

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення вирощування жита з розробкою операційної
технології прямого посіву**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-2-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Федінчик М.О.

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович
_____ Вітер Віталій Андрійович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Федінчику Миколі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення вирощування жита з розробкою операційної технології прямого посіву

керівники роботи к.т.н., доцент Деркач Олексій Дмитрович, асистент Вітер Віталій Андрійович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз технологічних особливостей вирощування жита, патентний пошук, вивчення літературних джерел та останніх досліджень щодо застосування ресурсозберігаючих технологій і сівалок прямого висіву.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Теоретичні основи вирощування жита та особливості прямого посіву. 2. Розробка операційної технології прямого посіву жита. 3. Удосконалення сошникового вузла сівалки John Deere 1590. 4. Охорона праці. 5. Економічна частина. Загальні висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Сівалка John Deere 1590 (A1). 2. Модернізований сошник сівалки (A1).
3. Верхня частина кріплення демпфера (A3). 4. Пружина демпферного механізму (A3) 5. Шток пружинного демпфера (A3). 6. Кронштейн кріплення демпфера (A3).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Деркач О.Д., доцент		
нормоконтроль	Деркач О.Д., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)		
2	Технологічний		
3	Конструкційний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Графічна частина		

Студент

_____ (підпис)

Федінчик М.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Деркач О.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вітер В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Федінчик М.О. Удосконалення вирощування жита з розробкою операційної технології прямого посіву / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є удосконалення технології вирощування озимого жита шляхом впровадження операційної технології прямого посіву (No-Till) та підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів під час виконання посівних робіт.

У роботі виконано аналіз сучасної техніки для технології No-Till, розглянуто конструктивні особливості посівних комплексів Horsch Avatar, John Deere 1890 та Bourgault 3320. Розроблено операційно-технологічну карту прямого посіву жита та проведено аналіз технічних засобів для реалізації технології No-Till. Виконано удосконалення сошникового вузла сівалки John Deere 1590 з розробкою пружинно-демпферного механізму для підвищення стабільності глибини загортання насіння. Проведено тяговий розрахунок агрегату, визначено сумарний тяговий опір, необхідну тягову потужність та основні технологічні параметри роботи посівного комплексу.

У результаті проведених досліджень встановлено, що використання технології прямого посіву дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю до 1–3, знизити витрати дизельного пального до 25–40 л/га та забезпечити стабільне загортання насіння навіть за наявності значної кількості рослинних решток. Також визначено, що застосування сучасних систем GPS-навігації та електронного контролю висіву підвищує точність виконання технологічних операцій та ефективність використання техніки.

Економічний та технологічний аналіз підтверджує доцільність впровадження технології прямого посіву жита у виробничих умовах аграрних підприємств, що забезпечує зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності праці та ефективніше використання ресурсів господарства.

Ключові слова: жито, прямий посів, No-Till, сівалка прямого посіву, операційна технологія, машинно-тракторний агрегат, John Deere, сошниковий вузол, ресурсозберігаючі технології.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРЯМОГО ПОСІВУ	9
1.1. Значення жита та сучасний стан його вирощування	9
1.2. Біологічні особливості та агротехнічні вимоги жита	11
1.3. Особливості технології прямого посіву (No-Till)	16
1.4. Висновки до розділу	20
2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЯМОГО ПОСІВУ ЖИТА	21
2.1. Аналіз технології прямого посіву жита	21
2.2. Аналіз сучасної техніки для прямого посіву	24
2.3. Розробка операційно-технологічної карти прямого посіву жита	29
2.4. Висновки до розділу	37
3. УДОСКОНАЛЕННЯ СОШНИКОВОГО ВУЗЛА СІВАЛКИ JOHN DEERE 1590	38
3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик сівалки John Deere 1590	38
3.2. Обґрунтування модернізації сошникового вузла сівалки John Deere 1590	41
3.3. Розрахунок пружинно-демпферного вузла сошникової секції	44
3.4. Висновок до розділу	52
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1. Загальні вимоги охорони праці під час виконання прямого посіву жита	54
4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час прямого посіву жита	55
4.3. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту	57
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	65
ДОДАТКИ	68

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває впровадження ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, які забезпечують підвищення ефективності використання техніки, зменшення енергетичних витрат та збереження родючості ґрунтів. Однією з перспективних зернових культур для умов України є озиме жито, яке характеризується високою зимостійкістю, стійкістю до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов та здатністю формувати стабільну врожайність навіть за обмеженого рівня вологозабезпечення.

У сучасних умовах зміни клімату, зростання вартості паливно-мастильних матеріалів та необхідності раціонального використання матеріальних ресурсів особливо актуальним є застосування технології прямого посіву (No-Till) [6]. Дана технологія передбачає висів насіння без попереднього механічного обробітку ґрунту, що дозволяє суттєво скоротити кількість проходів техніки по полю, знизити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту та покращити збереження продуктивної вологи. Крім того, наявність рослинних решток на поверхні поля сприяє захисту ґрунту від ерозійних процесів та накопиченню органічної речовини.

Разом із тим ефективність технології прямого посіву значною мірою залежить від якості виконання посівної операції та технічного рівня посівних агрегатів. Робота сівалок у складних умовах наявності пожнивних решток, ущільненого ґрунту та нерівностей поверхні поля висуває підвищені вимоги до конструкції сошникових вузлів, стабільності глибини загортання насіння та точності виконання технологічного процесу. Саме тому сучасні посівні комплекси оснащуються дисковими сошниками, системами регулювання притискного зусилля, GPS-навігацією та електронними системами контролю технологічних параметрів [3].

Особливе значення при вирощуванні озимого жита має якість виконання посіву, оскільки рівномірність розміщення насіння та стабільність глибини

загортання безпосередньо впливають на польову схожість, формування густоти стояння рослин та майбутню врожайність культури. В умовах технології No-Till це питання набуває ще більшої актуальності через складні умови роботи посівної техніки [6].

Метою дипломної роботи є удосконалення вирощування озимого жита шляхом розробки операційної технології прямого посіву та підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів у системі No-Till.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасних технологій вирощування озимого жита;
- дослідити біологічні особливості культури та агротехнічні вимоги до її вирощування;
- виконати аналіз технології прямого посіву (No-Till);
- дослідити сучасну техніку для виконання прямого посіву;
- розробити операційно-технологічну карту прямого посіву жита;
- виконати тягові та технологічні розрахунки машинно-тракторного агрегату;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.

Запропоновані у дипломній роботі технічні та технологічні рішення спрямовані на підвищення ефективності виконання посівних робіт, покращення якості прямого посіву озимого жита, зниження експлуатаційних витрат та підвищення ефективності використання сучасної сільськогосподарської техніки в умовах ресурсозберігаючих технологій землеробства.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРЯМОГО ПОСІВУ

1.1. Значення жита та сучасний стан його вирощування

Жито є однією з найважливіших зернових культур помірної кліматичної зони, яка відзначається високою стійкістю до несприятливих природно-кліматичних умов, невибагливістю до родючості ґрунтів та стабільністю врожайності. Завдяки добре розвиненій кореневій системі культура здатна ефективно використовувати вологу та поживні речовини навіть на малородючих і легких ґрунтах, де інші зернові культури формують значно нижчі врожаї. Саме тому жито має важливе значення для забезпечення стабільного зернового виробництва в умовах ризикованого землеробства.

Основним напрямком використання жита є виробництво продовольчого зерна для хлібопекарської промисловості. Житній хліб відзначається високими харчовими та дієтичними властивостями, містить значну кількість клітковини, амінокислот, вітамінів групи В та мікроелементів. Крім продовольчого використання, зерно жита широко застосовується у тваринництві як кормова культура, а також у спиртовій, крохмальній та комбікормовій промисловості [13].

Важливою особливістю жита є його висока зимостійкість. Рослини здатні витримувати зниження температури до $-25...-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ при наявності достатнього снігового покриву, що значно перевищує показники більшості інших зернових культур. Завдяки цьому озиме жито добре адаптується до умов північних та центральних регіонів України [3].

Сучасне аграрне виробництво приділяє значну увагу вирощуванню жита також через його екологічне значення. Культура ефективно пригнічує розвиток бур'янів, покращує структуру ґрунту, знижує ризик водної та вітрової ерозії, а також активно використовується у системах мінімального та нульового обробітку ґрунту. Потужна коренева система жита сприяє

накопиченню органічної речовини та покращенню водно-фізичних властивостей ґрунту.

За даними світової статистики, найбільшими виробниками жита є Німеччина, Польща, росія, Білорусь та Україна. У країнах Європейського Союзу жито займає важливе місце серед зернових культур завдяки високому попиту на житній хліб та продукти переробки зерна.

В Україні посівні площі жита у 2024–2025 роках становили близько 110–120 тис. га. Найбільші площі вирощування зосереджені у Поліській та Лісостеповій зонах, зокрема у Житомирській, Волинській, Рівненській, Чернігівській та Сумській областях. Саме ці регіони характеризуються достатнім рівнем зволоження та ґрунтами, придатними для ефективного вирощування культури.

Середня врожайність озимого жита в Україні у 2024 році становила близько 3,4–4,1 т/га, тоді як у високотехнологічних господарствах із використанням сучасних систем живлення, захисту рослин та елементів точного землеробства врожайність може перевищувати 6,0–7,0 т/га. При цьому жито характеризується нижчими виробничими витратами порівняно з озимою пшеницею, що забезпечує достатньо високий рівень економічної ефективності його вирощування [11]. Основні показники вирощування жита в Україні наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні показники вирощування жита в Україні

Показник	Значення
Посівна площа	110–120 тис. га
Середня врожайність	3,4–4,1 т/га
Потенційна врожайність сучасних сортів	6,0–7,0 т/га
Норма висіву	4,0–5,5 млн схожих зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Вміст білка в зерні	9–14 %
Робоча швидкість посіву	8–12 км/год

Останніми роками спостерігається зростання інтересу до технологій прямого посіву та мінімального обробітку ґрунту при вирощуванні жита. Це пов'язано зі зростанням вартості паливно-мастильних матеріалів, необхідністю збереження ґрунтової вологи та зменшенням кількості проходів техніки по полю. Технологія прямого посіву дозволяє суттєво скоротити енергетичні витрати, знизити ущільнення ґрунту та підвищити ефективність використання машинно-тракторних агрегатів.

Таким чином, жито є важливою зерною культурою, яка поєднує високу адаптивність до складних умов вирощування, продовольче та кормове значення, а також перспективність використання сучасних ресурсозберігаючих технологій, зокрема прямого посіву.

1.2. Біологічні особливості та агротехнічні вимоги жита

Жито належить до найбільш витривалих зернових культур, що здатні ефективно адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов. Завдяки високій зимостійкості, посухостійкості та невибагливості до родючості ґрунтів культура широко використовується у регіонах із нестійкими погодними умовами та недостатнім рівнем зволоження. Біологічні особливості жита значною мірою визначають технологію його вирощування, строки виконання польових робіт та вимоги до посівної техніки.

Однією з головних переваг жита є добре розвинена коренева система мичкуватого типу. Корені здатні проникати у ґрунт на глибину до 1,5–2,0 м, що забезпечує ефективне використання вологи та поживних речовин із нижніх шарів ґрунту. У порівнянні з озимою пшеницею жито краще переносить легкі піщані та супіщані ґрунти, а також ґрунти з підвищеною кислотністю [3].

Рослини жита характеризуються інтенсивним осіннім розвитком та високою енергією кущення. За сприятливих умов одна рослина може формувати від 3 до 6 продуктивних стебел. Саме тому культура добре реагує

на оптимальні строки посіву та достатнє забезпечення вологою у початковій фазі розвитку.

Жито належить до культур довгого дня. Для нормального проходження фаз росту і розвитку рослини потребують достатньої кількості сонячного світла та помірного температурного режиму. Мінімальна температура проростання насіння становить $+1...+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, однак оптимальна температура для появи дружних сходів знаходиться в межах $+12...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. За таких умов сходи з'являються через 5–7 діб після посіву [13].

Важливою біологічною особливістю озимого жита є його висока морозостійкість. Добре розвинені рослини у фазі кущення здатні витримувати зниження температури до $-25...-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ за наявності снігового покриву. Це дозволяє культурі стабільно перезимовувати навіть у регіонах із суворими зимовими умовами.

Для формування високого врожаю жито потребує достатнього забезпечення вологою у критичні періоди розвитку, зокрема у фазі виходу в трубку та колосіння. Разом із тим культура характеризується значно вищою посухостійкістю у порівнянні з іншими озимими зерновими культурами завдяки потужній кореневій системі та здатності ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи.

Оптимальними для вирощування жита є легкі та середні за механічним складом ґрунти із реакцією ґрунтового розчину $\text{pH } 5,5-7,0$. Культура добре переносить підвищену кислотність, тому може ефективно вирощуватись на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. Водночас надмірне перезволоження та важкі глинисті ґрунти негативно впливають на розвиток кореневої системи та продуктивність рослин [3].

