові та звукові сигнали відсутні.

2.3 Розробка плану механізованих робіт вирощування кукурудзи на зерно

Вирощування кукурудзи на зерно плануємо виконувати за технологією що передбачає виконання в системі основного обробітку ґрунту – рихлення ґрунту на глибину 25-27 см агрегатом в складі трактора John Deere 8420 та дискового глибокорозпушувача John Deere 512 (5,3 м). Вказаний глибокорозпушувач має як батареї дисків так і розпушувальні лапи здатні виконувати рихлення на глибину до 40 см.

Перед виконанням сівби виконується передпосівний обробіток ґрунту культиваторами з котками для кращого вирівнювання ґрунту. Сівбу виконуємо МТА у складі трактора МТЗ-892 та сівалки Gaspardo МТ-8 з нормою 20 кг/га.

Система захисту кукурудзи на зерно передбачає внесення гербіцидів для боротьби із бур'янами та підживлення під час вегетації шляхом внесення КАС-32 та (або) аміачної селітри з нормою від 100 до 150 кг/га.

Збирання виконуємо прямим комбайнуванням з обмолотом качанів із використання жатки для збирання кукурудзи на зерно.

Технологічна карта вирощування сільськогосподарських культур розробляється на кожну культуру окремо, і складається із 23 граф [10, 11].

План механізованих робіт або технологічна карта розробляється на кожну культуру з врахуванням технології вирощування та містить 23 графи (стовпчика) [10, 11].

Графи 1-6 містять основні дані щодо переліку технологічних операцій, агротехнічних вимог до їх виконання, та обсяг плановий обсяг робіт. Наступні стовпчики містять склади МТА (стовпчики 9-11) та нормативні показники їх роботи, такі як витрата палива та продуктивність (19 та 14 відповідно).

Для прикладу виконаємо розрахунки інших даних, що містяться у плані механізованих робіт агрегатом у складі трактора МТЗ-892 та сівалки Gaspardo МТ-8.

Виробіток МТА (графа 14) за годину визначаємо:

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}} \quad (2.21)$$

де $W_{год}$ – виробіток га годину, га/год, т/год, м³/год;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год. (7 або 6 год., в залежності від операції, для робіт зі шкідливими умовами приймаємо – 6 год.)

$W_{зм}$ – змінний виробіток МТА га/зм, т/зм, м³/зм [12, 13]

$$W_{год} = \frac{25,7}{7} = 3,67 \text{ га/год}$$

Виробіток за добу розраховуємо за виразом (графа 15):

$$W_{доб} = W_{год} \cdot T_{доб} \quad (2.22)$$

де $W_{доб}$ – продуктивність агрегату за добу, га/доб;

$T_{доб}$ – час роботи протягом доби (графа 8), год.

$$W_{доб} = 3,67 \cdot 14 = 51,4 \text{ га/добу}$$

Кількість МТА (графа 16) розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{W_{доб} \cdot D_p} \quad (2.23)$$

де n – потрібна кількість МТА, од;

Q – обсяг роботи (графа 5) га, т, м³;

D_p – тривалість технологічної операції, діб.

З рахуванням цих даних:

$$n = \frac{205}{51,4 \cdot 5} = 0,79 \text{ од.}$$

Приймаємо один агрегат у складі трактора МТЗ-892 та сівалки Gaspardo MT-8.

Кількість основних та допоміжних працівників (графа 17 та 18), приймаємо з врахуванням нормативів господарства та кількості змін роботи протягом доби.

Витрату палива на одиницю роботу (графа 19) обираємо з врахуванням даних господарства або на основі типових норм витрати палива. З врахуванням

виконаних розрахунків у попередньому пункті дипломного проєкту, приймаємо витрату палива на одиницю роботи – 3,05 кг/га.

Загальна витрата палива визначається з рівняння:

$$G = g_1 \cdot \rho \cdot Q, \quad (2.24)$$

де G – витрата палива на виконання всього обсягу робіт, кг.

$$G = 3,05 \cdot 205 = 625,25 \text{ кг}$$

Затрати праці на одиницю роботи (стовпчик 21) при виконанні технологічної операції визначаємо за виразом:

$$Z_n = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.25)$$

де $m_{\text{мех}}$, $m_{\text{доп}}$ – кількість механізаторів та допоміжних працівників, з врахуванням роботи одного МТА в одну зміну (графа 21).

$$Z_n = 1 / 3,67 = 0,272 \text{ люд-год/га}$$

Загальні затрати праці визначаємо за формулою:

$$Z_n = 0,272 \cdot 205 = 55,84 \text{ люд-год}$$

Кількість нормо-змін (стовпчик 23) визначаємо за рівнянням:

$$H_{\text{зм}} = \frac{Q}{T_{\text{зм}} \cdot W_{\text{год}}} = \frac{Q}{W_{\text{зм}}}, \quad (2.26)$$

де $H_{\text{зм}}$ – кількість нормо-змін для всього обсягу робіт;

Q – обсяг роботи, га, т, м³;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год. (приймаємо 7 годин);

$W_{\text{год}}$ – продуктивність МТА, га/год, т/год.

Для сівби кукурудзи на зерно маємо:

$$H_{\text{зм}} = \frac{205}{25,7} = 7,976 \text{ нормо-змін}$$

Для інших технологічних операцій виконуємо розрахунки за наведеною методикою, а результати вносимо в додаток А.

Висновки до розділу. Розроблено операційно-технологічну карту на виконання сівби МТА у складі трактора МТЗ-892 та сівалки Maschio Gaspardo

МТ-8. Встановлено, що продуктивність вказаного МТА становить 25,7 га/зм, при витраті палива 3,05 кг/га. Коефіцієнт робочих ходів становить 0,96, що вказує на правильність організації роботи МТА на полі. З врахуванням оптимальної системи обробітку ґрунту розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно. Встановлено, що витрата палива за запропонованою технологією становить – 42,2 кг/га. Загальні затрати праці на виконання всього комплексу технологічних операцій складає – 2,7 люд.-год/га.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ MASCHIO GASPARDO MT-8

3.1 Визначення навантаження у рухомому з'єднанні

На початковому етапі проектування (розробки) конструкції трибоспряження необхідно визначити сили, що діють на нього. Для цього розглянемо один із можливих екстремальних випадків при роботі сівалки Maschio Gaspardo MT-8, коли опорне колесо найжджає на перешкоду, що піднімає його у верхнє положення. При цьому важіль опорного колеса буде впирається в так званий вертолїт (упор). У такому випадку навантаження на трибоспряження важеля опорного колеса можна визначити знаючи максимальне притискне зусилля сошника та геометричні розміри важеля. Перший показник відомий з технічних характеристик машини. Таким чином з врахуванням вище сказаного на рис. 3.1. наведено спрощена схема для розрахунку навантаження, що буде діяти на рухоме спряження важеля опорного колеса сошника за екстремального випадку.

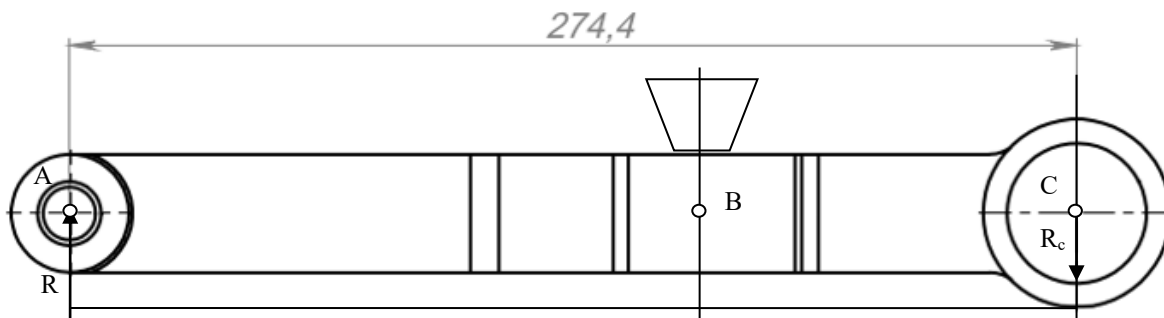


Рисунок 3.1 – Схема визначення навантаження на трибоспряження важеля опорного колеса сошника

Розраховувати будемо з врахуванням моменту, що виникає від реакції ґрунту та відстані від осі опорного колеса до точки обмежувача руху важеля опорного колеса.

Отже, момент що виникає буде становити:

$$M_{AB} = R \cdot AB \quad (3.1)$$

де M_{AB} – момент, що виникає при потраплянні опорного колеса на перешкоду, Н·м;

R – реакція ґрунту (максимальне притискне навантаження сошника), Н;

AB – відстань від осі обертання опорного колеса до обмежувача вертикального переміщення важеля колеса, м.

Приймаємо такі значення вказаних параметрів: $R = 1765$ Н , $AB = 0,1746$ м, $BC = 0,0998$ м.

Отже маємо:

$$M_{AB} = 1765 \cdot 0,1746 = 308,17 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для того щоб визначити силу, що діє на елементи трибоспряження т. С (рис. 3.1) використаємо таке рівняння:

$$R_C = \frac{M_{AB}}{BC} \quad (3.2)$$

де R_C – навантаження, що діє на трибоспряження важеля опорного колеса сошника, Н;

M_{AB} – момент, що виникає при потраплянні опорного колеса на перешкоду, Н·м;

BC – відстань від обмежувача вертикального переміщення важеля колеса до трибоспряження т. С, м.

Враховуючи наведені вище дані маємо:

$$R_C = \frac{308,17}{0,0998} = 3087,9 \text{ Н}$$

Визначене значення сили, що діє на елементи трибоспряження важеля опорного колеса сошника, та властивості матеріалів є передумовами проектування геометричних розмірів елементів з КМ. Тому, спочатку наведемо запропоновану конструкцію вдосконаленого трибоспряження. Другим етапом буде перевірка працездатності елементів рухомих з'єднань за фактором p_v . Виконаємо вказані етапи в подальших пунктах дипломного проекту.

3.2 Розробка конструкції трибоспряження опорного колеса дискового сошника

Загальний вид сівалки Maschio Gaspardo MT-8 наведено на рис. 3.2. Сівалка має декілька точок обслуговування, зокрема мащення трибоспряження важеля опорного колеса сошника. При цьому конструкційний захист вказаного трибоспряження не дає бажаного ефекту, і абразивні частинки потрапляючи в рухоме спряження призводять до швидкого його зношування.