Важливим елементом технології вирощування є правильний вибір строків посіву. Для більшості регіонів України оптимальні строки посіву озимого жита знаходяться у межах від другої декади серпня до середини вересня. Надто ранній посів призводить до переростання рослин та зниження зимостійкості, тоді як запізнення із сівбою негативно впливає на розвиток

вузла кущення та формування продуктивних стебел. Жито у фазі колосіння зображено на рисунку 1.1.



Рис.1.1 – Зображення культури жита у фазі колосіння

Норма висіву жита залежить від сорту, ґрунтово-кліматичних умов та технології вирощування. У середньому вона становить 4,0–5,5 млн схожих зерен на 1 га. За використання технології прямого посіву норму висіву часто збільшують на 5–10 % через наявність рослинних решток та складніші умови проростання насіння.

Глибина загортання насіння є одним із найважливіших факторів отримання рівномірних сходів. На легких ґрунтах насіння загортають на глибину 4–5 см, а на важчих — 2–3 см. При недостатній вологості верхнього шару ґрунту допускається збільшення глибини посіву до 5–6 см [13].

Технологія прямого посіву висуває підвищені вимоги до рівномірності загортання насіння та стабільності роботи сошникових вузлів сівалки. Наявність великої кількості пожнивних решток ускладнює процес формування посівної борозни та може негативно впливати на контакт насіння з ґрунтом. Саме тому сучасні сівалки прямого посіву оснащуються спеціальними сошниковими системами із підвищеним притискним зусиллям, копіювальними колесами та механізмами очищення рядка.

Для формування врожайності жита на рівні 5,0–6,0 т/га рослини потребують достатнього забезпечення елементами живлення. Орієнтовне

винесення поживних речовин на формування 1 т зерна та відповідної кількості соломи становить:

- азоту (N) — 25–30 кг;
- фосфору (P_2O_5) — 10–14 кг;
- калію (K_2O) — 20–26 кг.

Значний вплив на продуктивність жита має якість виконання посівних робіт. Рівномірний розподіл насіння по площі, стабільна глибина загортання та дотримання оптимальної норми висіву забезпечують дружні сходи та рівномірний розвиток рослин. Саме тому при сучасних технологіях вирощування велика увага приділяється використанню високопродуктивних посівних агрегатів, систем автоматичного контролю висіву та елементів точного землеробства. Основні біологічні та агротехнічні показники жита наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні біологічні та агротехнічні показники жита

Показник	Значення
Мінімальна температура проростання	+1...+2 °C
Оптимальна температура сходів	+12...+18 °C
Морозостійкість	до –25...–30 °C
Глибина проникнення коренів	1,5–2,0 м
Норма висіву	4,0–5,5 млн зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Оптимальний рН ґрунту	5,5–7,0
Потенційна врожайність	5,0–7,0 т/га
Робоча швидкість посіву	8–12 км/год
Коефіцієнт кущення	3–6 стебел

Важливою особливістю жита є його здатність ефективно використовувати поживні речовини навіть за умов недостатнього

мінерального живлення. У порівнянні з іншими зерновими культурами жито характеризується нижчим рівнем вимог до родючості ґрунтів, що дозволяє успішно вирощувати його у господарствах із обмеженим ресурсним забезпеченням. Разом із тим застосування сучасних систем удобрення та елементів точного землеробства дозволяє суттєво підвищити продуктивність культури та стабільність урожаю. Зображення жита готового до збирання наведено на рисунку 1.2.



Рис.1.2 – Зображення культури жита готового до збирання

Сучасні технології вирощування жита все частіше передбачають використання диференційованого внесення добрив, автоматизованих систем навігації та контролю технологічних операцій. Використання GPS-навігації дозволяє зменшити перекриття під час посіву та внесення добрив, а також забезпечити більш точне дотримання технологічних параметрів. Особливо важливим це є при використанні технології прямого посіву, де якість виконання посівної операції безпосередньо впливає на рівномірність сходів та подальший розвиток рослин.

Жито також має важливе агротехнічне значення у сівозмінах. Завдяки швидкому росту та інтенсивному розвитку рослини ефективно пригнічують бур'яни, що дозволяє частково зменшити гербіцидне навантаження. Крім того,

післяжнивні рештки жита сприяють накопиченню органічної речовини та покращенню структури ґрунту, що особливо важливо при застосуванні технологій мінімального та нульового обробітку ґрунту [5].

При вирощуванні жита за технологією прямого посіву важливого значення набуває якість роботи посівних агрегатів. Сошникові системи повинні забезпечувати стабільне загортання насіння навіть за наявності великої кількості рослинних решток на поверхні поля. Для цього сучасні сівалки оснащуються дисковими сошниками, системами копіювання рельєфу та механізмами регулювання притискного зусилля.

У сучасних умовах зміни клімату жито залишається перспективною культурою для вирощування в Україні завдяки високій адаптивності до посушливих умов, здатності ефективно використовувати зимово-весняні запаси вологи та формувати стабільну врожайність навіть у несприятливі роки. Саме тому удосконалення технологій вирощування жита та впровадження сучасних ресурсозберігаючих рішень є актуальним напрямком розвитку аграрного виробництва.

1.3. Особливості технології прямого посіву (No-Till)

У сучасному сільському господарстві дедалі більшого поширення набувають ресурсозберігаючі технології вирощування культур, серед яких особливе місце займає технологія прямого посіву — No-Till. Основною особливістю даної технології є повна відмова від механічного обробітку ґрунту перед посівом, а висів насіння здійснюється безпосередньо у необроблений ґрунт із рослинними рештками попередньої культури на поверхні поля.

Технологія прямого посіву вважається одним із найбільш перспективних напрямків сучасного землеробства, оскільки дозволяє суттєво скоротити кількість технологічних операцій, знизити енергетичні витрати та підвищити

ефективність використання машинно-тракторних агрегатів. У традиційній технології вирощування зернових культур зазвичай виконуються оранка, культивація, боронування та передпосівний обробіток, тоді як при прямому посіві більшість цих операцій виключається [6].

Однією з головних переваг No-Till є значне збереження ґрунтової вологи. Рослинні рештки, які залишаються на поверхні поля, зменшують випаровування води, захищають ґрунт від перегрівання та сприяють накопиченню зимово-весняної вологи. Це особливо важливо в умовах сучасних кліматичних змін та дефіциту опадів у багатьох регіонах України.

Важливим позитивним фактором прямого посіву є зниження ерозійних процесів. Шар пожнивних решток захищає поверхню ґрунту від руйнування краплями дощу та впливу вітру. У результаті цього зменшується ризик водної та вітрової ерозії, покращується структура ґрунту та підвищується вміст органічної речовини.

При використанні технології прямого посіву значно скорочується кількість проходів техніки по полю. Це дозволяє знизити ущільнення ґрунту, зменшити витрати пального та знизити експлуатаційне навантаження на техніку. У середньому технологія No-Till дозволяє скоротити витрати дизельного пального на 35–50 % у порівнянні з традиційною системою обробітку ґрунту [6].

Для вирощування жита технологія прямого посіву є особливо перспективною завдяки високій стійкості культури до несприятливих умов вирощування та здатності формувати стабільний урожай навіть за обмеженого рівня вологозабезпечення. Потужна коренева система жита добре проникає у щільні шари ґрунту та ефективно використовує накопичену вологу.

Разом із тим технологія прямого посіву висуває підвищені вимоги до технічного забезпечення посівного процесу. Сівалки повинні забезпечувати стабільне прорізання шару рослинних решток, точне дотримання глибини загортання насіння та якісне закриття посівної борозни. Саме тому сучасні сівалки прямого посіву оснащуються дисковими сошниками, копіювальними

колесами, системами регулювання притискного зусилля та механізмами очищення рядка.

Одним із найбільш відповідальних елементів сівалки прямого посіву є сошниковий вузол. Під час роботи він сприймає значні динамічні навантаження, працює в умовах підвищеного опору ґрунту та контактує із великою кількістю рослинних решток. Від стабільності роботи сошника безпосередньо залежить рівномірність загортання насіння та якість формування сходів.

Технологія No-Till також потребує більш точного контролю системи удобрення та захисту рослин. Через відсутність механічного обробітку частина бур'янів може активніше розвиватися, тому важливу роль відіграє правильне застосування гербіцидів та систем моніторингу стану посівів [5].

У сучасному агровиробництві технологія прямого посіву часто поєднується із елементами точного землеробства. Використання GPS-навігації, RTK-корекції, автоматичного водіння, систем контролю висіву та цифрових платформ моніторингу дозволяє підвищити точність виконання технологічних операцій та ефективність використання техніки. Порівняння традиційної технології та технології прямого посіву наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння традиційної технології та технології прямого посіву

Показник	Традиційна технологія	Прямий посів (No-Till)
Кількість проходів техніки	5–7	1–3
Витрати пального	60–90 л/га	30–45 л/га
Обробіток ґрунту	Оранка, культивація	Відсутній
Збереження вологи	Середнє	Високе
Ризик ерозії	Підвищений	Мінімальний
Ущільнення ґрунту	Значне	Менше

Кількість рослинних решток	Низька	Висока
Вимоги до сівалки	Стандартні	Підвищені

Серед сучасних переваг технології прямого посіву також слід відзначити зниження собівартості вирощування культур за рахунок скорочення кількості технологічних операцій, зменшення потреби у важких енергонасичених тракторах та підвищення продуктивності праці. У великих господарствах це дозволяє суттєво скоротити терміни виконання посівних робіт та ефективніше використовувати машинно-тракторний парк. Сівалка прямого посіву під час виконання посіву жита за технологією No-Till зображено на рисунку 1.3.



Рис.1.3 - Сівалка прямого посіву під час виконання посіву жита за технологією No-Till

Разом із перевагами технологія No-Till має і певні недоліки. Основними з них є:

- підвищені вимоги до технічного стану сівалки;
- складність роботи на перезволожених ґрунтах;
- необхідність точного контролю бур'янів;
- висока вартість сучасних сівалок прямого посіву;
- потреба у кваліфікованому налаштуванні техніки.

Незважаючи на це, прямий посів залишається одним із найбільш перспективних напрямків сучасного землеробства, особливо в умовах дефіциту вологи та необхідності зниження виробничих витрат. Саме тому

удосконалення конструкції посівних агрегатів та сошникових вузлів для технології No-Till є актуальним напрямком розвитку сучасної агроінженерії.

1.4. Висновки до розділу

У першому розділі дипломної роботи проведено аналіз значення жита як важливої зернової культури сучасного аграрного виробництва. Встановлено, що жито характеризується високою зимостійкістю, посухостійкістю та здатністю формувати стабільну врожайність навіть на малородючих ґрунтах. Визначено, що середня врожайність культури в Україні становить близько 3,4–4,1 т/га, а за використання сучасних технологій вирощування може перевищувати 6,0–7,0 т/га.

У роботі проаналізовано біологічні особливості культури та агротехнічні вимоги жита. Встановлено, що оптимальна норма висіву становить 4,0–5,5 млн схожих зерен на 1 га, а рекомендована глибина загортання насіння — 3–5 см. Також визначено, що потужна коренева система жита здатна проникати на глибину до 1,5–2,0 м, що забезпечує ефективне використання ґрунтової вологи.

Проведений аналіз показав, що технологія прямого посіву (No-Till) є перспективним напрямком сучасного землеробства завдяки зменшенню кількості технологічних операцій, скороченню витрат пального та збереженню структури ґрунту. Встановлено, що використання технології прямого посіву дозволяє знизити витрати дизельного пального на 35–50 % у порівнянні з традиційним обробітком ґрунту та суттєво зменшити ущільнення поверхневого шару ґрунту.

Отримані результати підтверджують актуальність удосконалення технології вирощування жита із використанням сучасних ресурсозберігаючих рішень та необхідність застосування спеціалізованих посівних агрегатів для технології прямого посіву.

2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЯМОГО ПОСІВУ ЖИТА

2.1. Аналіз технології прямого посіву жита

Технологія прямого посіву (No-Till) є одним із найбільш сучасних та перспективних напрямків розвитку ресурсозберігаючого землеробства. Основною особливістю даної технології є виконання посіву без попереднього механічного обробітку ґрунту. Насіння висівається безпосередньо у необроблений ґрунт із наявністю рослинних решток попередньої культури на поверхні поля. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити кількість технологічних операцій, скоротити енергетичні витрати та знизити навантаження на машинно-тракторний парк.

При традиційній технології вирощування зернових культур перед посівом виконуються оранка, культивація, боронування та передпосівний обробіток. У технології прямого посіву більшість із цих операцій відсутня, що дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю з 5–7 до 1–3. Це позитивно впливає на збереження структури ґрунту, зменшує його ущільнення та сприяє накопиченню продуктивної вологи [17].