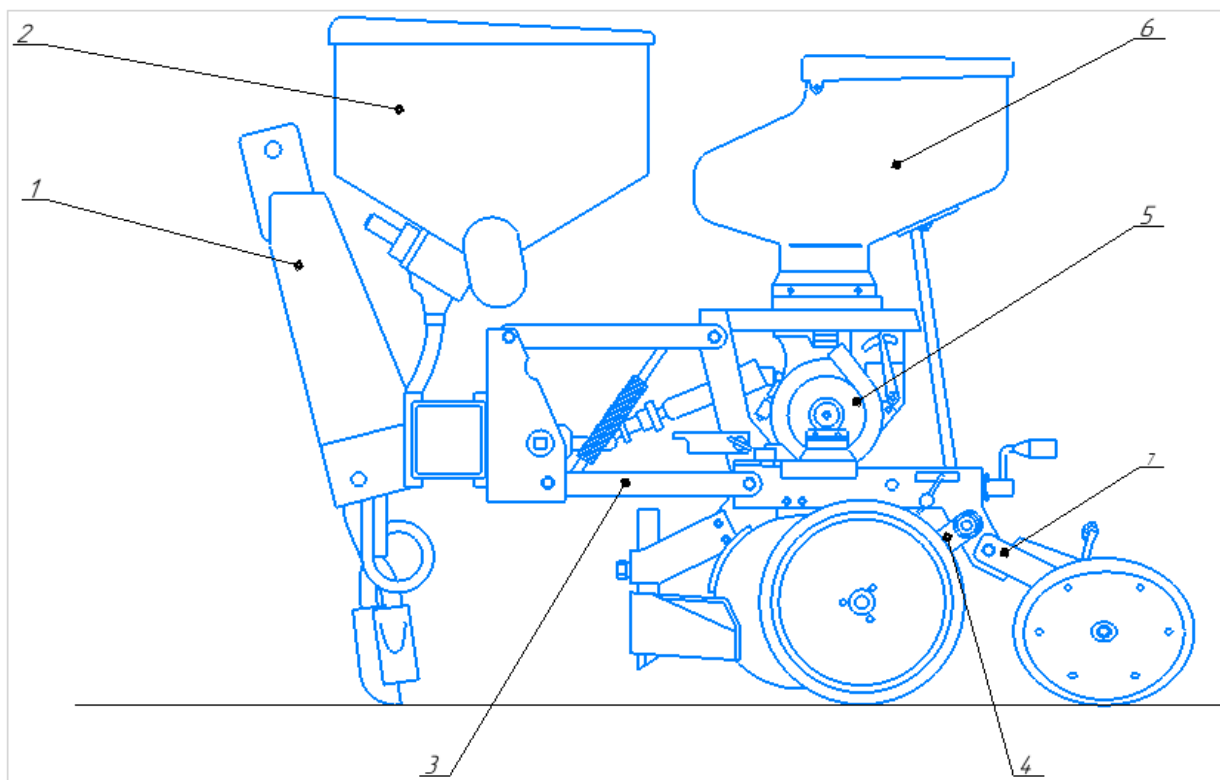


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд сівалки Maschio Gaspardo MT-8: 1 – начіпний пристрій; 2 – бункер для добрив; 3 – механізм копіювання поверхні ґрунту; 4 – важіль з опорним колесом сошника; 5 – висівний механізм; 6 – бункер для насіння; 7 – прикочуючий механізм

Тому, в дипломному проєкті запропоновано розробити нову конструкцію трибоспряження важеля опорного колеса сошника. Запропонована конструкція дозволяє ліквідувати технічне обслуговування та значно підвибити довговічність трибоспряження.

Конструкція трибоспряження важеля опорного колеса диска сошника (рис. 3.3), містить два конусних елемента, що виготовлені з КМ з ефектом самозмащування.

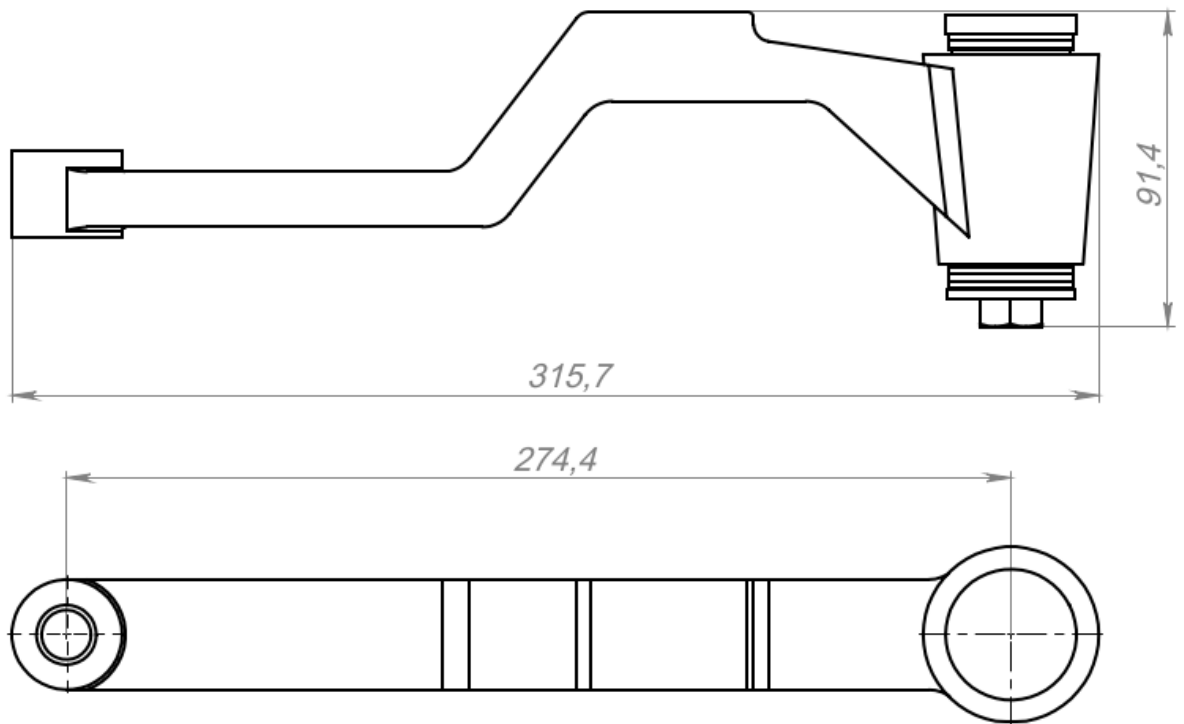


Рисунок 3.3 – Важіль опорного колеса сошника з трибоспряженням

Конструкція розробленого трибоспряження наведена на рис. 3.4. Конструкція передбачає такий процес збирання та роботи. Конуси зі сталі 3 запресовуються із натягом у важіль прикочуючого колеса 1 (рис. 3.4). Дистанційна втулка 4 встановлюється для того щоб правильно запресувати конуси зі сталі. Трибоспряження працює наступним чином. Після збирання та регулювання зусиллям затягування болта 8 встановлюють потрібне зусилля при якому важіль рухається на осі 2.

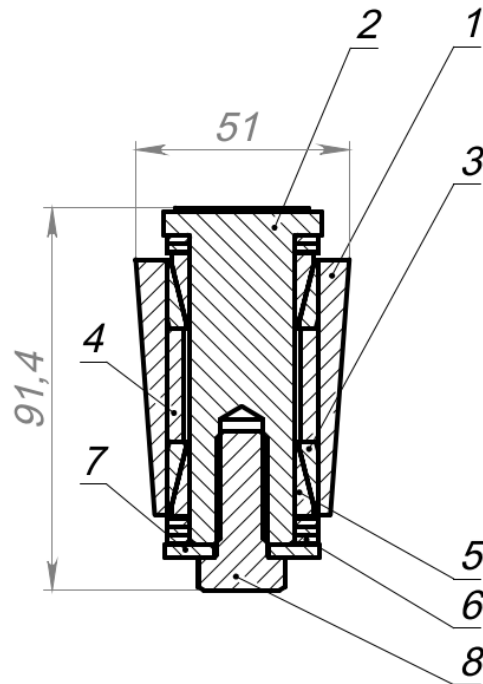


Рисунок 3.4 – Трибоспряження опорного колеса сошника сівалки Gaspardo MT-8: 1 – важіль опорного колеса; 2 – вісь важеля опорного колеса; 3 – деталь типу «конус» зі сталі; 4 – дистанційна втулка; 5 – деталь із КМ; 6 – регулювальні шайби; 7 – упорна шайба; 8 болт.

Під час експлуатації втулки з КМ зношується, що призводить до зменшення їх зовнішнього розміру. У зв'язку з чим у трибоспряженні збільшується зазор або люфт. Підвищена величина зазору у рухомому з'єднанні опорного колеса сошника призводить до погіршення якості сівки, зокрема рівномірності вкладання насіння на потрібну глибину та відхилення від прямолінійності руху сошника. Останнє стає причиною зростання тягового опору, так як змінюється кут входження сошника у ґрунту. Одним із негативних наслідків цього також є зростання витрати палива на одиницю виконаної роботи (сівки).

Регулювальні шайби необхідні для незначного переміщення (1,5...2 мм) важеля опорного колеса сошника відносно його осі повороту. Це дозволяє

виконати регулювання зазору між диском сошника та його опорним колесом (рис. 3.5).

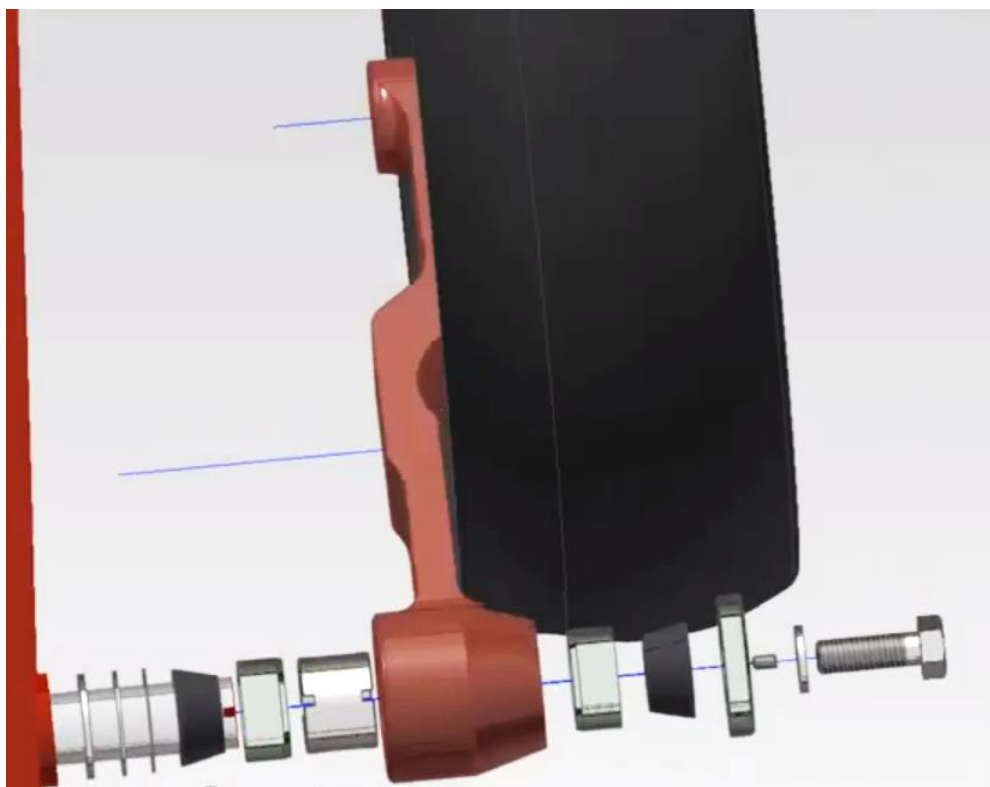


Рисунок 3.5 – Візуалізація рухомого з'єднання важеля опорного колеса сошника сівалки Gaspardo MT-8

Для того, щоб конструкція трибоспряження передбачала регулювання необхідно виконати її робочі поверхні конусними. Це дозволяє при спрацюванні елементів з КМ виконувати підтягування болтом 8 трибоспряження, зменшуючи зазор між робочими поверхнями елементів рухомих з'єднань.

Одним із КМ, що володіє властивістю працювати в режимі сухого тертя та витримувати досить значні знакозмінні навантаження є матеріал на основі поліаміду наповненого різноманітними наповнювачами, зокрема вуглецевим волокном, графітом, нанокільками та ін. Одним із доступних матеріалів є поліамід наповнений вуглецевими волокнами – УПА-6-20 (30). При цьому, для КМ є необхідність перевірки їх на працездатність з врахуванням двох діючих факторів – тиску та швидкості ковзання.

3.3 Перевірка працездатності елементів рухомих з'єднань

На початковому етапі необхідно визначити тиск, що буде діяти на експериментальні деталі з КМ. Визначаємо цей показник спираючись на навантаження, що діє та геометричні розміри деталей [14, 15].

Тиск можна визначити з рівняння:

$$p = \frac{R_{max}}{l \cdot d}, \quad (3.3)$$

де p – питома навантаження, яке діє на одиницю площі, Н/м²;

R_{max} – навантаження, що діє на трибоспряження, Н

d – діаметр експериментального елемента трибоспряження з КМ (деталі), м;

l – довжина експериментального елемента трибоспряження з КМ (деталі), м.