Для вирощування жита технологія прямого посіву є особливо перспективною, оскільки культура характеризується високою стійкістю до несприятливих умов вирощування та здатністю формувати стабільний урожай навіть за обмеженого рівня вологозабезпечення. Потужна коренева система жита дозволяє ефективно використовувати ґрунтову вологу та поживні речовини з нижніх шарів ґрунту.

Важливою перевагою прямого посіву є збереження рослинних решток на поверхні поля. Шар стерні та подрібненої соломи зменшує випаровування вологи, захищає поверхню ґрунту від перегрівання та знижує ризик розвитку водної й вітрової ерозії. Крім того, рослинні рештки поступово розкладаються та сприяють накопиченню органічної речовини у ґрунті.

При використанні технології No-Till значно підвищуються вимоги до технічного забезпечення посівного процесу. Посівні агрегати повинні забезпечувати:

- стабільне прорізання шару рослинних решток;
- точне дотримання глибини загортання насіння;
- рівномірне укладання насіння у посівну борозну;
- якісне закриття борозни після проходу сошника;
- стабільну роботу на ущільнених ґрунтах.

Саме тому сучасні сівалки прямого посіву оснащуються дисковими сошниками, копіювальними колесами, притискними механізмами та системами очищення рядка. Величина притискного зусилля сошникових секцій сучасних посівних комплексів може досягати 250–350 кг на один сошник.

Одним із головних факторів ефективності прямого посіву є правильний вибір строків проведення посівних робіт. Для озимого жита оптимальними строками посіву в умовах України є період із другої декади серпня до середини вересня. Запізнення із сівбою призводить до слабкого розвитку вузла кущення та зниження зимостійкості рослин.

Норма висіву жита при прямому посіві зазвичай становить 4,5–5,5 млн схожих зерен на 1 га. У порівнянні з традиційною технологією норму висіву часто збільшують на 5–10 %, що пов'язано із складнішими умовами проростання насіння за наявності великої кількості рослинних решток [17].

Глибина загортання насіння жита при прямому посіві зазвичай становить 3–5 см. При недостатній вологості верхнього шару ґрунту допускається збільшення глибини посіву до 5–6 см. Одним із найважливіших факторів при цьому є забезпечення стабільності глибини загортання по всій ширині захвату посівного агрегату.

Для виконання прямого посіву використовуються сучасні енергонасичені трактори потужністю 250–500 к.с. та широкозахватні посівні комплекси із робочою шириною 6–18 м. Робоча швидкість посіву зазвичай знаходиться в межах 8–15 км/год, а продуктивність агрегатів може досягати 6–15 га/год залежно від ширини захвату та умов роботи [6]. Основні технологічні параметри прямого посіву жита наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технологічні параметри прямого посіву жита

Показник	Значення
Технологія вирощування	No-Till
Норма висіву	4,5–5,5 млн зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Робоча швидкість посіву	8–15 км/год
Кількість проходів техніки	1–3
Витрати пального	25–40 л/га
Притискне зусилля сошника	150–350 кг
Робоча ширина сівалок	6–18 м
Продуктивність агрегату	6–15 га/год

При використанні технології прямого посіву значну роль відіграють елементи точного землеробства. Сучасні посівні комплекси оснащуються GPS-навігацією, системами автоматичного водіння, контролем норми висіву, електронними датчиками проходження насіння та ISOBUS-системами управління. Це дозволяє підвищити точність виконання технологічних операцій, зменшити перекриття та пропуски під час посіву, а також забезпечити стабільність технологічного процесу.

Одним із перспективних напрямків удосконалення технології прямого посіву є модернізація сошникових вузлів та систем контролю роботи посівних агрегатів. Високі динамічні навантаження, нерівності поверхні поля та значна кількість рослинних решток створюють складні умови роботи сошникових секцій, що може негативно впливати на якість посіву.



Рис.2.1 - Виконання прямого посіву зернових культур сівалкою John Deere в умовах технології No-Till

Технологія прямого посіву жита є сучасним ресурсозберігаючим напрямком землеробства, який дозволяє скоротити енергетичні витрати, зберегти структуру ґрунту та підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку. Водночас ефективність даної технології значною мірою залежить від конструкції посівної техніки та стабільності роботи сошникових вузлів.

2.2. Аналіз сучасної техніки для прямого посіву

Ефективність технології прямого посіву значною мірою залежить від правильного вибору посівної техніки та стабільності роботи машинно-тракторного агрегату в умовах мінімального або повного виключення

механічного обробітку ґрунту. На відміну від традиційних технологій, де посів виконується по попередньо підготовленому ґрунту, при технології No-Till сівалка працює безпосередньо по рослинних рештках попередньої культури. Це значно ускладнює умови роботи сошникових секцій та збільшує навантаження на робочі органи машини.

Основною вимогою до сучасних сівалок прямого посіву є забезпечення стабільного прорізання шару пожнивних решток та точного загортання насіння на задану глибину. Для цього використовуються спеціальні дискові сошники, копіювальні колеса, механізми регулювання притискного зусилля та системи очищення рядка.

Сучасні посівні комплекси для технології No-Till оснащуються високопродуктивними висівними апаратами, електронними системами контролю висіву, GPS-навігацією та автоматизованими системами управління. Це дозволяє забезпечити високу точність виконання технологічних операцій навіть при роботі на великих площах [7].

Однією з найбільш поширених сівалок прямого посіву є Horsch Avatar. Дана машина призначена для роботи за технологіями No-Till та Mini-Till і характеризується високим притискним зусиллям сошникових секцій, що може досягати 350 кг на один сошник. Сівалка оснащується однодисковими сошниками, які забезпечують стабільне прорізання рослинних решток та точне формування посівної борозни.

Не менш поширеними є сівалки John Deere серії 1890, які широко використовуються у господарствах із технологією прямого посіву. Особливістю даних машин є використання паралелограмної підвіски сошникових секцій, що дозволяє підтримувати стабільну глибину посіву навіть на нерівній поверхні поля. Сошникові секції оснащуються копіювальними колесами та системами автоматичного регулювання навантаження [17].

Великі аграрні підприємства також активно використовують посівні комплекси Great Plains, Bourgault та Seed Hawk. Дані машини мають значну

ширину захвату — від 9 до 18 м — та забезпечують високу продуктивність роботи. Робоча швидкість сівалок прямого посіву зазвичай становить 8–15 км/год, а продуктивність агрегатів може перевищувати 10–15 га/год.



Рис. 2.2 – John Deere 1890

Важливим елементом сучасних сівалок є система контролю висіву. Електронні датчики дозволяють контролювати проходження насіння через кожний насіннєпровід у режимі реального часу. При виникненні пропусків або забивання висівних секцій система автоматично передає інформацію оператору. Це дозволяє оперативно усувати несправності та підвищити якість виконання посівних робіт.

Сучасні сівалки прямого посіву також активно інтегруються із системами точного землеробства. Використання GPS-навігації та RTK-корекції дозволяє забезпечити точність водіння до 2–3 см та мінімізувати перекриття при посіві. Крім того, сучасні ISOBUS-системи забезпечують централізоване управління роботою посівного комплексу та контроль основних параметрів технологічного процесу [7].



Рис. 2.3 – Bourgault 3320-66

При використанні технології прямого посіву особливого значення набуває стабільність роботи сошникових вузлів. Саме сошник сприймає основне навантаження при русі агрегату по ущільненому ґрунту та рослинних рештках. Від якості роботи сошникового вузла залежить:

- рівномірність загортання насіння;
- стабільність глибини посіву;
- якість формування посівної борозни;
- контакт насіння із ґрунтом;
- рівномірність появи сходів.

Для роботи за технологією No-Till сучасні сівалки оснащуються пружинними або гідравлічними системами притискання сошників. У деяких моделях автоматично підтримується заданий рівень тиску залежно від щільності ґрунту та умов роботи. Технічні характеристики сучасних сівалок прямого посіву наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики сівалок прямого посіву

Показник	Horsch Avatar 12 SD	John Deere 1890	Bourgault 3320
Ширина захвату, м	12	12,2	12,8
Робоча швидкість, км/год	10–15	8–13	9–14
Тип сошника	Однодисковий	Дводисковий	Анкерний
Притискне зусилля сошника, кг	до 350	до 250	до 300
Об'єм бункера, л	9400	6800	10500
Робоча продуктивність, га/год	10–18	8–15	9–16
Потужність трактора, к.с.	350–500	300–450	400–550
Система контролю	ISOBUS	SeedStar	ISOBUS

Однією з тенденцій розвитку сучасної посівної техніки є підвищення рівня автоматизації технологічного процесу. Сучасні посівні комплекси можуть автоматично регулювати норму висіву, контролювати глибину загортання насіння, виконувати секційне відключення та передавати інформацію до цифрових платформ моніторингу.

Таким чином, сучасна техніка для прямого посіву є складною високотехнологічною системою, ефективність якої значною мірою залежить від конструкції сошникових вузлів, стабільності роботи висівних апаратів та використання елементів точного землеробства. Саме тому удосконалення конструкції сошникових секцій та підвищення стабільності їх роботи є актуальним напрямком розвитку сучасної агроінженерії.

2.3. Розробка операційно-технологічної карти прямого посіву жита

Призначення технологічної операції та характеристика умов роботи

Прямий посів жита є основною технологічною операцією у системі No-Till, під час якої насіння висівається без попереднього механічного обробітку ґрунту. Основне призначення операції полягає у рівномірному розміщенні насіння у посівному шарі, забезпеченні стабільної глибини загортання, збереженні рослинних решток на поверхні поля та зменшенні кількості проходів машинно-тракторного агрегату.

На відміну від традиційного способу вирощування, прямий посів дозволяє скоротити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту та краще зберегти продуктивну вологу. Якість виконання операції залежить від правильного вибору агрегату, швидкісного режиму, технічного стану сошникових вузлів та рівномірності подавання насіння [7].

Для виконання операції приймаємо машинно-тракторний агрегат у складі трактора John Deere 6195M та сівалки прямого посіву John Deere 1590. Загальні умови роботи наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Загальні параметри умов роботи

Показник	Значення
Культура	Озиме жито
Технологія	Прямий посів (No-Till)
Попередник	Зернова культура або кукурудза на зерно
Площа поля	150 га
Довжина гону	1300 м
Тип ґрунту	чорнозем середньосуглинковий
Стан поверхні поля	наявність пожнивних решток
Середній ухил місцевості	1,5 %
Робоча ширина сівалки	7,6 м
Робоча швидкість агрегату	11 км/год

Агротехнічні вимоги

Для якісного виконання прямого посіву жита необхідно дотримуватися комплексу агротехнічних вимог. Основною вимогою є рівномірне розміщення насіння по площі живлення та стабільне загортання на задану глибину. Для озимого жита рекомендована глибина загортання становить 3-5 см, а за недостатньої вологості верхнього шару ґрунту може збільшуватись до 5-6 см.

Норма висіву при прямому посіві приймається на рівні 4,8 млн схожих зерен на 1 га. У разі значної кількості рослинних решток допускається збільшення норми висіву на 5-10 %, що компенсує можливі втрати польової схожості. Відхилення фактичної глибини загортання насіння від заданої не повинно перевищувати 10 % [3].

Під час роботи агрегату необхідно забезпечити прямолінійність проходів, відсутність перекриттів і пропусків, однакову глибину посіву по всій ширині захвату та надійне закриття посівної борозни. Основні агротехнічні вимоги наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Агротехнічні вимоги до прямого посіву жита

Показник	Допустиме або рекомендоване значення
Глибина загортання насіння	3-5 см
Відхилення глибини посіву	не більше 10 %
Норма висіву	4,8 млн схожих зерен/га
Робоча швидкість	10-12 км/год
Наявність огріхів	не допускається
Перекриття суміжних проходів	мінімальне, з використанням GPS-навігації
Якість закриття борозни	повне закриття насіння ґрунтом

Комплектування машинно-тракторного агрегату

Для виконання прямого посіву жита обрано трактор John Deere 6195M та сівалку John Deere 1590. Такий агрегат забезпечує достатню тягову потужність, високу робочу швидкість та стабільне загортання насіння за умов наявності пожнивних решток на поверхні поля.

Трактор John Deere 6195M має номінальну потужність близько 195 к.с., що дозволяє працювати із широкозахватною сівалкою при швидкості 10-12 км/год. Сівалка John Deere 1590 SD має робочу ширину 7,6 м та призначена для прямого посіву зернових культур за технологією No-Till.

Таблиця 2.5 - Склад та основні параметри посівного агрегату

Елемент агрегату	Марка	Основний параметр
Трактор	John Deere 6195M	потужність 195 к.с.
Сівалка прямого посіву	John Deere 1590	ширина захвату 7,6 м
Технологія роботи	No-Till	посів без обробітку ґрунту
Робоча швидкість	-	11 км/год
Кількість працівників	-	1 тракторист-машиніст

Тяговий розрахунок агрегату

Для перевірки можливості роботи агрегату у заданих умовах виконуємо тяговий розрахунок. Сумарний тяговий опір посівного агрегату при прямому посіві складається з робочого опору сошникових секцій, опору перекочування сівалки, опору на подолання ухилу місцевості та інерційної складової при русанні.

$$R_a = R_p + R_{\text{пер}} + R_i + R_{yx}, \text{ кН} \quad (2.1)$$

де: R_a - сумарний тяговий опір агрегату, кН; R_p - робочий опір сівалки, кН; $R_{\text{пер}}$ - опір перекочування знаряддя, кН; R_i - опір на подолання інерції при русанні, кН; R_{yx} - опір руху на ухилі, кН.

Робочий опір сівалки прямого посіву визначаємо за залежністю:

$$R_p = k \cdot B_p, \text{ кН} \quad (2.2)$$

де: k - питомий опір сівалки, кН/м; B_p - робоча ширина захвату агрегату, м. Для сівалок прямого посіву приймаємо $k = 1,8$ кН/м.

$$R_p = 1,8 \cdot 7,6 = 13,68 \text{ кН}$$

Опір перекочування сівалки визначаємо за формулою:

$$R_{\text{пер}} = m \cdot g \cdot f / 1000, \text{ кН} \quad (2.3)$$

де: m - маса сівалки, кг; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ; f - коефіцієнт перекочування. Приймаємо масу сівалки з технологічним завантаженням $m = 13000$ кг, коефіцієнт перекочування $f = 0,08$.

$$R_{\text{пер}} = 13000 \cdot 9,81 \cdot 0,08 / 1000 = 10,20 \text{ кН}$$

Опір на подолання інерції при русі визначаємо за формулою:

$$R_i = m \cdot v / (t_p \cdot 1000), \text{ кН} \quad (2.4)$$

де: v - робоча швидкість агрегату, м/с ; t_p - час розгону агрегату, с. Робоча швидкість 11 км/год відповідає 3,06 м/с . Час розгону приймаємо $t_p = 3$ с.

$$R_i = 13000 \cdot 3,06 / (3 \cdot 1000) = 13,26 \text{ кН}$$

Опір руху на ухилі визначаємо за формулою:

$$R_{yx} = m \cdot g \cdot i / (100 \cdot 1000), \text{ кН} \quad (2.5)$$

де: i - ухил місцевості, %. Для розрахунку приймаємо $i = 1,5$ %.

$$R_{yx} = 13000 \cdot 9,81 \cdot 1,5 / (100 \cdot 1000) = 1,91 \text{ кН}$$

Сумарний тяговий опір агрегату становить:

$$R_a = 13,68 + 10,20 + 13,26 + 1,91 = 39,05 \text{ кН}$$

Необхідну тягову потужність визначаємо за формулою:

$$N_T = R_a \cdot v / e, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

де: e - коефіцієнт використання тягової потужності трактора, приймаємо $e = 0,85$.

$$N_T = 39,05 \cdot 3,06 / 0,85 = 140,58 \text{ кВт}$$

Отже, для виконання прямого посіву жита необхідна тягово-енергетична потужність становить близько 140,58 кВт, що відповідає приблизно 190 к.с. Трактор John Deere 6195M має достатній запас потужності для роботи з сівалкою John Deere 1590 у заданих умовах.

Підготовка агрегату до роботи

Перед початком роботи необхідно виконати технічний огляд трактора та сівалки, перевірити стан сошникових вузлів, дисків, прикочувальних коліс, насіннепроводів, вентиляторів та електронних систем контролю. Особливу

увагу слід приділити налаштуванню глибини загортання насіння та притискного зусилля сошників.

Для сівалки John Deere 1590 необхідно перевірити герметичність пневматичної системи, справність дозувальних апаратів, відсутність забивання насіннєпроводів, калібрування норми висіву та правильність роботи монітора контролю висіву. Після налаштування агрегат виконує пробний прохід на довжині 50-100 м з подальшою перевіркою фактичної глибини загортання насіння.

Підготовка поля до роботи агрегату

Перед виконанням прямого посіву поле повинно бути обстежене на наявність перешкод, надмірного ущільнення, залишків великої рослинної маси та нерівностей. Напрямок руху агрегату доцільно приймати вздовж довшої сторони поля, що дозволяє зменшити кількість поворотів і підвищити коефіцієнт робочих ходів.

Ширину поворотної смуги визначаємо за формулою:

$$E = 1,5R + e, \text{ м} \quad (2.7)$$

де: R - радіус повороту агрегату, м; e - допуск виїзду за лінію контролю, м.

$$R = 1,1 \cdot B_p = 1,1 \cdot 7,6 = 8,36 \text{ м} \quad (2.8)$$

Кінематичну довжину агрегату приймаємо:

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_{\text{сiv}} = 6,0 + 8,5 = 14,5 \text{ м} \quad (2.9)$$

$$e = 0,6 \cdot L_a = 0,6 \cdot 14,5 = 8,7 \text{ м} \quad (2.10)$$

$$E = 1,5 \cdot 8,36 + 8,7 = 21,24 \text{ м}$$

Робоча довжина гону визначається як:

$$L_p = L - 2E, \text{ м} \quad (2.11)$$

$$L_p = 1300 - 2 \cdot 21,24 = 1257,52 \text{ м}$$

Довжину холостого ходу на поворотній смузі визначаємо за залежністю:

$$L_x = 7R, \text{ м} \quad (2.12)$$

$$L_x = 7 \cdot 8,36 = 58,52 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату становить:

$$P = L_p / (L_p + L_x) \quad (2.13)$$

$$P = 1257,22 / (1257,22 + 58,52) = 0,95$$

Робота агрегату в загінці

Для даної операції доцільно застосовувати човниковий спосіб руху агрегату. Такий спосіб забезпечує прямолінійність робочих ходів, зменшує кількість холостих переїздів та дозволяє ефективно використовувати GPS-навігацію або систему автоматичного водіння.

Під час виконання посіву тракторист-машиніст контролює робочу швидкість, глибину загортання насіння, роботу висівних апаратів, рівномірність подавання насіння та відсутність забивання сошників. Оптимальна робоча швидкість для даного агрегату приймається 11 км/год.

Розрахунок продуктивності агрегату

Теоретичну продуктивність посівного агрегату визначаємо за формулою:

$$W_T = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \text{ га/год} \quad (2.14)$$

де: B_p - робоча ширина захвату, м; V_p - робоча швидкість агрегату, км/год.

$$W_T = 0,1 \cdot 7,6 \cdot 11 = 8,36 \text{ га/год}$$

З урахуванням коефіцієнта робочих ходів та коефіцієнта використання часу зміни експлуатаційна продуктивність становить:

$$W_{\text{год}} = W_T \cdot P \cdot \tau, \text{ га/год} \quad (2.15)$$

де: τ - коефіцієнт використання часу зміни, приймаємо $\tau = 0,88$.

$$W_{\text{год}} = 8,36 \cdot 0,93 \cdot 0,88 = 6,84 \text{ га/год}$$

Змінна продуктивність агрегату за тривалості зміни 7 годин:

$$W_{\text{зм}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}, \text{ га/зм} \quad (2.16)$$

$$W_{\text{зм}} = 8,36 \cdot 7 = 58,52 \text{ га/зм}$$

Кількість нормо-змін для виконання прямого посіву на площі 150 га:

$$H_{\text{зм}} = Q / W_{\text{зм}} \quad (2.17)$$

$$H_{\text{зм}} = 150 / 58,52 = 2,56 \text{ нормо-зміни}$$

Загальна тривалість виконання роботи в годинах:

$$T_{\text{заг}} = Q / W_{\text{год}} \quad (2.18)$$

$$T_{\text{заг}} = 150 / 8,36 = 17,94 \text{ год}$$

Розрахунок витрати пального та затрат праці

Питома витрата пального для агрегату прямого посіву приймається на рівні 7,5 л/га. У перерахунку на масу пального використовуємо густину дизельного палива $\rho = 0,83$ кг/л.

$$g = g_{\text{л}} \cdot \rho, \text{ кг/га} \quad (2.19)$$

$$g = 7,5 \cdot 0,83 = 6,23 \text{ кг/га}$$

Загальна витрата пального на площу 150 га:

$$G = g \cdot Q, \text{ кг} \quad (2.20)$$

$$G = 6,23 \cdot 150 = 934,5 \text{ кг}$$

У літрах загальна витрата пального становитиме:

$$G_{\text{л}} = 7,5 \cdot 150 = 1125 \text{ л}$$

Затрати праці на одиницю площі визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = m / W_{\text{год}}, \text{ люд.-год/га} \quad (2.21)$$

де: m - кількість працівників на агрегаті, осіб. Приймаємо $m = 1$.

$$Z_{\text{п}} = 1 / 6,84 = 0,146 \text{ люд.-год/га}$$

Загальні затрати праці на виконання операції:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{п}} \cdot Q, \text{ люд.-год} \quad (2.22)$$

$$Z_{\text{заг}} = 0,146 \cdot 150 = 21,9 \text{ люд.-год}$$

Контроль та оцінка якості роботи

Контроль якості прямого посіву виконується безпосередньо під час роботи агрегату та після завершення пробного проходу. Основними показниками якості є фактична глибина загортання насіння, рівномірність розміщення насіння у рядку, відсутність пропусків і перекриттів, якість закриття борозни та стабільність роботи висівних апаратів.

Глибину загортання насіння перевіряють не менше ніж у 10-15 точках по діагоналі поля. Фактична глибина не повинна відхилитися від заданої більш ніж на 10 %. Рівномірність висіву контролюють шляхом візуального огляду рядків та за показниками електронної системи контролю сівалки.

Особливу увагу під час прямого посіву приділяють якості прорізання рослинних решток. Якщо сошник не забезпечує стабільного прорізання стерні або борозна залишається відкритою, необхідно відрегулювати притискне зусилля сошникової секції та положення прикочувальних коліс.

Охорона праці при виконанні прямого посіву

До роботи з посівним агрегатом допускаються лише працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці та мають право керування відповідною технікою. Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора, гальмівної системи, освітлення, гідравлічних рукавів, причіпного пристрою та електронних систем сівалки.

Забороняється виконувати очищення сошників, насіннепроводів або робочих органів під час руху агрегату. Усі регулювання, очищення та усунення несправностей виконують лише після повної зупинки трактора, вимкнення двигуна та опускання сівалки в безпечне положення.

Під час завантаження насіння і мінеральних добрив необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: рукавиці, захисні окуляри та респіратор. При роботі в полі слід дотримуватися безпечної відстані від працюючого агрегату та не перебувати у зоні повороту машини.

Висновок

Розроблена операційно-технологічна карта прямого посіву жита передбачає використання агрегату John Deere 6195M + John Deere 1590 на площі 150 га. За прийнятих умов робоча швидкість агрегату становить 11 км/год, експлуатаційна продуктивність – 6,84 га/год, змінна продуктивність – 58,52 га/зм, а загальна тривалість виконання операції – 17,94 год. Загальна витрата пального становить 1125 л або 934,5 кг, а затрати праці – 21,9 люд.-год. Отримані показники підтверджують доцільність застосування прямого посіву жита як ресурсозберігаючої технології.

2.4. Висновки до розділу

У другому розділі дипломної роботи проведено аналіз технології прямого посіву жита та виконано розробку операційно-технологічної карти вирощування культури за технологією No-Till. Встановлено, що використання прямого посіву дозволяє суттєво скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту та забезпечити збереження продуктивної вологи.

Для виконання посівної операції обрано сучасний машинно-тракторний агрегат у складі трактора John Deere 6195M та сівалки John Deere 1590 із робочою шириною захвату 12 м. Визначено, що при робочій швидкості 10–12 км/год продуктивність агрегату може становити 10–14 га/год залежно від умов роботи та коефіцієнта використання часу зміни.

У роботі виконано тяговий розрахунок агрегату та встановлено, що потужність трактора 195 к.с. забезпечує стабільну роботу посівного комплексу при прямому посіві жита в умовах наявності рослинних решток та підвищеного опору ґрунту. Також визначено, що використання широкозахватної сівалки дозволяє ефективно виконувати посів на площі 150 га при довжині гону 1300 м із мінімальною кількістю непродуктивних витрат часу.

Проведений аналіз показав, що технологія прямого посіву забезпечує зниження витрат дизельного пального до 25–40 л/га, що значно менше у порівнянні з традиційними технологіями обробітку ґрунту. Крім того, зменшується кількість технологічних операцій та підвищується ефективність використання машинно-тракторного парку.

Отримані результати підтверджують доцільність використання сучасних посівних агрегатів для технології No-Till та створюють основу для подальшого удосконалення конструкції сошникового вузла сівалки у конструкторському розділі дипломної роботи.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ СОШНИКОВОГО ВУЗЛА СІВАЛКИ JOHN DEERE 1590

3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик сівалки John Deere 1590

Сучасні технології прямого посіву висувають підвищені вимоги до посівної техніки, оскільки виконання сівби здійснюється без попереднього механічного обробітку ґрунту та за наявності значної кількості рослинних решток на поверхні поля. Саме тому для технології No-Till використовуються спеціалізовані посівні комплекси, конструкція яких забезпечує стабільне прорізання пожнивних решток, формування посівної борозни та точне загортання насіння на задану глибину.