Приймаємо такі значення геометричних розмірів деталей: $R_{max} = 3087,9$ Н; довжина (висота) деталі з КМ становить 16,5 мм, найменший діаметр – 27 мм. Обрано саме найменший діаметр, так як в цьому місці експериментальна деталь має найменшу стінку, і відповідно найменший запас міцності. Якщо працездатність за таких умов буде забезпечена, то деталь зможе працювати за визначених умов. Враховуючи те, що у трибоспряженні встановлено два однакових елемента, маємо: $d = 0,054$ м; $l = 0,033$ м.

Враховуючи наведені дані визначаємо тиск, що буде діяти на елементи рухомих з'єднань з КМ:

$$p = \frac{3087,9}{0,054 \cdot 0,033} = 1732828 \text{ Н} / \text{м}^2 = 1,73 \text{ МПа}.$$

Можливу кутову швидкість для таких типів машин обираємо у відповідності з даними досліджень [16] – 7,1 рад/с.

Лінійну швидкість ковзання визначаємо з рівняння:

$$v = \omega \cdot r \quad (3.4)$$

Враховуючі наведені дані маємо:

$$v = 7,1 \cdot 0,0135 = 0,095 \text{ м} / \text{с}$$

Отже, фактор pv для елементів рухомих з'єднань, виготовлених з КМ буде становити:

$$pv = 1,73 \cdot 0,095 = 0,164 \text{ МПа} \cdot \text{м} / \text{с}$$

Композитний матеріал УПА-6-20 працездатний за умови не перевищення величини фактору pv – 1,8...2 МПа·м/с. Тому вважаємо, що працездатність експериментальних елементів трибоспряження важеля опорного колеса сошника буде забезпечена.

Висновки до розділу.

Визначено, що зусилля яке виникає у рухомому з'єднанні кріплення важеля опорного колеса сошника становить 3087,9 Н. Розглянуто особливості збирання та регулювання модернізованого трибоспряження важеля опорного колеса. Доведена працездатність елементів рухомих з'єднань розробленого трибоспряження, виготовлених із композитного матеріалу.

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Аналіз досліджень щодо підвищення ефективності використання енергетичних засобів у сільському господарстві на польових і транспортних роботах

Сучасна система землеробства в Україні має ґрунтуватися на ретельному аналізі та врахуванні всіх взаємопов'язаних факторів, які впливають на сільськогосподарське виробництво. Під час планування виробничих показників необхідно враховувати як технічне забезпечення підприємств та економічну доцільність сільськогосподарського виробництва, так і вплив природних і кліматичних умов, ландшафтних особливостей, а також наявність кваліфікованої робочої сили.

Важливо зазначити, що перспективне технічне забезпечення підприємств, навіть за його високого рівня насиченості та різноманітності моделей залежно від технологічних операцій, що використовуються, і темпу оновлення, не може повністю розкрити свій потенціал без ефективних і грамотних рішень у сфері логістики, оптимізації та експлуатації. Це стосується як матеріально-технічного забезпечення, так і проведення ґрунтообробних, збиральних і транспортних робіт, а також використання наукового підходу як основи для технологічних операцій.

Багато дослідників присвятили свої роботи питанням підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у сільському господарстві, особливо щодо польових і транспортних робіт, за різних природно-кліматичних умов, ландшафтних особливостей і стану опорної поверхні. Ці фактори є важливою складовою агротехнологічних процесів.

У роботах авторами встановлено, що впровадження в агропромислове виробництво нових сучасних систем машин [3, 4], формування

високоєфективних транспортних комплексів [1, 2, 7], поряд з удосконаленням технологій ґрунтообробки [4, 5, 6, 7], догляду за посівами [8, 9, 10, 10, 11], поряд із вдосконаленням технологій ґрунтообробки [4, 5, 6, 7], догляду за посівами [8, 9, 10, 11], 11], збиральних заходів [12, 13] і транспортування сільськогосподарських культур [51, 54], зумовлюється застосуванням результативних логістичних методів [15, 17] за забезпечення оптимального узгодження суміжних транспортних і технологічних операцій [6, 7, 8, 9, 10, 11].

Стійкість у русі колісних і гусеничних ходових систем нерозривно пов'язана з небезпекою перекидання. Питаннями стійкості проти перекидання займалися і зарубіжні [4, 5, 6, 7, 9] і вітчизняні дослідники.

Дослідження, проведені зарубіжними та вітчизняними авторами, дають змогу обґрунтувати технологічні параметри руху та виконання робіт як із використанням колісних тракторів, так і спеціальних транспортних засобів. Вони також пропонують методи регулювання тиску в шинах і способи стабілізації напрямку руху для підвищення стійкості.

Основи руху ТТА в умовах схилових земель закладено та досліджено Є.А. Чудаковим [5], яким було запропоновано обґрунтування теорії кочення еластичного колеса та визначено фактори, що впливають на стійкість руху ТТА, такі як бічна складова ваги агрегату, що спричиняє поперечні зрушення ґрунту в плямі контакту та деформацію колісного рушія. Подальшого розвитку запропоноване обґрунтування знайшло в працях Д.А. Антонова, В.В. Гуськова, Я.М. Певзнера, Я.Є. Форобіна, які вивчали явища бокового відведення еластичного колеса в сукупності його конструкції та технологічних параметрів.

У зонах ризикованого землеробства, включно з Амурською областю, сільськогосподарське виробництво і дотримання зональної технології потребують ретельного добору комплексу заходів, що можуть бути доволі витратними з погляду агротехніки та економіки. У цьому контексті доцільно оптимально використовувати відповідну сучасну агротехніку і впроваджувати

нові технології, пов'язані з поліпшенням енергетичних засобів і сільськогосподарських машин [2,10].

У зв'язку з переходом агропромислового комплексу на енергетичні засоби з колісною ходовою системою, увага виробників зосереджена на багатофункціональних енергоощадних (МЕЗ) машинах із розширеним тяговим діапазоном. Техніко-економічний аналіз показує, що заміна гусеничних тракторів на колісні моделі з розширеним тяговим діапазоном приносить значний економічний ефект. Виробники надають особливі значення цьому, враховуючи сучасну тенденцію в агропромисловому комплексі [7].

Як показує експериментальна практика, прибуток від використання тракторів тягового класу 14 кН із розширеними тяговими характеристиками у вищому класі 30 кН із врахуванням значного завантаження впродовж року, а також нижчої балансової вартості, безпосередньо пов'язаний із меншими відрахуваннями на додаткові витрати, реновацію та ремонтний фонд [6].

За використання технологій точного землеробства особливо важливо забезпечити стійкий і стабільний рух агрегатів. Це зумовлено більш суворими вимогами до адаптивності техніки, до різних агроландшафтів і природно-кліматичних умов. При цьому проблему стабілізації траєкторії руху пропонується розв'язувати за рахунок упровадження підрулювальних пристроїв і автопілотів [6], розроблення та впровадження автоматичних безступінчатих трансмісій, що спостерігається на прикладі продукції провідних зарубіжних фірм-виробників NEW HOLLAND, John Deere, Fendt [1].

У роботах [2, 8] авторами достовірно встановлено, що починаючи з ухилу місцевості в $6-7^\circ$ відбувається значне зниження поступальної швидкості ТТА. При цьому під час роботи на схилах у $10^\circ-11^\circ$ корисна тягова потужність трактора знижується на 25-27% [7, 9].

Крім того, горизонтальний бічний зсув ТТА від траєкторії руху призводить до збільшення маршруту, зменшення врожайності, погіршення умов праці

механізатора і порушення ергономічних вимог до техніки під час проведення робіт [3,4].

Досліджена в розглянутій галузі техніки більша частина наукових робіт [1, 3, 6,] присвячена дослідженню впливу на стійкість і керованість автопоїздів масово-геометричних характеристик, особливостей, пов'язаних із конструкціями поворотних пристроїв і ТСУ, характеристик пневматичних шин. Різні чинники мають різний ступінь впливу на стійкість руху.

У зв'язку з появою у виробництві тягових і перевізних засобів інноваційних моделей і конструкцій загальним висновком до проведеного аналізу, з метою розширення масиву наукових і виробничих знань, може бути необхідність подальшого проведення науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт у напрямку підвищення ефективності застосування ТТА в агропромисловому виробництві.

4.1 Огляд запропонованих методик і технічних рішень підвищення стійкості під час руху колісних енергетичних засобів

Аналіз способів і технічних рішень поліпшення курсової та поперечної стійкості, проведених на сучасному рівні техніки, показує, що відома достатня кількість прийомів і методів, що мають наукову новизну. Так, проблему стійкості руху похилою поверхнею пропонується вирішити за допомогою кратного примусового відхилення вектора напрямку руху ведучого колеса від заданого напрямку руху. Однак зростаюче зношування, сповзання і нищпорення агрегату з відхиленням від технологічного коридору також призводять до підвищеної питомої ефективної витрати палива, зниження продуктивності агрегату та зменшення врожайності оброблюваних культур.

Використання баластування коліс, здвоювання рушіїв і переобладнання універсального трактора на низьокліренсний варіант за допомогою встановлення коліс зменшеного діаметру з одночасним розширенням колії, за

допомогою чого досягається зниження центру тяжіння, а, отже, і підвищення стійкості руху МЕС, також не є основним способом поліпшення технологічних характеристик, тому що їхнє застосування збільшує масу МЕС і питому витрату пального.

Зарубіжними виробниками розроблено і пропонуються на ринку модифікації тракторів з автоматичним зсувом баласту, як у поперечній, так і в поздовжній базі залежно від режиму роботи трактора. Однак ця конструкція має високу вартість і не може бути придбана сільськогосподарськими організаціями з невисокою прибутковістю і невеликими посівними площами.

Відомі також конструкції, на які отримано патенти на інтелектуальну власність, що пропонують поліпшити курсову і поперечну стійкість за рахунок застосування в конструкції трактора шнекових рушіїв, стабілізації руху трактора за допомогою повітряної сили тяги та регулювання положення центру мас за допомогою застосування пристроїв, які маніпулюють координатами її розміщення.

Разом із пропозицією інноваційних конструкцій, призначених для розв'язання завдань стабілізації курсової стійкості, авторами розглядалися і питання оцінки стійкості МЕС та їх теоретичного обґрунтування в умовах експлуатації, що змінюються.

Так у багатьох роботах досліджувався процес відхилення від траєкторії руху трактора в міжряддях, запропоновано математичне обґрунтування криволінійності його руху, близької за виглядом до синусоїди, був встановлений коефіцієнт стійкості руху $K_{\gamma D}$, який дорівнює:

$$K_{\gamma D} = 1 - \sqrt{\frac{B_{CB} - v_T t_B \sin \frac{v_T t_B}{R_{\text{нов}}}}{v(t_0 + t_B \sin \frac{v_T t_B}{R_{\text{нов}}}) - B_{CB}}}. \quad (4.1)$$

Запропонований коефіцієнт враховує як конструкційні характеристики трактора, його технологічні параметри, так і умови руху ТТА, що дало змогу визначити критичні значення відхилень на встановленій ділянці шляху за будь-яких ландшафтних характеристик.

Жилейкін М.М. у своїх працях присвячених підвищенню курсової і траєкторної стійкості колісного трактора 4×4 за рахунок перерозподілу крутних моментів по ведучих колесах, а також за рахунок підрулювання керованими колесами запропонував ввести поняття показника відносної ефективності $O_{эф}$, роботи комплексної системи стабілізації, що показує, на скільки відсотків знижується середньоквадратичне відхилення координати y_2 від нуля під час руху, коли працює система, що підвищує стійкість руху ТТА порівняно з випадком руху за відсутності стабілізаційного керування, і формулу для його обчислення:

$$O_{эф} = \left(1 - \frac{СКО_{Y_{contr}}}{СКО_{Y_0}}\right) \times 100\%. \quad (4.2)$$

Де $СКО_{Y_{contr}}$ – середньоквадратичне відхилення координати y_2 від нуля під час руху, коли працює система, що створює стабілізуючу дію на трактор, $СКО_{Y_0}$ – середньоквадратичне відхилення координати y_2 від нуля для випадку руху за відсутності стабілізуючого керування.