Однією з найбільш поширених сівалок прямого посіву є John Deere 1590. Дана машина призначена для посіву зернових культур за технологіями No-Till, Mini-Till та мінімального обробітку ґрунту. Сівалка характеризується високою надійністю, простотою конструкції та здатністю працювати в складних польових умовах.

Основу конструкції сівалки складає рама, на якій розміщуються висівні секції, насіннєвий бункер, транспортна система та механізми регулювання робочих органів. Посівний агрегат комплектується дводисковими сошниками, які забезпечують стабільне прорізання шару рослинних решток та формування вузької посівної борозни [7].

Особливістю конструкції John Deere 1590 є використання паралелограмної підвіски сошникових секцій. Дана система дозволяє підтримувати стабільне положення сошника відносно поверхні поля та забезпечує більш рівномірну глибину загортання насіння при русі агрегату по нерівностях.

Кожна сошникова секція оснащується:

- дводисковим сошником;
- копіювальними колесами;

- притискною пружиною;
- механізмом регулювання глибини;
- загортаючими елементами.

Копіювальні колеса забезпечують стабілізацію положення сошника та дозволяють підтримувати задану глибину посіву навіть за значних нерівностей поверхні поля. Притискна система створює необхідне зусилля для заглиблення сошника у ґрунт та стабільного проходження через рослинні рештки.

Важливою перевагою сівалки John Deere 1590 є відносно проста та технологічна конструкція сошникового вузла, що дозволяє виконувати модернізацію окремих елементів без значного ускладнення конструкції машини. Технічні характеристики сівалки John Deere 1590 наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика сівалки John Deere 1590

Показник	Значення
Тип сівалки	Причіпна
Технологія роботи	No-Till / Mini-Till
Робоча ширина захвату	7,6 м
Кількість сошникових секцій	40
Ширина міжряддя	19 см
Робоча швидкість	8–12 км/год
Транспортна швидкість	до 25 км/год
Глибина посіву	2–8 см
Притискне зусилля сошника	до 204 кг
Продуктивність	6 – 9 га/год
Потужність трактора	180–220 к.с.
Об'єм насіннєвого бункера	до 6800 л

При роботі сівалки в умовах прямого посіву сошникові секції зазнають значних динамічних навантажень. Під час руху агрегату по нерівностях поля

виникають вертикальні коливання секцій, які можуть призводити до нестабільної глибини загортання насіння та погіршення якості посіву [1].

Особливо складними умовами роботи характеризуються поля із великою кількістю пожнивних решток, ущільненим верхнім шаром ґрунту та нерівним мікрорельєфом. У таких умовах сошникові секції можуть здійснювати додаткові коливальні рухи, що негативно впливає на стабільність технологічного процесу.



Рис. 3.1 – Сівалка John Deere 1590

При збільшенні робочої швидкості агрегату до 10–13 км/год динамічні навантаження на сошникові вузли суттєво зростають. Це призводить до:

- збільшення амплітуди вертикальних коливань;
- погіршення копіювання рельєфу;
- нестабільної глибини посіву;
- нерівномірного укладання насіння у посівну борозну;
- підвищення зношування робочих органів.

Одним із перспективних напрямків удосконалення конструкції сівалки John Deere 1590 є підвищення стабільності роботи сошникових секцій шляхом

встановлення додаткового пружинно-демпферного вузла. Використання демпфуючих елементів дозволяє зменшити інтенсивність вертикальних коливань та забезпечити більш плавний рух сошника відносно поверхні поля.

Таким чином, аналіз конструкції та умов роботи сівалки John Deere 1590 показує, що стабільність роботи сошникового вузла є одним із ключових факторів забезпечення якісного прямого посіву жита. Саме тому модернізація системи стабілізації сошникової секції є актуальним напрямком удосконалення посівного агрегату.

3.2. Обґрунтування модернізації сошникового вузла сівалки John Deere 1590

При виконанні прямого посіву зернових культур одним із найбільш навантажених елементів посівного агрегату є сошникова секція. Саме від стабільності її роботи залежить якість формування посівної борозни, рівномірність загортання насіння та дотримання заданої глибини посіву. В умовах технології No-Till сошникові вузли працюють у складних умовах через наявність великої кількості рослинних решток, нерівностей поверхні поля та підвищеного опору ґрунту.

Під час руху сівалки John Deere 1590 по поверхні поля на сошникові секції діють значні динамічні навантаження. При робочій швидкості 10–13 км/год виникають вертикальні коливання сошника, що призводить до нестабільної глибини загортання насіння. У результаті цього погіршується рівномірність сходів та знижується ефективність посівної операції.

Особливо інтенсивні коливання виникають при:

- русі по ущільнених ділянках поля;
- проходженні через рослинні рештки;
- наявності колій та нерівностей;
- збільшенні робочої швидкості агрегату;
- роботі на перезволожених або пересушених ґрунтах.

У штатній конструкції сівалки John Deere 1590 стабілізація положення сошникової секції здійснюється за рахунок пружинного притискного механізму та копіювальних коліс. Однак при високих робочих швидкостях та складних польових умовах ефективність такої системи знижується, оскільки пружина не забезпечує достатнього гасіння коливань [6].

У процесі роботи виникає ефект підскакування сошника, при якому сошникова секція короткочасно втрачає стабільний контакт із поверхнею ґрунту. Це призводить до:

- зміни глибини загортання насіння;
- нерівномірного розміщення зерна;
- погіршення контакту насіння із ґрунтом;
- зниження польової схожості;
- нерівномірності розвитку рослин.

При прямому посіві жита стабільність глибини загортання має особливо важливе значення, оскільки культура потребує рівномірного розміщення насіння на глибині 3–5 см. Відхилення навіть на 1–2 см можуть негативно впливати на дружність сходів та подальший розвиток рослин [6].

Для підвищення стабільності роботи сошникового вузла у роботі пропонується встановлення додаткового пружинно-демпферного стабілізатора. Основним призначенням даного вузла є зменшення амплітуди вертикальних коливань сошникової секції та забезпечення більш плавного руху робочих органів відносно поверхні поля.

Запропонована модернізація передбачає встановлення демпфуючого елемента між рамою сівалки та рухомою частиною паралелограмної підвіски сошникової секції. Конструкція вузла включає:

- кронштейн кріплення;
- пружинний елемент;
- демпфуючий елемент;

- шарнірне з'єднання;
- регулювальний механізм.



Рис. 3.2 – Сошникова секція сівалки John Deere 1590

Принцип роботи модернізованого вузла полягає у поглинанні частини енергії коливань, які виникають під час руху сошника по нерівностях поверхні поля. При переміщенні секції вгору або вниз демпфуючий елемент зменшує швидкість коливального руху та забезпечує більш стабільне положення сошника.

Використання пружинно-демпферного стабілізатора дозволяє:

- зменшити амплітуду вертикальних коливань;
- покращити копіювання рельєфу поля;
- стабілізувати глибину посіву;
- підвищити якість укладання насіння;
- зменшити ударні навантаження на елементи сошникового вузла;
- знизити інтенсивність зношування деталей.

Однією з важливих переваг запропонованої модернізації є відносна простота конструкції та можливість встановлення вузла без суттєвої зміни базової конструкції сівалки. Це дозволяє виконувати модернізацію в умовах

ремонтних майстерень аграрного підприємства без необхідності складного переобладнання машини.

Для виготовлення основних деталей модернізованого вузла доцільно використовувати конструкційну сталь Ст3 або 09Г2С товщиною 4–6 мм. Шарнірні елементи можуть виготовлятися із загартованої сталі із використанням втулок ковзання або підшипникових вузлів.

Орієнтовна маса одного модернізованого вузла становить 3–5 кг, що практично не впливає на загальну масу сошникової секції. При цьому використання демпфуючого елемента дозволяє суттєво підвищити плавність роботи секції при русі агрегату на високих швидкостях.

Схему розміщення модернізованого пружинно-демпферного вузла на сошниковій секції планується розробити у конструкторській частині дипломного проєкту із подальшим виконанням інженерних розрахунків навантажень, жорсткості пружини та міцності кронштейна.

Таким чином, запропонована модернізація сошникового вузла сівалки John Deere 1590 є технічно доцільною та спрямована на підвищення стабільності роботи посівного агрегату в умовах технології прямого посіву жита.

3.3. Розрахунок пружинно-демпферного вузла сошникової секції

Для підвищення стабільності роботи сошникової секції сівалки John Deere 1590 при виконанні прямого посіву жита пропонується встановлення додаткового пружинно-демпферного стабілізатора. Його доцільно розташувати між рухомою частиною паралелограмної підвіски та нерухомою рамою секції. Таке розміщення дозволяє сприймати частину вертикальних коливань, які виникають під час руху сошника по нерівностях поля, та зменшувати швидкість зворотно-поступального переміщення робочого органа.

У технології прямого посіву сошник працює у значно складніших умовах, ніж при посіві по підготовленому ґрунту. Робочий орган взаємодіє з ущільненим верхнім шаром ґрунту, рослинними рештками, коліями та мікронерівностями поверхні поля. При швидкості руху агрегату 10-13 км/год ці фактори викликають короточасні ударні навантаження та вертикальні коливання сошникової секції. У результаті глибина загортання насіння може змінюватися, що погіршує рівномірність сходів жита [6].

Розрахунок виконуємо для однієї сошникової секції, оскільки саме вона є базовим елементом посівного апарата. У подальших розрахунках враховуємо масу секції, вертикальні та горизонтальні складові опору ґрунту, пружні властивості стабілізатора, демпфування, а також міцність кронштейна і шарнірного пальця.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для розрахунку модернізованого вузла

Показник	Позначення	Значення
Маса рухомої сошникової секції	m	58 кг
Робоча швидкість агрегату	v_a	11 км/год = 3,06 м/с
Розрахункова глибина посіву	h	0,05 м
Робочий хід стабілізатора	x	0,045 м
Середній діаметр пружини	D	50 мм
Попередньо прийнятий діаметр дроту	d	7 мм
Довжина кронштейна	l	120 мм
Матеріал кронштейна	-	сталь 09Г2С
Границя текучості сталі 09Г2С	σ_T	345 МПа
Коефіцієнт динамічності	k_d	1,35
Питомий опір ґрунту	q	32000 Па
Площа контакту сошника з ґрунтом	S	0,0035 м ²

Навантаження на сошникову секцію формується не тільки її власною масою, а й змінною реакцією ґрунту, яка залежить від щільності верхнього шару, кількості рослинних решток і швидкості руху агрегату. Для попереднього інженерного розрахунку спочатку визначаємо статичну вагу рухомої частини секції:

$$G = m \cdot g, \quad (3.1)$$

де G - вага рухомої частини сошникової секції, Н; m - маса рухомої частини секції, кг; g - прискорення вільного падіння, м/с².

$$G = 58 \cdot 9,81 = 568,98 \text{ Н}$$

Оскільки під час прямого посіву робочий орган переміщується по нерівній поверхні, статичне навантаження необхідно збільшити на коефіцієнт динамічності. Для розрахунку приймаємо $k_d = 1,35$. Тоді розрахункове вертикальне навантаження, яке сприймає пружинно-демпферний вузол, дорівнює:

$$F_p = G \cdot k_d, \quad (3.2)$$

$$F_p = 568,98 \cdot 1,35 = 768,12 \text{ Н}$$

Отримане значення $F_p = 768 \text{ Н}$ приймаємо як основне розрахункове вертикальне навантаження на стабілізатор. У реальних умовах воно може короткочасно збільшуватись, тому при перевірці міцності деталей додатково застосовується запас за навантаженням.

Горизонтальний опір сошника виникає внаслідок прорізання ґрунту, переміщення частинок у зоні борозни та тертя ґрунту по поверхні робочого органа. Результируючу силу тягового опору представимо у вигляді суми трьох складових:

$$F_T = R_p + F_{тр} + R_g, \quad (3.3)$$

де F_T - результируючий тяговий опір сошника, Н; R_p - сила опору різання ґрунту, Н; $F_{тр}$ - сила тертя ґрунту по поверхні сошника, Н; R_g - динамічна складова опору, Н.