Розроблення математичних моделей механізмів і машин, призначених для модернізації серійних агрегатів, представлено в працях і роботах Я.М. Певзнера, І.К. Пчелініна. Запропоновані ними результати дали змогу розширити обсяг теоретичних знань про стійкість руху колісних машин.

Водночас пропонований математичний апарат є доволі незручним у застосуванні, оскільки під час його використання необхідне знання як вагових характеристик основних агрегатів машини, так і координат їхніх центрів ваги.

Проведений огляд показує, що всі розглянуті способи мають достатню технічну складність під час реалізації закладених у них принципів і малосумісні з ефективним застосуванням в умовах ресурсозберігаючих технологій.

4.3. Застосування і 3-D моделювання запропонованої конструкції та виробничих процесів під час теоретичних досліджень

Актуальні наукові дослідження вимагають застосування інноваційних методів і сучасних підходів до формування лабораторно-приладового комплексу. Так застосування програмних продуктів для створення як статичних, так і динамічних моделей методом емуляції взаємодії процесів і механізмів видається значущим і перспективним напрямком під час теоретичних наукових досліджень з огляду на те, що розвиток сучасних технологій дає змогу проєктувати як складні так і прості об'єкти в електронному середовищі.

При цьому деякі середовища для 3D моделювання дають змогу не тільки створити електронну цифрову модель об'єкта, а й провести емуляцію роботи агрегату, враховуючи його конструкцію, технологічні характеристики та фізичні властивості ґрунтів у заданих параметрах. Найоптимальнішим для проєктування сільськогосподарських агрегатів обрано програмне забезпечення Blender, що дає змогу працювати не тільки з простими формами, а й зі складними геометричними фігурами, а також задавати фізичні властивості та умови об'єктам у 3D просторі.

Застосування програмного забезпечення, що дає змогу досліджувати фізичні властивості для окремих елементів 3D-сцени, також дає можливість перевірки ефективності застосування впроваджуваних пристроїв у виробничих умовах до виробництва їх у металі, що значно економить матеріальні та фінансові кошти.

Дослідження проведено для визначення геометричних розмірів пристрою (рис. 1-4), співвідношення параметрів руху транспортного агрегату в різних умовах місцевості зі змінним навантаженням пропонованого пристрою до

досягнення меж перевертання або перекидання ТТА (рис. 5-11), а також технологічних і коливальних характеристик агрегату (рис. 12-14).

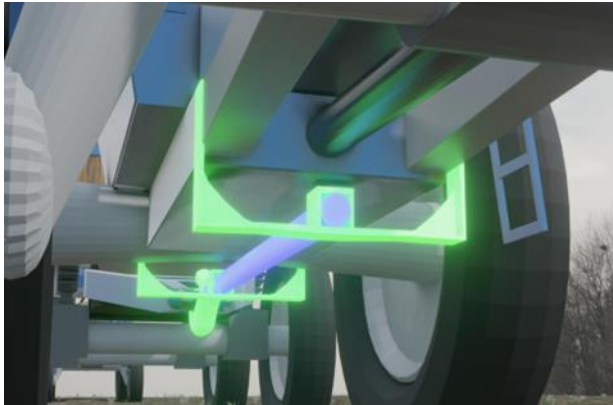


Рис. 4.1. Фрагменти емуляції установочних елементів і кріплення передньої частини пристрою на рамі трактора

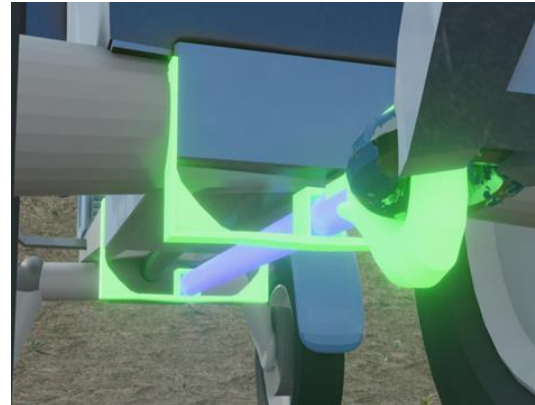


Рис.4. 2. Фрагменти емуляції установочних елементів і кріплення тильної частини пристрою на рамі трактора

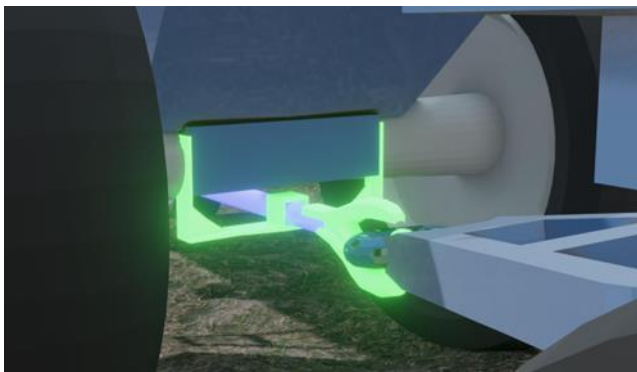


Рис. 4.3. Фрагменти емуляції елементів перспективного буксирно-розподільного пристрою.

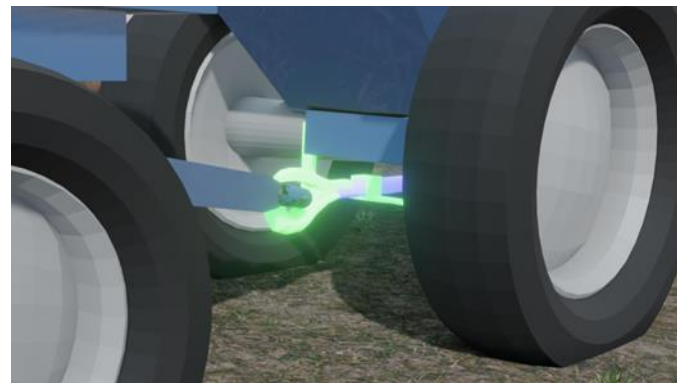


Рис. 4.4. Фрагменти емуляції установочного вузла перспективного буксирно-розподільного пристрою.



Рис. 4.5. Фрагменти емуляції



Рис. 4.6. Фрагменти емуляції руху

перекидання під час руху серійного
ТТА на підйом

експериментального ТТА на підйом.



Рис. 4.7. Фрагменти емуляції руху експериментального ТТА на спуску.

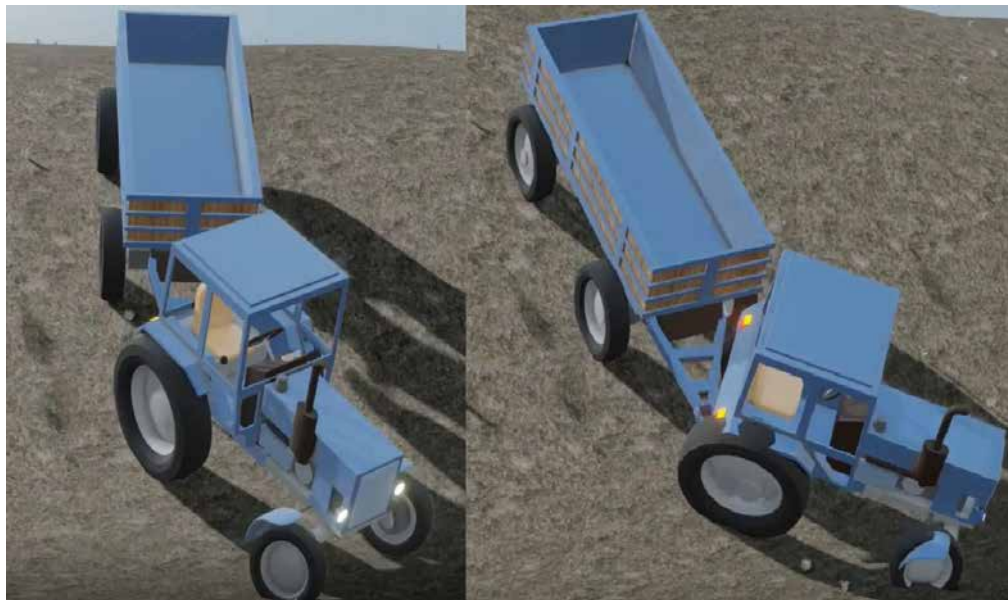


Рис. 4.8. Фрагменти емуляції процесу, що передує перекиданню серійного ТТА під час руху на спуску

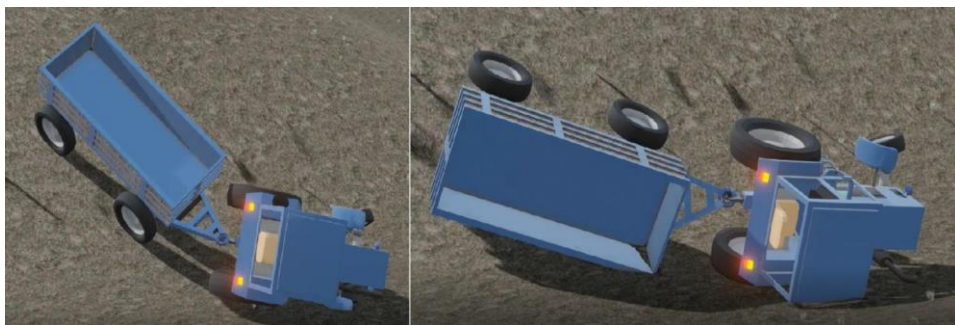


Рис. 4.9. Фрагменти емуляції перекидання під час руху серійного ТТА на спуску.

Рис. 2.13. Фрагменти емуляції руху під час визначення технологічних і коливальних характеристик серійного агрегату



Рис. 4.10. Фрагменти емуляції руху експериментального ТТА на спуску



Рис.4.11. Фрагменти емуляції руху експериментального ТТА на спуску



Рис. 4.12. Фрагменти емуляції руху експериментального ТТА на спуску





Рис. 4.14. Фрагменти емуляції руху під час визначення технологічних і коливальних характеристик експериментального агрегату

Програмне забезпечення та отримані результати дали змогу підтвердити наукову гіпотезу та теоретичні дослідження в тому, що при пересування ТТА відбуватиметься перерозподіл зчпної ваги не тільки на задні рушії, а й на центральну та передню частину трактора, що дасть змогу збільшити тягово-зчпні властивості, досягнути вищих агротехнічних швидкостей, поліпшити показники прохідності та знизити параметри перекидання агрегату. Однак у середовищі 3D моделювання потрібного ступеня пружності ресорної пружини вдалося домогтися тільки надавши їй циліндричної форми, що трохи відходить від проєктованого прототипу зовні. Це рішення не вплинуло на результат під час практичного застосування але дало змогу сформувати більш технологічну конструкцію під час подальшої модернізації пристрою.

4.2. Об'єкти та умови проведення експериментальних досліджень

Об'єктами дослідження було обрано такі транспортні засоби:

- трактор і причіп 2ПТС-4 у серійному виконанні (рис. 2.15);
- трактор і причіп 2ПТС-4 зі встановленим буксирно-розподільним пристроєм (рис. 2.16);



Рис. 4.15. Серійний тракторно-транспортний агрегат (А – проведення випробувань у літньо-осінній період, Б – проведення випробувань у зимово-весняний період).



Рис. 4.16. Експериментальний тракторно-транспортний агрегат (А – проведення випробувань в осінній збиральний період, Б – проведення випробувань у зимовий період).

Для стабілізації поздовжньо-поперечної стійкості та прямолінійності руху було виготовлено та встановлено на трактор буксирно-розподільчий пристрій.

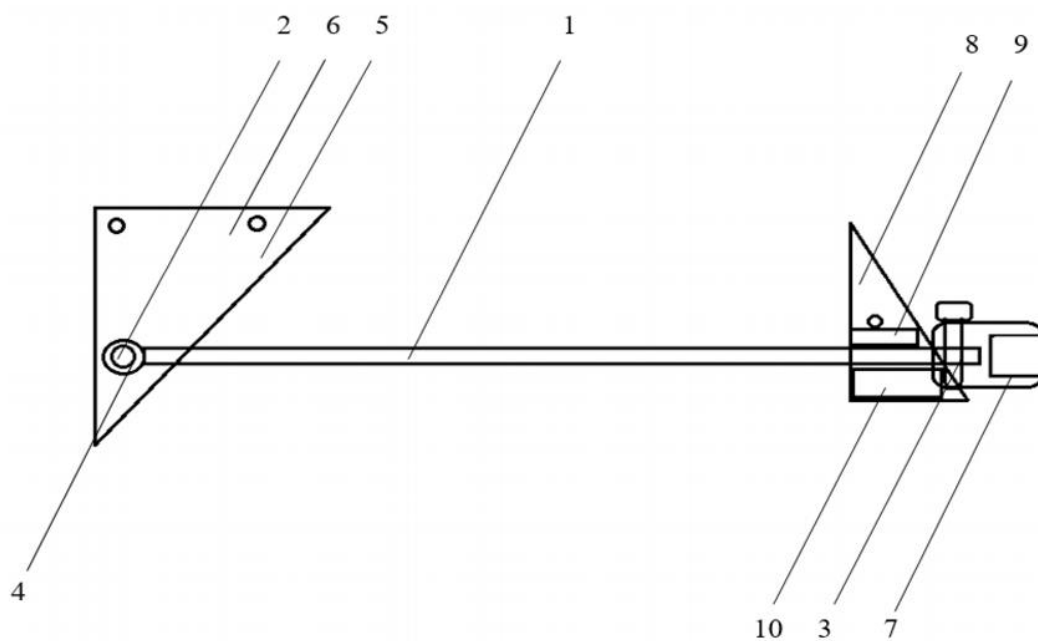


Рис. 4.17. Принципова схема буксирно-розподільного пристрою: 1 – плоска ресорна пружина; 2, 3 – вушка; 4 – торсіонна вісь; 5 – куточок підвісного кронштейна; 6 – рама трактора; 7 – тягова вилка; 8 – рамковий опорний кронштейн; 9, 10 – гумометалевий демпфер.

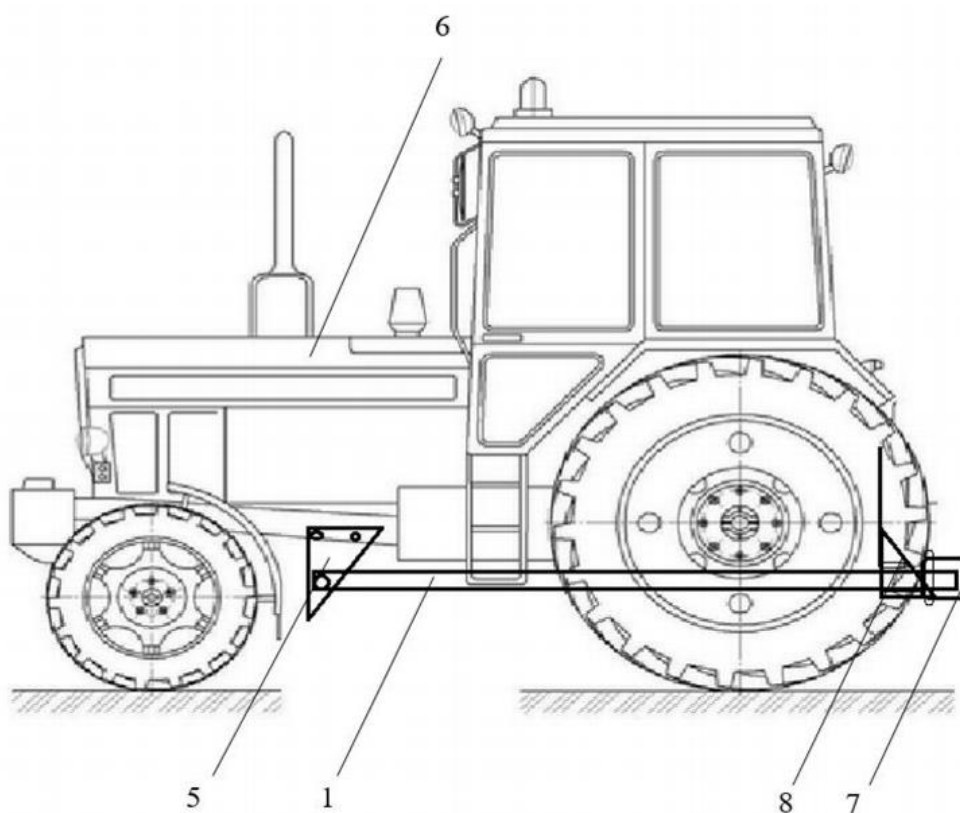


Рис. 4.18 Принципова схема трактора зі встановленим буксирно-розподільним пристроєм (вигляд профільний).

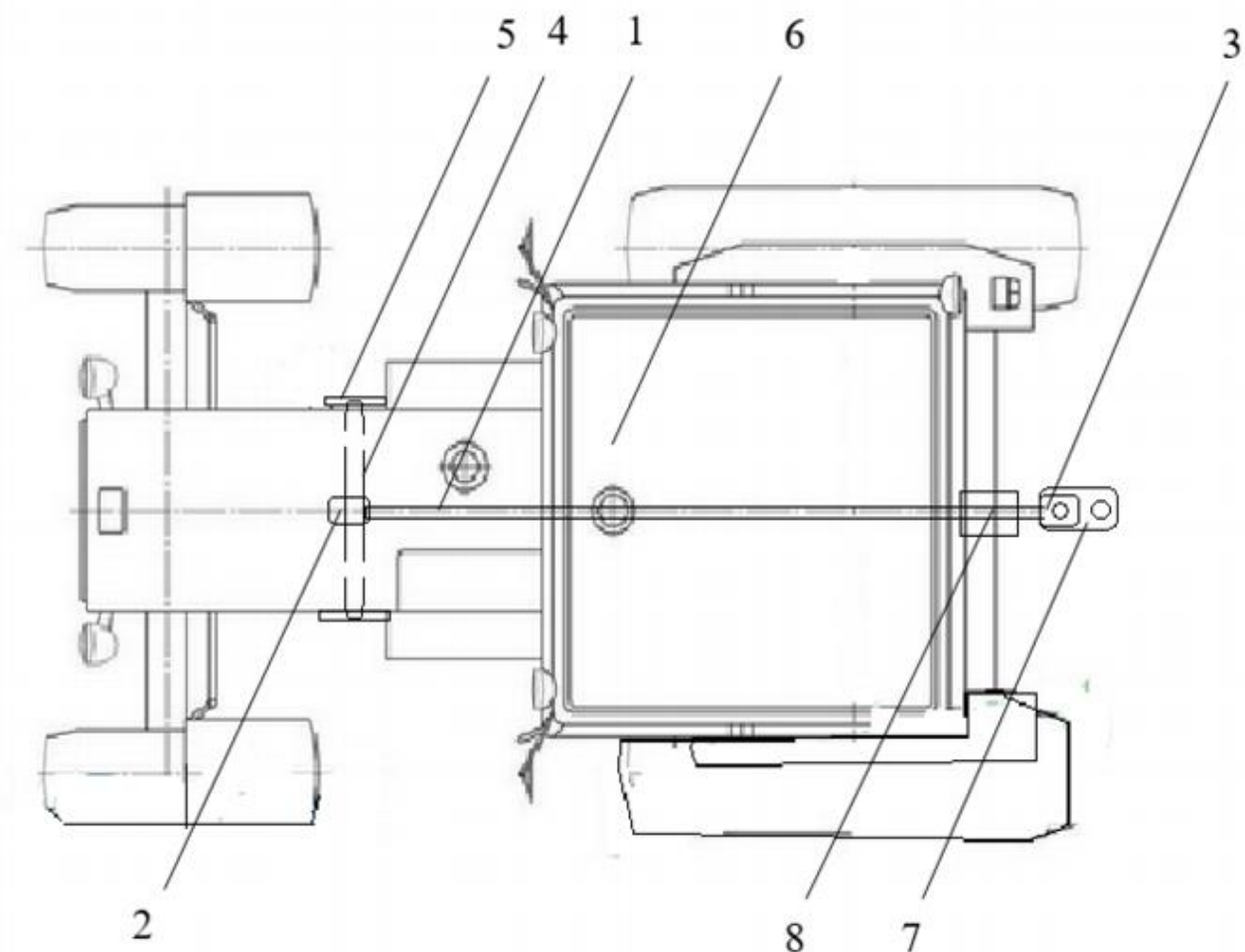


Рис. 4.19. Принципова схема трактора зі встановленим буксирно-розподільним пристроєм (вигляд згори)

Буксирно-розподільний пристрій виконано у вигляді конструкції (рисунок 4.20), яка складається з ресорної пружини 1 із закінченнями 2 та 3 (рисунок 4.21), зафіксованої одним закінченням 2 у серединній частині торсійної осі 4 (рисунок 4.22), що проходить через куточки підвісних кронштейнів 5 (рисунок 4.23), закріплених побортно на рамі трактора 6 (рисунок 2.24), а в наступному закінчення 3 ресорної пружини 1 шарнірно встановлено тягово-зчіпний пристрій 7 типу «тягова вилка» (рисунок 2.25 та 2.26) і рамкового опорного кронштейна 8 (рис. 2.27) з верхнім і нижнім гумометалевими демпферами 9 і 10 (р ис. 4.28),

фіксованого болтовим з'єднанням у кормовій частині остова трактора 6, при цьому плоска ресорна пружина 1 проходить між демпферами 9 і 10 опорного кронштейна 8.



Рис. 4.20. Загальний вигляд запропонованої конструкції.



Рис. 4.21. Плоска ресорна пружина (тяга).



Рис. 4.23. Кутовий підвісний кронштейн для кута.



Рис. 4.24. Кутові кронштейни, встановлені на тракторі.



Рис. 4.25. Тягова вилка.



Рис. 4.26. Загальний вигляд з'єднання ресорної пружини і тягової вилки.



Рис. 4.27. Рамковий опорний кронштейн



Рис. 4.28. Гумово-металевий демпфер.

Пристрій працює таким чином: Під час пересування тракторно-транспортного агрегату (ТТА), що складається з колісного трактора, який буксирує, і причепа, рівномірно і прямолінійно горизонтальними ділянками місцевості, завдяки силовому впливу причепа через тягово-зчіпний пристрій 7 відбувається перерозподіл силового навантаження через плоску ресорну пружину 1 не лише на кормову частину трактора та задні рушії, але й на торсіонну вісь 4 та підвісні кронштейни 5, що дозволяє раціонально завантажити як задню частину трактора, так і задні рушії, а й на торсіонну вісь 4 і підвісні кронштейни 5, що дає змогу раціонально завантажити як задні, так і передні колеса трактора, та веде до зниження буксування, збільшення тягового зусилля і підвищення агротехнічної прохідності.

Під час роботи ТТА на схилових поверхнях:

- у русі під ухил, за рахунок силового впливу причепа на тягово-зчіпний пристрій 7 і плоску ресорну пружину відбувається перерозподіл силового

навантаження не тільки на кормову частину трактора 6 і задні рушії, а й на торсіонну вісь 4 і підвісні кронштейни 5, що

завантажує передній керований міст трактора 6, збільшуючи керованість ТТА, стабілізуючи безпеку його руху, траєкторну і курсову стійкість, і дає змогу підвищити швидкісні характеристики і продуктивність транспортного агрегату.

- у русі на підйом, за рахунок силового впливу причепа на тягово-зчіпний пристрій 7 і плоску ресорну пружину 1 відбувається перерозподіл силового навантаження не тільки з кормової частини трактора 6, а й з його переднього керованого моста, водночас спостерігається притиснення керованого моста до поверхні руху, що знижує момент перекидання трактора, стабілізуючи його конструкцію та підвищуючи безпеку його використання в умовах, що розглядаються.

Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах експлуатації на наступних видах дорожнього покриття:

- асфальто - бетонне покриття;
- гравійне покриття;
- ґрунтова дорога;
- засніжена ґрунтова дорога.