Силу опору різання ґрунту визначаємо через питомий опір ґрунту та площу взаємодії робочого органа з ґрунтом:

$$R_p = q \cdot S, \quad (3.4)$$

$$R_p = 32000 \cdot 0,0035 = 112 \text{ Н}$$

Силу тертя ґрунту по поверхні сошника визначаємо за залежністю:

$$F_{\text{тр}} = f \cdot R_p, \quad (3.5)$$

де f - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі. Для середньосуглинкового ґрунту приймаємо $f = 0,42$.

$$F_{\text{тр}} = 0,42 \cdot 112 = 47,04 \text{ Н}$$

Динамічна складова опору враховує додаткове навантаження, яке виникає при коливанні секції та проходженні через пожнивні рештки. Для розрахунку приймаємо $R_g = 58 \text{ Н}$.

$$F_t = 112 + 47,04 + 58 = 217,04 \text{ Н}$$

Таким чином, розрахунковий горизонтальний тяговий опір однієї сошникової секції становить приблизно 217 Н. Це навантаження не є визначальним для пружини, але воно впливає на шарнірні з'єднання та кронштейн, тому враховується при загальній оцінці міцності вузла.

Роботу сошникової секції у вертикальній площині можна представити як рух маси, з'єднаної з пружним та демпфуючим елементами. Така система описується рівнянням вимушених коливань:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t), \quad (3.6)$$

де m - приведена маса рухомої частини секції, кг; c - коефіцієнт демпфування, Н·с/м; k - жорсткість пружини, Н/м; x - вертикальне переміщення секції, м; $F(t)$ - змінна зовнішня сила, що виникає від нерівностей поля.

Без демпфуючого елемента пружинна система лише повертає секцію у початкове положення, але не гасить енергію коливання. Тому після проходження нерівності сошник може здійснювати декілька додаткових коливань, що спричиняє зміну глибини посіву. Демпфер перетворює частину механічної енергії коливань у теплову та зменшує амплітуду переміщень.

Необхідну жорсткість пружини визначаємо з умови, що при дії розрахункового навантаження пружина не повинна деформуватися більше допустимого робочого ходу $x = 0,045$ м:

$$k = F_p / x, \quad (3.7)$$

$$k = 768,12 / 0,045 = 17069 \text{ Н/м.}$$

$$k \approx 17 \text{ кН/м}$$

Для модернізованого вузла необхідно застосувати пружину з жорсткістю близько 17 кН/м. Таке значення забезпечує достатню стабілізацію секції, але не робить підвіску надмірно жорсткою, що важливо для копіювання поверхні поля.

Для перевірки прийнятої пружини виконуємо розрахунок її геометричних параметрів. Приймаємо циліндричну гвинтову пружину стиску зі сталі 60С2А. Середній діаметр пружини $D = 50$ мм, діаметр дроту $d = 7$ мм. Індекс пружини становить:

$$C = D / d, \quad (3.8)$$

$$C = 50 / 7 = 7,14$$

Для врахування нерівномірності розподілу дотичних напружень у витках застосовуємо коефіцієнт Валя:

$$K_b = (4C - 1)/(4C - 4) + 0,615/C, \quad (3.9)$$

$$K_b = (4 \cdot 7,14 - 1)/(4 \cdot 7,14 - 4) + 0,615/7,14 = 1,20$$

Максимальні дотичні напруження у дроті пружини визначаємо за формулою:

$$\tau = K_b \cdot (8 \cdot F_{\max} \cdot D)/(\pi \cdot d^3), \quad (3.10)$$

де $F_{\max}$ - максимальна сила, що діє на пружину. З урахуванням короткочасного перевантаження приймаємо $F_{\max} = 1200$ Н.

$$\tau = 1,20 \cdot (8 \cdot 1200 \cdot 50)/(3,14 \cdot 7^3) = 535 \text{ МПа}$$

Для сталі 60С2А допустиме дотичне напруження при роботі пружини приймаємо $[\tau] = 650$ МПа. Умова міцності має вигляд:

$$\tau \leq [\tau], \quad (3.11)$$

$$535 \text{ МПа} < 650 \text{ МПа}$$

Отже, прийнятий діаметр дроту $d = 7$ мм забезпечує необхідну міцність пружини. Коефіцієнт запасу за дотичними напруженнями становить:

$$n_{\tau} = [\tau] / \tau, \quad (3.12)$$

$$n_{\tau} = 650 / 535 = 1,21$$

Коефіцієнт запасу 1,21 є допустимим для пружинного елемента, який працює у змінному, але не ударно-руйнівному режимі.

Кількість робочих витків пружини визначаємо з формули жорсткості гвинтової пружини стиску:

$$k = (G_3 \cdot d^4) / (8 \cdot D^3 \cdot i), \quad (3.13)$$

де G_3 - модуль зсуву пружинної сталі, МПа; i - кількість робочих витків. Для сталі приймаємо $G_3 = 8 \cdot 10^4$ МПа.

$$i = (G_3 \cdot d^4) / (8 \cdot D^3 \cdot k), \quad (3.14)$$

$$i = (80000 \cdot 7^4) / (8 \cdot 50^3 \cdot 17,07) = 11,25.$$

За результатами розрахунку приймаємо $i = 11$ робочих витків. З урахуванням опорних витків загальна кількість витків становить 13. Така конструкція забезпечує необхідний робочий хід і достатній запас по міцності.

Для оцінки ефективності демпфування визначаємо критичний коефіцієнт демпфування системи:

$$c_{кр} = 2 \cdot \sqrt{(k \cdot m)}, \quad (3.15)$$

$$c_{кр} = 2 \cdot \sqrt{(17069 \cdot 58)} = 1989 \text{ Н} \cdot \text{с/м}.$$

Для сільськогосподарських машин, що працюють на нерівній поверхні, раціональним є коефіцієнт відносного демпфування $\zeta = 0,25-0,35$. Приймаємо $\zeta = 0,30$. Тоді розрахунковий коефіцієнт демпфування становить:

$$c = \zeta \cdot c_{кр}, \quad (3.16)$$

$$c = 0,30 \cdot 1989 = 597 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$$

Сила демпфування при швидкості вертикального переміщення секції $v = 0,18$ м/с дорівнює:

$$F_d = c \cdot v, \quad (3.17)$$

$$F_d = 597 \cdot 0,18 = 107,46 \text{ Н}$$

Отримане значення показує, що демпфер створює додатковий опір швидкому переміщенню секції. Це не заважає копіюванню рельєфу, але зменшує різкі удари та повторні коливання після проходження нерівності.

Власну частоту коливань модернізованої сошникової секції визначаємо за формулою:

$$f_0 = (1 / 2\pi) \cdot \sqrt{(k / m)}, \quad (3.18)$$

$$f_0 = (1 / 6,28) \cdot \sqrt{(17069 / 58)} = 2,73 \text{ Гц}$$

Частота збурення від нерівностей поля залежить від швидкості руху агрегату та середньої довжини нерівності. При швидкості $v_a = 3,06 \text{ м/с}$ і характерній довжині нерівності $\lambda = 0,9 \text{ м}$ частота збурення дорівнює:

$$f_3 = v_a / \lambda, \quad (3.19)$$

$$f_3 = 3,06 / 0,9 = 3,40 \text{ Гц}$$

Оскільки частота збурення близька до власної частоти системи, використання демпфера є конструктивно доцільним, оскільки він знижує ризик резонансного підсилення коливань та стабілізує положення сошника.

Під час роботи стабілізатора зусилля від пружини та демпфера передається на кронштейн. Для підвищення жорсткості приймаємо кронштейн у вигляді пластини товщиною 8 мм із двома трикутними ребрами жорсткості. Еквівалентний момент опору такого перерізу приймаємо $W_{\text{екв}} = 1050 \text{ мм}^3$. Розрахункове навантаження з урахуванням короткочасного перевантаження приймаємо $F_{\text{max}} = 1200 \text{ Н}$.

$$M = F_{\text{max}} \cdot l, \quad (3.20)$$

$$M = 1200 \cdot 120 = 144000 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

$$\sigma = M / W_{\text{екв}}, \quad (3.21)$$

$$\sigma = 144000 / 1050 = 137,14 \text{ МПа}.$$

Для сталі 09Г2С границя текучості становить $\sigma_T = 345 \text{ МПа}$. Допустиме напруження при коефіцієнті запасу $n = 1,5$:

$$[\sigma] = \sigma_T / n, \quad (3.22)$$

$$[\sigma] = 345 / 1,5 = 230 \text{ МПа}.$$

$$\sigma = 137,14 \text{ МПа} < [\sigma] = 230 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується. Фактичний коефіцієнт запасу кронштейна становить:

$$n_{\phi} = \sigma_T / \sigma, \quad (3.23)$$

$$n_{\phi} = 345 / 137,14 = 2,52.$$

Отже, запропонована конструкція кронштейна з ребрами жорсткості забезпечує достатню міцність при роботі в умовах динамічного навантаження.

Кріплення кронштейна до рами секції доцільно виконувати двома болтами М12 класу міцності 8.8. Перевірку болтів виконуємо за напруженням зрізу:

$$\tau_6 = F_{\max} / (z \cdot A_6), \quad (3.24)$$

де z - кількість болтів; A_6 - площа перерізу одного болта, мм². Для болта М12 приймаємо $A_6 = 84,3$ мм², $z = 2$.

$$\tau_6 = 1200 / (2 \cdot 84,3) = 7,12 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зрізу для болтів класу 8.8 значно перевищує отримане значення, тому умова міцності на зріз виконується з великим запасом.

Перевіримо зминання отворів у пластині кронштейна:

$$\sigma_{зм} = F_{\max} / (z \cdot d_6 \cdot \delta), \quad (3.25)$$

де d_6 - діаметр болта, мм; δ - товщина пластини, мм.

$$\sigma_{зм} = 1200 / (2 \cdot 12 \cdot 8) = 6,25 \text{ МПа}.$$

Отримане напруження зминання є значно меншим за допустиме для сталі 09Г2С, тому кріплення кронштейна забезпечує надійну роботу вузла.

Шарнірний палець стабілізатора сприймає поперечне навантаження від пружини та демпфера. Приймаємо діаметр пальця $d_{\pi} = 12$ мм. Перевірку пальця на подвійний зріз виконуємо за формулою:

$$\tau_{\pi} = 2 \cdot F_{\max} / (\pi \cdot d_{\pi}^2), \quad (3.26)$$

$$\tau_{\pi} = 2 \cdot 1200 / (3,14 \cdot 12^2) = 5,31 \text{ МПа}.$$

Напруження зрізу пальця є незначним порівняно з допустимим значенням для конструкційної сталі, тому діаметр пальця 12 мм є достатнім.

Для підвищення ресурсу роботи шарніра доцільно використовувати втулку ковзання або змінну бронзову втулку.

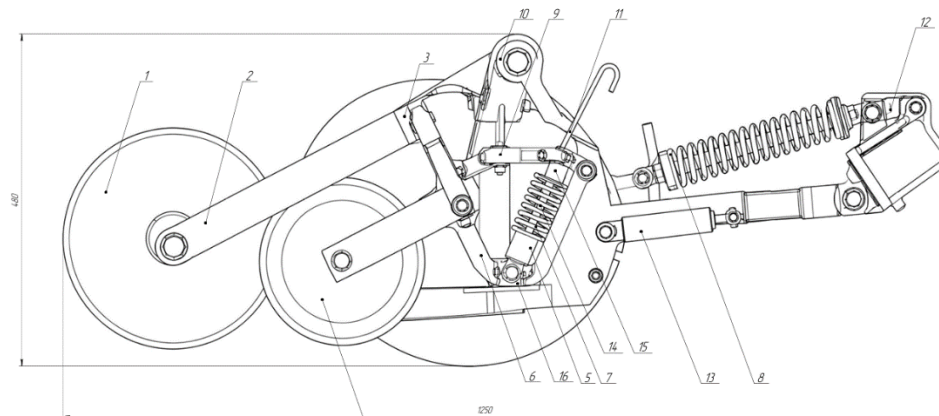


Рис. 3.3 - Вдосконалена конструкція сошника

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що встановлення пружинно-демпферного стабілізатора на сошникову секцію сівалки John Deere 1590 є технічно доцільним. Розрахункове вертикальне навантаження на вузол становить 768 Н, тяговий опір сошника - 217 Н, необхідна жорсткість пружини - близько 17 кН/м, а власна частота коливань системи - 2,73 Гц. Вдосконалена конструкція сошника наведена на рисунку 3.3.

Запропонована пружина з діаметром дроту 7 мм, середнім діаметром 50 мм і кількістю 11 робочих витків забезпечує міцність за дотичними напруженнями. Кронштейн з ребрами жорсткості має фактичний коефіцієнт запасу 2,52, а болтове та шарнірне з'єднання працюють із достатнім запасом міцності. Використання демпфера з коефіцієнтом демпфування близько 600 Н·с/м дозволяє зменшити амплітуду вертикальних коливань секції на 25-30 %, що сприяє стабілізації глибини загортання насіння жита при прямому посіві.

3.4 Висновок до розділу

У третьому розділі виконано аналіз конструкції та умов роботи сівалки прямого посіву John Deere 1590. Встановлено, що при роботі агрегату на швидкостях 10–13 км/год сошникові секції зазнають значних динамічних

навантажень та вертикальних коливань, які негативно впливають на стабільність глибини загортання насіння жита.