Дослідження проводили в осінньо-зимовий період за наявності снігового покриву та ожеледиці (рис. 2.29), а також у літньо-осінній період (рис. 2.30), за слабкої несучої здатності ґрунту через перезволоження на ділянках, що мають поздовжньо-поперечний ухил, а також на горизонтальних ділянках поверхні руху.



Рис. 4.29. Фрагмент проведення випробувань у зимовий період.

Виокремлено об'єкти та сформовано завдання, обґрунтовано загальну методику проведення експериментальних і порівняльно-господарських досліджень.

Проведено технологічний і конструкційний розрахунок, складання та встановлення на серійний ТТА експериментальної конструкції буксирно-розподільного пристрою.

Обґрунтовано модельний ряд і технічні характеристики підбраного приладового комплексу, що дає змогу провести поглиблені експериментальні дослідження та отримання практичних результатів високої точності, що сприяють оптимальному набору інформації та даних для подальшого математичного опрацювання.

Для отримання подальшого доказового апарату, що свідчить про ефективність запропонованої конструкції, необхідне проведення порівняльних господарських випробувань та експериментальне впровадження конструкції.

рахунок зниження швидкості та плавного довороту передніх напрямних коліс у той чи інший бік.

Однією з особливостей під час пересування транспортних агрегатів дорогами, що мають значні показники крутизни поздовжнього ухилу поверхні руху, зокрема під час руху на спуск, є вплив причепа на прямолінійність руху трактора.

Особливо цей вплив посилюється під час руху поверхнею, що має недостатню несучу здатність, за наявності снігового покриву або ожеледиці. У цьому разі під час руху на спуск спостерігається несталий вплив причепа на причіпний пристрій і ходову систему трактора.

При чому причіп, внаслідок впливу нерівностей поверхні руху, що особливо значно спостерігається на ґрунтових дорогах, здійснює хаотичний рух щодо точки з'єднання причепа з трактором. Унаслідок такого впливу, за наявності недостатнього зчеплення з ґрунтом, виникає додатковий силовий момент, що прагне розвернути енергетичний засіб або навколо задніх, або навколо передніх керованих коліс залежно від того, які з коліс перебувають у найгіршому стані щодо зчеплення з поверхнею. Для усунення цього впливу водієві доводиться усувати так званий занос шляхом негайного реагування за



Рис. 4.2. Фрагмент проведення досліджень щодо відхилення від прямолінійного руху заднього моста трактора (ліворуч-серійний трактор, праворуч-експериментальний трактор).



Рис. 4.3. Фрагмент проведення досліджень щодо відхилення від прямолінійного руху вузла «тягово-зчіпний пристрій трактора-дишло причепа» (зліва-серійний трактор, справа-експериментальний трактор).

Експериментальні дослідження були проведені на базі тракторно-транспортного агрегату, що складається з трактора класу 1,4 з причепом 2ПТС-4, при цьому виміри проводилися в станах ТТА- серійний ТТА з незавантаженим

прицепом, експериментальний ТТА з незавантаженим причепом, серійний ТТА із завантаженим причепом (насіння сої масою 3,8 т.), експериментальний ТТА із завантаженим причепом (насіння сої масою 3,8 т.).

Для переднього моста ТТА, під час руху в різних умовах, отримано показники, представлені на рисунках 3.4-3,7.

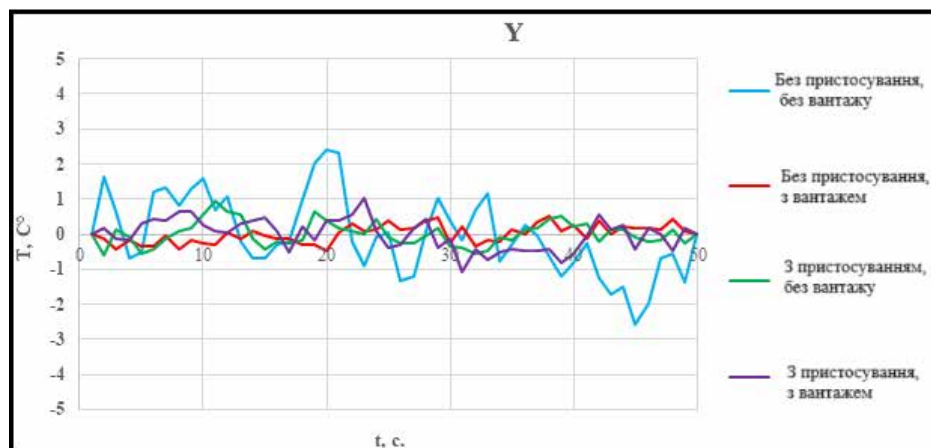


Рис. 4.4. Експериментальні показники відхилення переднього керованого моста трактора за віссю Y у режимі сталого руху

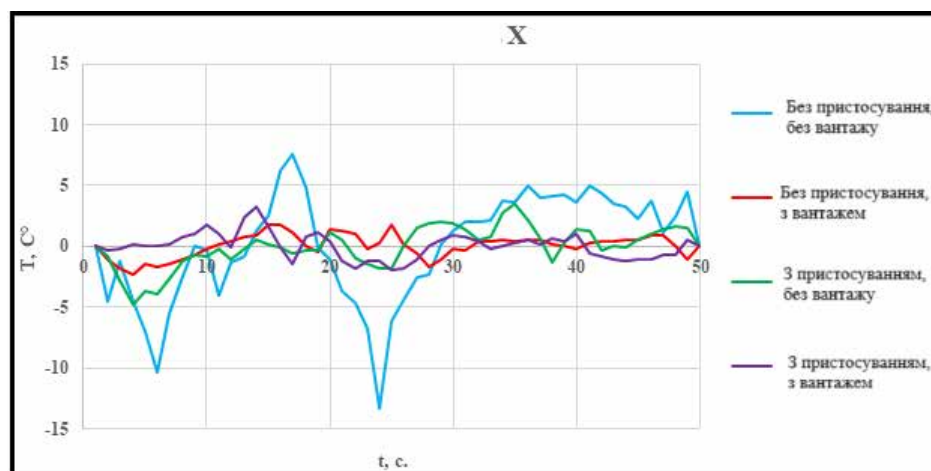


Рис. 4.5. Експериментальні показники відхилення переднього керованого моста трактора за віссю X у режимі сталого руху під час пересування ґрунтовою дорогою.

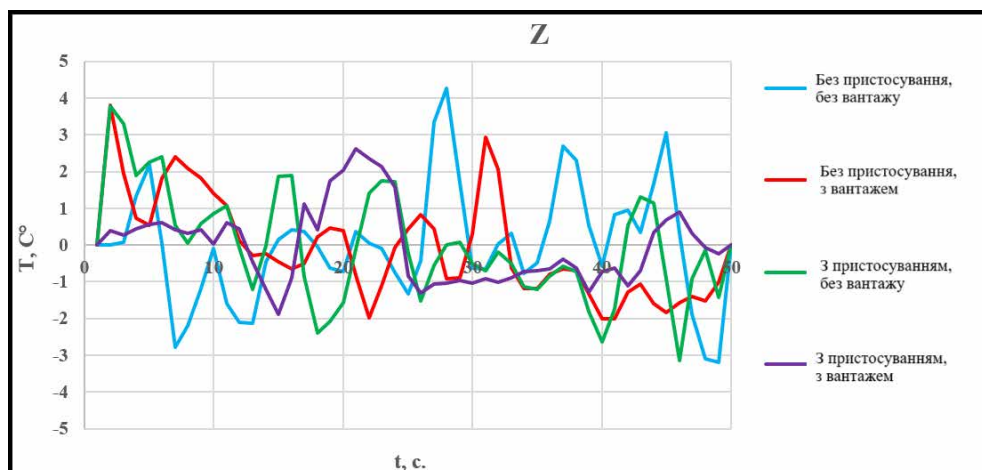


Рис. 4.6. Експериментальні показники відхилення переднього керованого моста трактора за віссю Z у режимі сталого руху під час пересування ґрунтовою дорогою.

Як показали проведені експериментальні дослідження, відхилення від прямолінійного руху на спуску спостерігалось як у серійного тракторно-транспортного агрегату, так і в експериментального зі встановленим дослідним пристроєм. При цьому зафіксоване відхилення від прямолінійного руху, що відповідає результатам, представленим на графіку, серійного тракторно-транспортного агрегату становило від 0,152 м до 0,158 м, а в експериментального тракторно-транспортного агрегату зі встановленим пристроєм - від 0,132 м до 0,136 м. Більш наочно отримані дані представлено на рисунку 3.7.

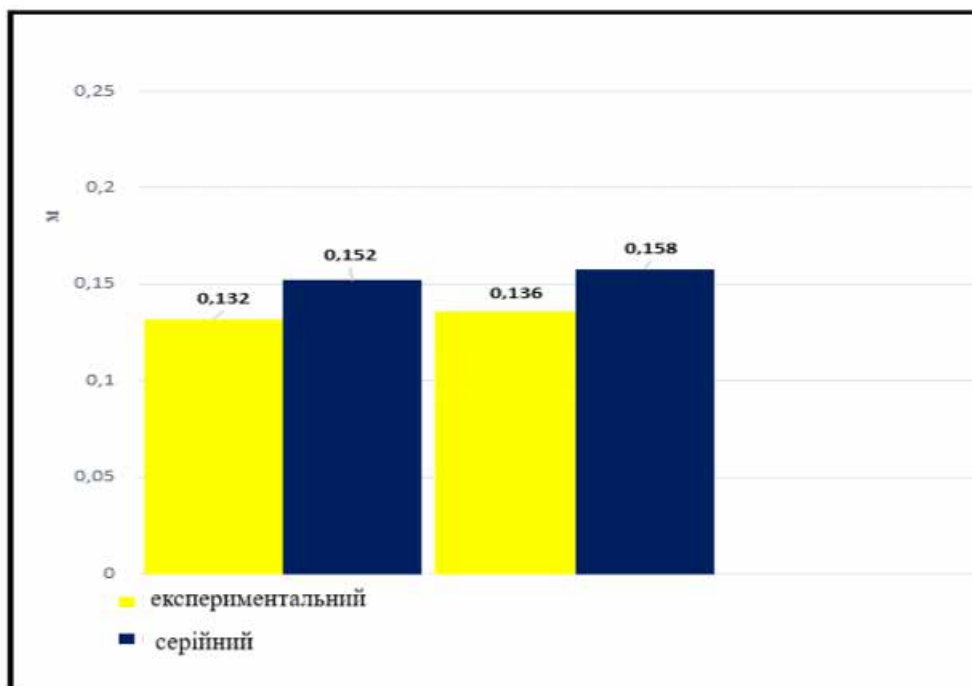


Рис. 4.7. Результати експериментальних досліджень з визначення відхилення від прямолінійного руху серійного та експериментального тракторно-транспортного агрегату.

На підставі даних, отриманих у результаті експериментальних досліджень, встановлено, що встановлення буксирно-розподільного пристрою дає змогу підвищити поздовжню стійкість тракторно-транспортного агрегату порівняно із серійним. Зниження коливань переднього керованого моста становило параметри в межах 0,028 м., що безсумнівно дає змогу збільшити як швидкісні характеристики агрегату, так і його технологічні можливості під час транспортування сільськогосподарських вантажів.

Як показують отримані результати, вертикальні коливання у серійного ТТА становлять від 0,17 м до 0,23 м, а в експериментального тракторно-транспортного агрегату зі встановленим пристроєм – від 0,04 м до 0,065 м за умови відхилень від центральної осі трактора в однакових умовах руху на обраній ділянці дороги.

Висновки по розділу

Постановка буксирно-розподільного пристрою пропонованої конструкції сприяє кращій стабілізації переднього керованого моста трактора в русі ґрунтовими дорогами та дорогами з поліпшеним покриттям. Фіксація по осях коливань X, Y, Z під час руху дорогами з поліпшеним покриттям показує зменшення показників коливальних амплітуд на 60%, 30%, 20% порівняно із серійним агрегатом. Фіксація по осях коливань X, Y, Z під час руху ґрунтовими дорогами показує зменшення показників коливальних амплітуд на 25%, 28,6%, 60% порівняно із серійним агрегатом.

Також встановлено, що наявність вантажу в причепі загалом стабілізує положення переднього керованого моста експериментального ТТА, при цьому результати по осях коливань X, Y, Z показують зменшення показників на 38,4 %, 30,0 %, 24 % на дорогах з поліпшеним покриттям, і на 9,4 %, 8,6 %, 30 % на ґрунтових дорогах порівняно із завантаженим серійним агрегатом.

Постановка буксирно-розподільного пристрою пропонованої конструкції сприяє кращій стабілізації заднього ведучого моста трактора в русі ґрунтовими дорогами та дорогами з поліпшеним покриттям. Фіксація за осями коливань X, Y, Z під час руху дорогами з поліпшеним покриттям показує зменшення показників коливальних амплітуд на 44,2 %, 31,5 %, 54,8 % порівняно із серійним агрегатом. Фіксація за осями коливань X, Y, Z під час руху ґрунтовими дорогами показує зменшення показників коливальних амплітуд на 18,0%, 32,8%, 14,5%, як порівняти із серійним агрегатом.

Також встановлено, що наявність вантажу в причепі загалом стабілізує положення заднього ведучого моста експериментального ТТА, при цьому результати по осях коливань X, Y, Z показують зменшення показників на 29,1 %, 40,0 %, 54 % на дорогах із поліпшеним покриттям, та на 38,6 %, 11,2 %, 24,3 % на ґрунтових дорогах порівняно із завантаженим серійним агрегатом.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Вимоги до обладнання, що використовується при роботі з полімерно-композитними матеріалами

Технологічні процеси пов'язані із роботою з КМ потребують особливих вимог до їх виконання. Основними причина цього є утворення шкідливих речовин у процесі переробки та горючість більшості таких матеріалів. «Обладнання, яке використовується у виробництві деталей з ПКМ, повинно за можливості забезпечити максимальну механізацію та автоматизацію робіт.» [17]. «Електричне обладнання задіяне у процесах виробництва чи переробки, повинно відповідати класам вибухо-, пожежонебезпеки приміщень виробництва деталей з ПКМ, встановлених відповідно до норм технічної документації» [17].

«Для вузлів обладнання чи устаткування, під час роботи яких можливе утворення електростатичних зарядів, необхідно передбачити спеціальні засоби захисту від можливої дії статичного електричного струму у відповідності з вимогами ДСТУ 12.4.124-83» [17]. «Для обладнання чи його окремих механізмів, у яких під час роботи можливе інтенсивне виділення шкідливих, вибухопожежонебезпечних речовин, необхідно обов'язково обладнати місцевою системою витяжної вентиляції» [17].

Устаткування повинно мати спеціальні пристрої, що забезпечують захист від вмикання обладнання у випадку непрацюючої системи примусової вентиляції. Система вентиляції повинна забезпечувати відсутність руху потоку повітря через робочу зону працівника. Це необхідно враховувати при проектуванні розташування обладнання та устаткування.

Обладнання для роботи якого необхідно декілька працівників повинно мати спеціальні пристрої блокування роботи, якщо не отримано дозвіл на роботу від кожного робочого місця. Розташування робочих місць повинно забезпечувати можливість візуального контакту між робочими місцями такого

обладнання. «Преси гідравлічні необхідно обладнати місцевими відсмоктувачами в зоні пресування. Преси слід оснастити автоматичною системою регулювання і контролю технологічних режимів пресування. Печі для нагрівання матеріалів повинні вимикатись тільки у випадку вимкненої вентиляції і при нещільно закритих дверях обладнання» [17].

5.2 Вимоги до технологічних процесів переробки пластиків

Виконання технологічних процесів виготовлення елементів трибоспрязень з ПКМ повинно відповідати вимогам технологічної документації. «Під час розроблення технологічних процесів слід передбачати максимальну автоматизацію і механізацію робіт. Під час виконання окремих операцій, які не можуть бути автоматизовані, необхідно передбачати пристосування і засоби малої механізації, що знижують або виключають вплив небезпечних факторів на працюючих, усувають безпосередній контакт працівника з шкідливими речовинами» [18].

Проведення у приміщенні отримання деталей з пластиків, зварювальних робіт або інших робіт з підвищеною температурою, повинні відповідати вимогам з безпечного виконання робіт вибухо- та пожежонебезпечних об'єктах. «Огляд, чищення поверхонь і вузлів устаткування, мереж енергоносіїв необхідно проводити тільки за умови повного відключення обладнання та знеструмлених електромережах» [18]. «Необхідно вживати заходів, що перешкоджають випадковому включенню електромереж. Чищення, огляд внутрішніх поверхонь обладнання (термопечей, камер нанесення антиадгезійного мастила) дозволяється виконувати після ретельного продування повітрям. Продувку слід проводити при працюючій вентиляції» [18]. Очищення місць з обмеженим доступом необхідно виконувати із застосуванням інструментів із спеціальними подовжувачами та обов'язковим використанням індивідуальних засобів захисту органів дихання.

Процес дозування основних компонентів та наповнювачів необхідно виконувати у спеціальну тару в робочих зонах, які обладнані місцевими відсмоктуючими пристроями. Виконання робіт повинно бути із вживанням заходів запобігання розливання, розсипання чи розпорошення компонентів матеріалів у приміщені.

5.3 Шкідливі та небезпечні фактори при переробці полімерних матеріалів

«Шкідливим виробничим фактором називають такий чинник, який за певних умов та довготривалої дії може призвести до зменшення працездатності працівника чи погіршення його стану здоров'я» [19]. «Небезпечним виробничим фактором називають чинник процесу виробництва чи середовища, який за певних умов може спричинити до травмування працівника чи серйозного погіршення стану його здоров'я» [19].

Більшість пластиків та матеріалів на їх основі при переробці у вироби виділяють шкідливі та (або) небезпечні хімічні речовини чи сполуки. Саме тому, переробка ПКМ потребує використання спеціального складного обладнання та устаткування.

Основними небезпеками при переробці пластиків є травмування кінцівок за рахунок потрапляння між робочими органами машин. Зазвичай для захисту від небезпечних місць використовують встановлення спеціальних захисних щитків, встановлення попереджувальних знаків та ін.

Переробка ПКМ в більшості випадків пов'язана із використанням високих температур в робочому процесі. У такому випадку основною небезпекою є поверхні, що мають температуру більше 50 °С. Таке устаткування повинно мати спеціальні щитки або огороження для унеможливлення контакту працівників з такими поверхнями.

Ливарні машини та обладнання повинні обладнані автоматичними системами підтримки необхідної температури відповідних технологічних процесів. Очищення ливарних машин дозволяється тільки при повній їх зупинці та охолодженні устаткування.

Полімери та матеріали на їх основі – горючі речовини. Тому особливу увагу необхідно приділяти вимогам до температури навколишнього обладнання та устаткування. Крім того, деякі ПКМ при їх переробці у готові вироби виділяють вибухонебезпечні пари, що при деякій концентрації можуть призвести до пожежі. Переробка ПКМ часто супроводжується виділенням шкідливих або небезпечних речовин. Тому, при роботі з такими матеріалами необхідно забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту органів дихання, зору та шкіри.

Особливих вимог щодо експлуатації машин трибоспряження яких обладнані елементами з КМ не ставиться. Необхідно дотримуватися стандартних вимог щодо інструкції з експлуатації базової сільськогосподарської машини.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

Техніко-економічну оцінку дипломного проекту виконаємо шляхом порівняння експлуатаційних витрат на роботу базової сівалки та сівалки модернізованої елементами трибоспряження з КМ.

Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки роботи

Показники	Варіанти МТА	
	базовий	модернізований
Назва технологічної операції	Сівба кукурудзи	
Склад машинно-тракторного агрегату	ПМ38480+ Gaspardo MT-8	ПМ38480+ Gaspardo MT-8 (КМ)
Планове річне завантаження машинно-тракторного агрегату, га	714	771
Середнє значення темпу робіт МТА, га/год.	3,40	3,67
Нормативна витрата палива $g_{п}$, л/га	3,90	3,67
Вартість (балансова) агрегату Б, грн.	1100000	1124000

Впровадження запропонованої конструкції рухомого спряження важеля опорного колеса сівалки Maschio Gaspardo MT-8 дозволяє відмовитися від мащення вказаного вузла. Крім того, зменшення зазорів у трибоспряженні дозволяє підвищити якість сівби, що позитивно впливає на врожайність кукурудзи на зерно. Так як, сівалка Maschio Gaspardo MT-8 відноситься до групи сівалок точного висіву, це є ключовим позитивним аспектом запропонованого рішення щодо удосконалення її конструкції.

Проведемо розрахунки для МТА, який складається із трактора ПМ38480 та сівалки точного висіву Maschio Gaspardo MT-8.

Загальні питомі експлуатаційні витрати на виконання сівби визначаємо за рівнянням:

$$C_{ит} = C_{пмм} + C_{зп} + C_{мта} \quad (6.1)$$

де, $C_{пмм}$ – питомі витрати при роботі МТА на ПММ, грн./га;

$C_{зп}$ – питомі витрати фонду заробітної плати, грн./га.

$C_{мта}$ – загальні питомі витрати на проведення ТО, ремонту МТА, грн./га.

Витрати ПММ для МТА для сівби розраховуємо за рівнянням:

$$C_{пмм} = C_k \cdot g_{за} \cdot 0,83 \quad (6.2)$$

де C_k – комплексна ціна 1 кг палива з врахуванням витрат на мастильні матеріали, грн.;

$g_{га}$ – нормативна витрата палива, л/га;

Враховуючи наведені дані, маємо:

$$C_{пмм}^б = 53 \cdot 3,9 \cdot 0,83 = 171,56 \text{ грн./га}$$

$$C_{пмм}^н = 53 \cdot 3,67 \cdot 0,83 = 161,65 \text{ грн./га}$$

Загальні питомі витрати на машинно-тракторний агрегат розраховували за рівнянням:

$$C_M = \left[\frac{B_m \cdot a_{рм}}{100 \cdot n_{зм}^м \cdot G_H^{рік}} + \frac{(C_{прм} + C_{том} + C_{зм})}{G_H^{рік}} \right] \cdot K_i \quad (5.3)$$

де – $B_m, a_{рм}$ – Вартість (відповідно до документації) (грн.) та норма відрахувань на МТА (%) відповідно. Норми відрахувань необхідно враховувати для кожного виду техніки, але для дипломного проєкту приймаємо цей показник рівний між собою для трактора та сівалки у розмірі 11%.

$C_{прм}, C_{том}, C_{зм}$ – питомі витрати на поточний ремонт, ТО та зберігання техніки, (грн). Запропоноване рішення дозволяє зменшити ці відрахування з 8,5 % до 7,5 %.

$n_{зм}^м, G_H^{рік}$ – планові показники щодо річного завантаження для сівалки (нормо-змін) та відповідно планове завантаження, га.

Збільшення вартості складу машинно-тракторного парку пов'язано із необхідністю проведення модернізації сівалки (табл. 5.1).