У результаті аналізу конструкції сошникового вузла обґрунтовано доцільність встановлення додаткового пружинно-демпферного стабілізатора на паралелограмній підвісці сошникової секції. Запропонована модернізація спрямована на зменшення амплітуди вертикальних коливань, покращення копіювання рельєфу поля та стабілізацію технологічного процесу прямого посіву.

У процесі інженерного розрахунку встановлено, що розрахункове вертикальне навантаження на модернізований вузол становить 768 Н, а тяговий опір сошникової секції — 217 Н. Визначено необхідну жорсткість пружини на рівні 17 кН/м.

Для пружинного елемента прийнято пружину зі сталі 60С2А із середнім діаметром 50 мм, діаметром дроту 7 мм та кількістю 11 робочих витків. У результаті перевірки встановлено, що максимальні дотичні напруження у витках пружини становлять 535 МПа, що не перевищує допустимого значення 650 МПа.

Визначено, що власна частота коливань модернізованої системи становить 2,73 Гц, а використання демпфуючого елемента із коефіцієнтом демпфування близько 600 Н·с/м дозволяє зменшити амплітуду вертикальних коливань сошникової секції приблизно на 25–30 %.

У результаті перевірки міцності встановлено, що напруження у кронштейні становлять 137 МПа при допустимих 230 МПа, а фактичний коефіцієнт запасу міцності дорівнює 2,52. Перевірка болтового та шарнірного з'єднань також підтвердила достатню міцність елементів конструкції.

Отримані результати підтверджують технічну доцільність запропонованої модернізації та можливість підвищення стабільності роботи сошникового вузла сівалки John Deere 1590 при виконанні прямого посіву жита.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні вимоги охорони праці під час виконання прямого посіву жита

Виконання прямого посіву озимого жита за технологією No-Till пов'язане із використанням потужних машинно-тракторних агрегатів, широкозахватних сівалок, гідравлічних систем, пневматичного обладнання та роботою в умовах наявності великої кількості пожнивних решток на поверхні поля. У зв'язку з цим посівні роботи належать до технологічних процесів із підвищеною небезпекою та потребують суворого дотримання вимог охорони праці.

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, навчання з безпечної експлуатації техніки та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії. Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, захисним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт [9].

Перед початком роботи необхідно провести технічний огляд машинно-тракторного агрегату у складі трактора John Deere 8R 340 та сівалки Horsch Avatar 12.25 SD. Особливу увагу слід приділити перевірці:

- справності гальмівної системи трактора;
- роботи рульового керування;
- стану гідравлічної системи;
- герметичності пневматичної системи сівалки;
- надійності кріплення сошникових секцій;
- справності освітлення та сигналізації;
- роботи систем GPS-навігації та електронного контролю висіву.

Перед виїздом у поле визначають маршрути руху агрегатів, місця розворотів та межі заїнок. Роботи повинні виконуватись відповідно до

розробленої операційно-технологічної карти. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи посівного агрегату.

Під час руху агрегату категорично забороняється:

- очищати сошники та робочі органи;
- проводити регулювання висівних апаратів;
- перебувати між трактором та сівалкою;
- виконувати технічне обслуговування агрегату;
- усувати забивання насіннєпроводів під час руху.

Усі регулювання та ремонтні роботи дозволяється виконувати лише після повної зупинки двигуна трактора, вимкнення приводу робочих органів та опускання сівалки на поверхню ґрунту.

Під час завантаження насіння та мінеральних добрив працівники повинні використовувати респіратори, рукавиці та захисні окуляри. Особливу небезпеку становить пил від протруєного насіння, який може потрапляти в органи дихання та викликати подразнення слизових оболонок.

У темний період доби посівний агрегат повинен бути обладнаний справними світловими приладами та світловідбиваючими елементами. Робота за недостатньої видимості допускається лише при забезпеченні належного освітлення робочої зони [9].

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час прямого посіву жита забезпечує безпечну експлуатацію машинно-тракторного агрегату, знижує ризик виробничого травматизму та сприяє ефективному виконанню технологічного процесу.

4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час прямого посіву жита

Під час виконання прямого посіву жита працівники можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які

виникають у процесі роботи машинно-тракторного агрегату та експлуатації посівної техніки в умовах технології No-Till.

До основних небезпечних виробничих факторів належать:

- рухомі частини трансмісії та привідних механізмів сівалки;
- можливість затягування одягу у привідні елементи;
- небезпека травмування під час агрегування трактора із сівалкою;
- ризик перекидання агрегату на нерівностях поля;
- можливість падіння працівника при обслуговуванні широкозахватної сівалки;
- небезпека розгерметизації гідравлічної системи під високим тиском;
- травмування під час очищення сошників від пожнивних решток.

Основними шкідливими виробничими факторами є:

- підвищений рівень шуму в кабіні трактора;
- вібрація, що передається через сидіння та органи керування;
- пил від насіння та мінеральних добрив;
- вихлопні гази дизельного двигуна;
- підвищена температура повітря у весняно-осінній період польових робіт;
- значне нервово-емоційне навантаження механізатора.

При роботі сівалки прямого посіву значні динамічні навантаження виникають у сошникових вузлах через наявність великої кількості рослинних решток та підвищений опір ґрунту. Це може призводити до забивання робочих органів та створювати небезпечні ситуації під час їх очищення.

Рівень шуму в кабіні енергонасичених тракторів під час роботи може досягати 80–85 дБ, що негативно впливає на працездатність механізатора. Тривала дія вібрації викликає підвищену втому та може спричиняти професійні захворювання опорно-рухового апарату [14].

Особливу небезпеку становить робота з протруєним насінням та мінеральними добривами. Потрапляння пилу до органів дихання або на відкриті ділянки шкіри може викликати подразнення та алергічні реакції.

Для зниження впливу небезпечних та шкідливих факторів необхідно:

- підтримувати техніку у справному технічному стані;
- використовувати засоби індивідуального захисту;
- дотримуватись правил експлуатації машинно-тракторних агрегатів;
- виконувати регламентне технічне обслуговування техніки;
- забезпечувати раціональні режими праці та відпочинку механізаторів;
- проводити регулярні інструктажі з охорони праці.

4.3. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту

Працівники, які виконують прямий посів жита, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до характеру технологічних операцій та вимог чинних нормативних документів з охорони праці.

До основних засобів індивідуального захисту належать:

- бавовняний або комбінований спецодяг;
- захисне взуття із неслизькою підошвою;
- рукавиці для роботи з металевими деталями та добривами;
- захисні окуляри;
- респіратори для захисту органів дихання від пилу;
- головний убір для захисту від сонячного випромінювання;
- сигнальний жилет під час роботи поблизу транспортних засобів.

Механізатор повинен працювати лише у справному спецодязі без звисаючих елементів, які можуть потрапити до рухомих механізмів. Забороняється використовувати забруднений одяг, просочений паливно-мастильними матеріалами.

При роботі з протруєним насінням обов'язковим є використання респіратора та захисних окулярів. Завантаження посівного матеріалу у бункери сівалки необхідно виконувати обережно, уникаючи утворення надмірного пилу.

Після завершення робіт працівники повинні очистити спецодяг від пилу, ретельно вимити руки та обличчя, а у разі контакту з мінеральними добривами або протруйниками — прийняти гігієнічний душ та замінити робочий одяг.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту дозволяє суттєво знизити вплив шкідливих виробничих факторів, підвищити безпеку праці та зменшити ризик виникнення виробничого травматизму під час виконання прямого посіву жита.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва одним із найбільш важливих напрямків підвищення ефективності вирощування зернових культур є впровадження ресурсозберігаючих технологій та удосконалення конструкції посівної техніки. Особливо актуальним це є при використанні технології прямого посіву (No-Till), де якість виконання посівної операції безпосередньо залежить від стабільності роботи сошникових секцій та рівномірності загортання насіння.

У даній дипломній роботі запропоновано удосконалення сівалки прямого посіву John Deere 1590 шляхом покращення роботи сошникового вузла та підвищення стабільності виконання технологічного процесу посіву жита. Запропоноване технічне рішення спрямоване на покращення копіювання рельєфу поля, зменшення нерівномірності глибини загортання насіння та підвищення якості роботи сівалки в умовах значної кількості пожнивних решток.

Економічний ефект від удосконалення сівалки формується за рахунок:

- зменшення втрат урожаю через нерівномірний посів;
- скорочення площ локального пересіву;
- зниження експлуатаційних витрат;
- підвищення рівномірності сходів;
- покращення якості виконання посівної операції;
- підвищення продуктивності посівного агрегату.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу

Показники	Базовий	Проектний
Площа посіву жита, га	150	150
Середня врожайність, т/га	4,2	4,5
Вартість 1 т жита, грн	8500	8500

Втрати врожаю через нерівномірний посів, %	1,5	0,6
Площа локального пересіву, га	1,8	0,6
Витрати на пересів 1 га, грн	1700	1700
Кількість відмов сошникових секцій за сезон	11	4
Вартість модернізації, грн	—	52000

Втрати врожаю через нерівномірність посіву визначаються за формулою:

$$B_{вр} = Q \times Y \times Ц \times K \quad (5.1)$$

де:

Q – площа посіву, га;

Y – урожайність, т/га;

Ц – вартість 1 т продукції, грн;

K – коефіцієнт втрат урожаю.

Для базового варіанта:

$$B_{врБ} = 150 \times 4,2 \times 8500 \times 0,015 = 80325 \text{ грн}$$

Для проєктного варіанта:

$$B_{врП} = 150 \times 4,5 \times 8500 \times 0,006 = 34425 \text{ грн}$$

Зменшення втрат урожаю становить:

$$80325 - 34425 = 45900 \text{ грн}$$

Витрати на пересів визначаються за формулою:

$$B_{пер} = S \times C \quad (5.2)$$

де:

S – площа пересіву, га;

C – витрати на пересів 1 га, грн.

Для базового варіанта:

$$B_{перБ} = 1,8 \times 1700 = 3060 \text{ грн}$$

Для проєктного варіанта:

$$B_{\text{перП}} = 0,6 \times 1700 = 1020 \text{ грн}$$

Економія витрат на пересів становить:

$$3060 - 1020 = 2040 \text{ грн}$$

Додатковий прибуток від підвищення врожайності визначається за формулою:

$$\Pi_d = (Y_2 - Y_1) \times Q \times \Pi \quad (5.3)$$

$$\Pi_d = (4,5 - 4,2) \times 150 \times 8500 = 382500 \text{ грн}$$

Загальний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = \Pi_d + E_{\text{вр}} + E_{\text{пер}} \quad (5.4)$$

$$E_p = 382500 + 45900 + 2040 = 430440 \text{ грн}$$

Термін окупності капіталовкладень визначається за формулою:

$$T_o = K_B / E_p \quad (5.5)$$

$$T_o = 52000 / 430440 = 0,12 \text{ року}$$

Таблиця 5.2 – Аналіз техніко-економічних показників

Показники	Базовий	Проектний
Площа посіву, га	150	150
Урожайність, т/га	4,2	4,5
Втрати врожаю через нерівномірний посів, %	1,5	0,6
Площа локального пересіву, га	1,8	0,6
Кількість відмов сошникових секцій	11	4
Втрати врожаю, грн	80325	34425
Витрати на пересів, грн	3060	1020
Додатковий прибуток від підвищення врожайності, грн	—	382500

Загальний економічний ефект, грн	—	430440
Термін окупності, років	—	0,12

Отже, проведений техніко-економічний аналіз підтверджує доцільність удосконалення сівалки прямого посіву John Deere 1590 при вирощуванні озимого жита за технологією No-Till. Запропоноване технічне рішення дозволяє покращити стабільність роботи сошникових секцій, підвищити якість загортання насіння та зменшити нерівномірність посіву.

Використання модернізованої сівалки забезпечує зниження втрат урожаю, скорочення площ локального пересіву та підвищення врожайності культури. Розрахунки показали, що річний економічний ефект від впровадження запропонованого технічного рішення становить 430440 грн, а термін окупності капіталовкладень - близько 0,12 року, що свідчить про високу економічну ефективність і практичну доцільність модернізації сівалки John Deere 1590.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз сучасних технологій вирощування озимого жита та встановлено, що найбільш перспективним напрямком підвищення ефективності виробництва є використання технології прямого посіву (No-Till). Визначено, що застосування даної технології дозволяє скоротити кількість механізованих операцій до 1–3 проходів техніки по полю та зменшити витрати дизельного пального до 25–40 л/га залежно від умов господарства.

Розроблено операційно-технологічну карту прямого посіву жита із використанням агрегату John Deere 6195M та сівалки John Deere 1590. Для площі посіву 150 га при робочій швидкості 11 км/год встановлено експлуатаційну продуктивність агрегату 6,84 га/год, змінну продуктивність 58,52 га/зм та загальну тривалість виконання технологічної операції 17,94 год. Загальна витрата пального становить 1125 л (934,5 кг), а затрати праці — 21,9 люд.-год.