З врахуванням цього, маємо:

$$C_M^б = \left[\frac{1100000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 714} + \frac{935000}{714} \right] = 136,60 \text{ грн/га}$$

$$C_M^{\text{п}} = \left[\frac{1124000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 771} + \frac{84300}{771} \right] = 114,68 \text{ грн/га}$$

Питомі затрати на оплату праці розраховуємо за рівнянням:

$$C_{\text{зп}} = \frac{1,49(K_{\text{нк}} \cdot m_{\text{мех}} \cdot f_{\text{мех}}) \cdot 1,02}{W_{\text{зм}}}, \text{ грн/га} \quad (6.4)$$

де $K_{\text{нк}}$ – коефіцієнт, який враховує класність (кваліфікацію) працівника;

$m_{\text{мех}}$ – кількість працівників при виконанні технологічної операції;

$f_{\text{мех}}$ – тарифна ставка працівників, грн./зм.;

$W_{\text{зм}}$ – виробіток (темп) технологічної операції, га/зм;

Підставивши дані отримуємо:

$$C_{\text{зп}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 450) \cdot 1,02}{23,8} = 34,48 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{зп}}^{\text{п}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 450) \cdot 1,02}{25,7} = 31,93 \text{ грн/га}$$

Отже загальні питомі експлуатаційні витрати складуть:

$$C_{\text{пит}}^{\text{б}} = 171,56 + 136,60 + 34,48 = 342,64 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{пит}}^{\text{п}} = 161,65 + 114,68 + 31,93 = 308,26 \text{ грн/га}$$

Економічний ефект на 1 га, складе:

$$E_{\text{еф}}^{\text{га}} = \Pi_{\text{в}}^{\text{п}} - \Pi_{\text{в}}^{\text{б}} = 342,64 - 308,26 = 34,38 \text{ грн/га}$$

З врахуванням річного завантаження сівалки 771 га, річний ефект складе:

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік}} = F \cdot (\Pi_{\text{в}}^{\text{п}} - \Pi_{\text{в}}^{\text{б}}) = 771 \cdot (342,64 - 308,26) = 26507 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховуємо за рівнянням:

$$T_o = \frac{K}{E_{\text{еф}}^{\text{рік}}}$$

З врахуванням отриманих даним, маємо:

$$T_o = \frac{24000}{26507} = 0,9 \text{ років}$$

Отримані результати заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 6.2 – Техніко-економічна ефективність проєкту

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий	Модернізований
Склад МТА	-	ПМ38480+ Gaspardo MT-8	ПМ38480+ Gaspardo MT-8 (КМ)
Темп робіт	га/год	3,40	3,67
Вартість МТА:	грн	1100000	11240000
Питомі експлуатаційні затрати, в тому числі:			
затрати на ПММ	грн/га	342,64	308,26
оплата на заробітну плату		171,56	161,65
затрати на ТО, ремонт та амортизацію		34,48	31,93
		136,60	114,68
Питомий економічний ефект	грн/га	-	34,38
Річний економічний ефект	грн	-	26507
Термін окупності додаткових капіталовкладень:	років	-	0,9

Висновки до розділу.

Встановлено, що економічний ефект використання модернізованої сівалки призводить до зменшення питомих експлуатаційних витрат на 34,38 грн/га. При цьому, річний економічний ефект від реалізації запропонованого рішення становить 26507 грн. Термін окупності капіталовкладень для реалізації технічного рішення складає 0,9 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вирощування кукурудзи на зерно має вагоме значення у забезпеченні кормової бази тваринницької промисловості, в меншій мірі, для забезпечення продовольчих потреб. Саме кукурудза на зерно є основою всіх кормів для будь-яких тварин. Кожного року ця культура постійно входить в топ 3 сільськогосподарських культур за посівними площами України займаючи, наприклад за останні 3 роки, від 17,5 % до 19,3 % в структурі посівних площ. Технології вирощування кукурудзи на зерно мають свої особливості, проте кожна з них містить технологічну операції сівбу. Відомо, що навіть незначні відхилення від встановленої глибини сівби призводить до зменшення врожайності кукурудзи на зерно. Саме підвищення якості сівби може дати суттєве підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Основний вплив на рівномірність вкладання насіння за глибиною сівби має стан механізмів копіювання. Одним і проблемних механізмів просапних сівалок є механізм копіювання опорного колеса сошника. При зносу його спряжень спостерігається відхилення від агровимог, не тільки у вертикальній площині, а й горизонтальній. Проведений огляд технічних рішень щодо підвищення довговічності роботи рухомих з'єднань машин. Встановлено, що перспективним є використання композиційних матеріалів в таких вузлах.

Проаналізовано технології вирощування кукурудзи на зерно та вплив системи обробітку ґрунту на врожайність культури. Розроблено операційно-технологічну карту на виконання сівби МТА у складі трактора ПМ38480, та сівалки Maschio Gaspardo MT-8. Встановлено, що продуктивність вказаного МТА становить 25,7 га/зм, при витраті палива 3,05 кг/га. Розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно. Встановлено, що витрата палива за запропонованою технологією становить – 42,2 кг/га. Загальні затрати праці на виконання всього комплексу технологічних операцій складає – 2,7 люд.-год/га.

Визначено, що зусилля яке виникає у рухомому з'єднанні кріплення важеля опорного колеса сошника становить 3087,9 Н. Розглянуто особливості збирання та регулювання модернізованого трибоспряження важеля опорного колеса. Доведена працездатність елементів рухомих з'єднань розробленого трибоспряження, виготовлених із композитного матеріалу.

Наведено основні вимоги щодо роботи з полімерно-композитними матеріалами та вимоги до технологічного обладнання призначеного для переробки таких матеріалів.

Встановлено, що економічний ефект використання модернізованої сівалки призводить до зменшення питомих експлуатаційних витрат на 34,38 грн/га. При цьому, річний економічний ефект від реалізації запропонованого рішення становить 26507 грн. Термін окупності капіталовкладень для реалізації технічного рішення складає 0,9 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Robinson, G. (2024). Global sustainable agriculture and land management systems. *Geography and Sustainability*, Vol. 5(4), pp. 637-646. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.09.001>
2. Stender, S., Tsvihun, I., Balla, I., Borkovska, V., Haibura, Yu. (2024). Innovative approaches to improving the agricultural sector in the era of digitalization of the economy. *Scientific Horizons*, Vol. 27(3), pp. 154-163. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.154>
3. Eltaief, A., Amor, S., Louhichi, B., Alrasheedi, N., Seibi, A. (2024). Automated assessment tool for 3D computer-aided design models. *Applied Sciences*, Vol. 14(11), 4578. <https://doi.org/10.3390/app14114578>
4. Khan, T., Rezwana, S. (2021). A review of CAD to CAE integration with a hierarchical data format (HDF)-based solution. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, Vol. 33, pp. 248-258. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.04.009>
5. Ramnath, S., Witek, K., Shah, J., Detwiler, D. (2025). An approach for integrating analytical and experiential knowledge for structural Design. *Computer-Aided Design & Applications*, Vol. 22(1), pp. 42-67. [10.14733/cadaps.2025.42-67](https://doi.org/10.14733/cadaps.2025.42-67)
6. Kozma, D., Varga, P., Larrinaga, F. (2021). System of systems lifecycle management – a new concept based on process engineering methodologies. *Applied Sciences*, Vol. 11(8), 3386. <https://doi.org/10.3390/app11083386>
7. Xu, G., Xie, Y., Peng, S., Liang, L., Ding, Q. (2023). Performance evaluation of vertical discs and disc coulters for conservation tillage in an intensive rice-wheat rotation system. *Agronomy*, Vol. 13, 1336. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051336>
8. Zeng, Z., Thoms, D., Chen, Y., Ma, X. (2021). Comparison of soil and corn residue cutting performance of different discs used for vertical tillage. *Scientific Reports*, Vol. 11, 2537. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82270-9>
9. Rogovskii, I., Titova, L., Trokhaniak, V., Haponenko, O., Ohiienko, M., Kulik, V. (2020). Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. *Agricultural Engineering*, Vol. 60(1), pp. 45-52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>
10. Khosravani, A., Desbiolles, J., Ucgul, M., Saunders, C. (2023). Prediction of single disc seeding system forces, using a semi-analytical and discrete element method (DEM). *Agriculture*, Vol. 13, 206. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010206>
11. [Malasli, M., Çelik, A. \(2023\). Effects of the disc and tilt angle of a single disc-type furrow opener of a no-till seeder on residue distribution and the furrow profile. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 7\(6\), 12. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3146>](https://doi.org/10.55730/1300-011X.3146)
12. Mankhi, A., Jebur, H. (2022). A study some technical indicators under impact tillage depth and disk harrow angle of the compound machine. *IOP Conference*

Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1060, 012137.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1060/1/012137>

13. [Nazarenko, I., Dedov, O., Bernyk, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A., Titova, L. \(2020\). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6\(7\(108\)\), pp. 71–79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>](#)
14. [Sadek, M., Chen, Y., Zeng, Z. \(2021\). Draft force prediction for a high-speed disc implement using discrete element modelling. *Biosystems Engineering*, Vol. 202, pp. 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.12.009>](#)
15. [Zubko, V., Sokolik, S., Khvorost, T., Melnyk, V. \(2021\). Factors affecting quality of tillage with disc harrow. *International Scientific Conference Engineering for Rural Development 2021*, pp. 1193–1199. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF262>](#)
16. [Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzilo, Z., Trokhaniak, O. \(2021\). Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. *Engineering Review*, Vol. 41 \(3\), pp. 106–114. <https://doi.org/10.30765/er.1563>](#)
17. [Rogovskii, I., Titova, L., Shatrov, R., Bannyi, O., Nadochiy, O. \(2022\). Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. *Engineering for Rural Development*, Vol. 21, pp. 924–929. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290>](#)
18. [Sheichenko, V., Petrachenko, D., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., Shatrov, R. \(2024\). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4 \(1 \(130\)\), pp. 54–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869>](#)
19. [Damanauskas, V., Janulevičius, A. \(2022\). Effect of tillage implement \(spring tine cultivator, disc harrow\), soil texture, forward speed, and tillage depth on fuel consumption and tillage quality. *Journal of Agricultural Engineering*, Vol. 53\(3\), 1371. <https://doi.org/10.4081/jae.2022.1371>](#)
20. [Chandio, F., Li, Y., Xu, L., Ma, Z., Ahmad, F., Cuong, D., Lakhari, I. \(2020\). Predicting 3D forces of disc tool and soil disturbance area using fuzzy logic model under sensor based soil-bin. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 13\(4\), pp. 77–84. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201304.5115>](#)
21. [Ranta, O., Ghețe, A., Stănilă, S., Muntean, M., Marian, O., Molnar-Irimie, A. \(2021\). Influence of design of the disk furrow opener of no-till sowing machines on the seedbed quality. *Romanian Agricultural Research*, Vol. 38, pp. 239–249. <https://doi.org/10.59665/rar3826>](#)
22. [Tukhtakuziev, A., Rasuljonov, A., Azizov, S., Temirkulova, N. \(2024\). Substantiation of the parameters of the double flat disc seeder for directly sowing repeated crops in the soil after wheat crop harvesting in Uzbekistan. *IV International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure for Sustainable Development*, Vol. 105, pp. 01015. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410501015>](#)

24. Viana, C., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., Pereira, P. (2022). Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: a systematic review. *Science of the Total Environment*, Vol. 806, pp. 150718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>
25. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzhylo, Z., Trokhaniak, O. (2022). Construction of conical axoids on the basis of congruent spherical ellipses. *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 113(1), pp. 13–18. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6967>
26. Kyratsis, P., Kakoulis, K., Markopoulos, A. (2020). Advances in CAD/CAM/CAE Technologies. *Machines*, Vol. 8, pp. 13. <https://doi.org/10.3390/machines8010013>
27. Mishra, R., Singh, R.K., (2023). A systematic literature review on supply chain resilience in SMEs: learnings from COVID-19 pandemic. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 40(5), pp. 1172–1202. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2022-0108>
28. Xie, Y., Ning, C., Sun, X. (2022). The twenty-first century of structural engineering research: a topic modeling approach. *Structures*, Vol. 35, pp. 577–590. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.11.018>
29. Romansky, R. (2020). An approach for mathematical modeling and investigation of computer processes at a macro level. *Mathematics*, Vol. 8, pp. 1838. <https://doi.org/10.3390/math8101838>
30. Zagurskiy, O., Duczmal, W., Savchenko, L., Ohienko, M. (2024). Models of formation of reliability of supply chains for the supply of agricultural products. *Research on World Agricultural Economy*, Vol. 5(3), pp. 14–23. <https://doi.org/10.36956/rwae.v5i3.1123>
31. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. (2024). Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, Vol. 11(1), pp. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2)