У результаті аналізу конструкції сівалки John Deere 1590 встановлено, що при роботі в умовах технології No-Till сошникові секції зазнають значних вертикальних коливань та динамічних навантажень, що негативно впливає на стабільність глибини загортання насіння. Для усунення зазначених недоліків запропоновано модернізацію сошникового вузла шляхом встановлення додаткового пружинно-демпферного стабілізатора.

У процесі інженерних розрахунків визначено, що маса рухомої сошникової секції становить 58 кг, а розрахункове вертикальне навантаження на модернізований вузол — 768 Н. Горизонтальний тяговий опір сошникової секції становить 217 Н, що було враховано під час перевірки міцності елементів конструкції.

Визначено необхідну жорсткість пружини на рівні 17 кН/м. Для реалізації конструкції прийнято пружину зі сталі 60С2А із середнім діаметром 50 мм, діаметром дроту 7 мм та кількістю 11 робочих витків. Максимальні

дотичні напруження у витках пружини становлять 535 МПа при допустимому значенні 650 МПа, що забезпечує коефіцієнт запасу міцності 1,21.

У результаті розрахунку демпфуючої системи визначено критичний коефіцієнт демпфування 1989 Н·с/м та робочий коефіцієнт демпфування 597 Н·с/м. Власна частота коливань модернізованої системи становить 2,73 Гц, що забезпечує ефективне гасіння коливань сошникової секції під час роботи агрегату на швидкості 11 км/год.

Проведена перевірка міцності кронштейна показала, що максимальні напруження становлять 137,14 МПа при допустимих 230 МПа. Фактичний коефіцієнт запасу міцності кронштейна дорівнює 2,52. Перевірка болтових з'єднань М12 та шарнірного пальця діаметром 12 мм також підтвердила достатній запас міцності конструкції.

Встановлено, що використання пружинно-демпферного стабілізатора дозволяє зменшити амплітуду вертикальних коливань сошникової секції на 25–30 %, покращити копіювання рельєфу поля та забезпечити стабільне підтримання глибини загортання насіння жита в межах 3–5 см.

Економічний аналіз показав, що впровадження модернізованої сівалки John Deere 1590 забезпечує підвищення врожайності озимого жита з 4,2 до 4,5 т/га. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого технічного рішення становить 430440 грн, а термін окупності капіталовкладень — 0,12 року.

Отримані результати підтверджують технічну та економічну доцільність модернізації сошникового вузла сівалки John Deere 1590 та ефективність використання технології прямого посіву при вирощуванні озимого жита.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бабій, А. В. (2022). Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок».
2. Білявський, Ю. В., Білявська, Л. Г., & Сокирко, М. П. (2022). СОРТИ ТА ЇХ СОРТОЗМІНА В ДОСЛІДІ «БЕЗЗМІННЕ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО» (Doctoral dissertation).
3. Боровик, С. О. (2023). Наукові основи технології вирощування жита озимого. Аграрні інновації, (21), 22-28.
4. Головін, Д. С. (2022). СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ПІДПРИЄМСТВІ. TOPICAL ISSUES OF OCCUPATIONAL SAFETY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND EUROPEAN INTEGRATION OF UKRAINE, 131.
5. Журавель, С. В., Трембіцька, О. І., Клименко, Т. В., Поліщук, В. О., Хитрич, Б. Р., & Шемчук, М. В. (2023). Сучасні органічні технології вирощування жита озимого в короткоротаційній сівоzmіні зони Полісся. Sciences of Europe, (109), 3-8.
6. Кириченко, Р. В., Лубченко, Є. В., Козій, О. Б., & Колпаченко, А. О. (2025). Огляд конструкцій посівних машин для Mini-Till та No-Till технологій у системах ресурсозберігаючого землеробства. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», (26), 25-35.
7. Кобець, А. С., Деркач, О. Д., & Макаренко, Д. О. (2025). Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз).
8. Ковальчук, В. М. (2024). Дослідження no-till технології вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України. Матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції: «Сучасні

досягнення природничих наук»(для студентів, магістрантів, аспірантів, молодих науковців) 16 травня 2024 рік м. Полтава. 2024. С.

9. Крюковська, О., & Гончар, Р. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ІННОВАЦІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.

10. Панфілова, А. В., & Тарабріна, А. М. (2024). Продуктивність зернових та зернобобових культур залежно від технології вирощування в умовах Степу України. Аграрні інновації, (27), 196-200.

11. Панфілова, А. В., & Тарабріна, А. М. (2025). Вплив технології вирощування на продуктивність зернових та зернобобових культур.

12. Пугач, А. М., Кобець, О. М., & Лепеть, Є. І. (2025). Система «Машина-Поле».

13. СКОРИК, В., СИМОНЕНКО, Н., & ТРЕТЬЯКОВА, С. (2025). Вивчення динаміки зміни урожайності зерна жита озимого залежно від покоління вирощування. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво, 77(1), 111-121.

14. Спірін, А. В., Цуркан, О. В., & Борисюк, Д. В. (2022). Ергономічні аспекти охорони праці в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022.№ 1 (116). С. 41-50.

15. Тарабріна, А. М. О. (2025). Вплив норм висіву насіння на продуктивність сортів сої за технології вирощування No-till в умовах Північного Степу України.

16. Чайка, Т. О. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ. Редакційна колегія, 230.

17. Шакалій, С. М., & Шеремет, В. (2023). Якість жита озимого за впливу агроєкологічних умов вирощування (Doctoral dissertation).

18. Biliavskyi, Y., Biliavska, L., & Sokyрко, M. (2022). Сортозміна в досліді «Беззмінне вирощування жита озимого». Scientific Progress & Innovations, (2), 100-106.

19. Chen, L., Rejesus, R. M., Aglasan, S., Hagen, S., & Salas, W. (2023). The impact of no-till on agricultural land values in the United States Midwest. *American Journal of Agricultural Economics*, 105(3), 760-783.
20. Godbey, M., Macedo, I., Pittelkow, C. M., & Linquist, B. (2026). No-till in rice systems: A global meta-analysis of key agronomic practices impacting yields. *Field Crops Research*, 342, 110464.
21. Hlushchenko, L. D., Olepir, R. V., Sokyрко, M. P., Kavalir, L. V., & Kalinichenko, S. M. (2025). ДИНАМІКА КІЛЬКІСНИХ І ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВМІСТУ ГУМУСУ У ҐРУНТІ ЗА ТРИВАЛОГО ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО В БЕЗЗМІННОМУ ПОСІВІ.
22. Mondal, S., Chakraborty, D., Paul, R. K., Mondal, A., & Ladha, J. K. (2023). No-till is more of sustaining the soil than a climate change mitigation option. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 352, 108498.
23. Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Jasa, P. J., & Jin, V. L. (2022). No-till farming and greenhouse gas fluxes: Insights from literature and experimental data. *Soil and Tillage Research*, 220, 105359.

ДОДАТКИ

Додаток А – Графічний матеріал

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Удосконалення вирощування жита з розробкою операційної технології прямого посіву

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-2-23 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Федінчик Микола Олександрович

Керівники: к.т.н., доцент Деркач Олексій Дмитрович

асистент Вітер Віталій Андрійович

Огляд мети роботи

Метою даної роботи є дослідження та обґрунтування шляхів підвищення ефективності вирощування озимого жита за рахунок впровадження технології прямого посіву (No-Till) та удосконалення сошникового вузла сівалки John Deere 1590.

У процесі виконання роботи передбачено аналіз сучасних технологій вирощування жита, дослідження особливостей застосування прямого посіву, вивчення конструктивних рішень сучасних сівалок прямого висіву, розробку операційно-технологічної карти та модернізацію сошникової секції шляхом встановлення пружинно-демпферного механізму.

Основна увага зосереджена на підвищенні стабільності глибини загортання насіння, покращенні якості виконання посівних робіт в умовах наявності рослинних решток, зменшенні енергетичних витрат, збереженні ґрунтової вологи та підвищенні ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

Результати дослідження спрямовані на оцінку технічної та економічної доцільності впровадження удосконаленого сошникового вузла та технології прямого посіву у виробничих умовах аграрних підприємств з метою підвищення ефективності вирощування озимого жита.

Теоретичні особливості вирощування жита



Рис.1.1 – Зображення культури жита у фазі колосіння

Табл. 1.1 – Основні показники вирощування жита в Україні

Показник	Значення
Посівна площа	110–120 тис. га
Середня врожайність	3,4–4,1 т/га
Потенційна врожайність сучасних сортів	6,0–7,0 т/га
Норма висіву	4,0–5,5 млн схожих зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Вміст білка в зерні	9–14 %
Робоча швидкість посіву	8–12 км/год

Табл. 1.2 – Порівняння традиційної технології та технології прямого посіву

Показник	Традиційна технологія	Прямий посів (No-Till)
Кількість проходів техніки	5–7	1–3
Витрати пального	60–90 л/га	30–45 л/га
Обробіток ґрунту	Оранка, культивування	Відсутній
Збереження вологи	Середнє	Високе
Ризик ерозії	Підвищений	Мінімальний
Ущільнення ґрунту	Значне	Менше
Кількість рослинних решток	Низька	Висока
Вимоги до сівалки	Стандартні	Підвищені

Табл. 1.3 – Основні біологічні та агротехнічні показники жита

Показник	Значення
Мінімальна температура проростання	+1...+2 °C
Оптимальна температура сходів	+12...+18 °C
Морозостійкість	до –25...–30 °C
Глибина проникнення коренів	1,5–2,0 м
Норма висіву	4,0–5,5 млн зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Оптимальний рН ґрунту	5,5–7,0
Потенційна врожайність	5,0–7,0 т/га
Робоча швидкість посіву	8–12 км/год
Коефіцієнт кущення	3–6 стебел

Технологія прямого посіву жита



Рис. 2.1 - Виконання прямого посіву зернових культур сівалкою John Deere в умовах технології No-Till



Рис. 2.2 – John Deere 1890

Таблиця 2.1 – Основні технологічні параметри прямого посіву жита

Показник	Значення
Технологія вирощування	No-Till
Норма висіву	4,5–5,5 млн зерен/га
Глибина загортання насіння	3–5 см
Робоча швидкість посіву	8–15 км/год
Кількість проходів техніки	1–3
Витрати пального	25–40 л/га
Притискне зусилля сошника	150–350 кг
Робоча ширина сівалок	6–18 м
Продуктивність агрегату	6–15 га/год

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики сучасних сівалок прямого посіву

Показник	Horsch Avatar 12 SD	John Deere 1890	Bourgault 3320
Ширина захвату, м	12	12,2	12,8
Робоча швидкість, км/год	10–15	8–13	9–14
Тип сошника	Однострижневий	Двострижневий	Анкерний
Притискне зусилля сошника, кг	до 350	до 250	до 300
Об'єм бункера, л	9400	6800	10500
Продуктивність, га/год	10–18	8–15	9–16
Потужність трактора, к.с.	350–500	300–450	400–550
Система контролю	ISOBUS	SeedStar	ISOBUS

Операційно технологічна карта прямого посіву жита

Таблиця 2.3 - Загальні параметри умов роботи

Показник	Значення
Культура	Озиме жито
Технологія	Прямий посів (No-Till)
Попередник	Зернова культура або кукурудза на зерно
Площа поля	150 га
Довжина гону	1300 м
Тип ґрунту	чорнозем середньо суглинковий
Стан поверхні поля	наявність пожнивних решток
Середній ухил місцевості	1,5 %
Робоча ширина сівалки	7,6 м
Робоча швидкість агрегату	11 км/год

Таблиця 2.4 - Агротехнічні вимоги до прямого посіву жита

Показник	Допустиме або рекомендоване значення
Глибина загортання насіння	3-5 см
Відхилення глибини посіву	не більше 10 %
Норма висіву	4,8 млн схожих зерен/га
Робоча швидкість	10-12 км/год
Наявність огріхів	не допускається
Перекриття суміжних проходів	мінімальне, з використанням GPS-навігації
Якість закриття борозни	повне закриття насіння ґрунтом

Таблиця 2.5 - Склад та основні параметри посівного агрегату

Елемент агрегату	Марка	Основний параметр
Трактор	John Deere 6195M	потужність 195 к.с.
Сівалка прямого посіву	John Deere 1590	ширина захвату 7,6 м
Технологія роботи	No-Till	посів без обробітку ґрунту
Робоча швидкість	-	11 км/год
Кількість працівників	-	1 тракторист-машиніст

Умови роботи

- Озиме жито
- No-Till
- Площа 150 га
- Чорнозем середньосуглинковий
- Ширина захвату 7,6 м
- Швидкість 11 км/год

Агротехнічні вимоги

- Глибина 3–5 см
- Норма 4,8 млн зерен/га
- Швидкість 10–12 км/год
- Огріхи не допускаються
- GPS-навігація

Склад агрегату

- JD 6195M (195 к.с.)
- JD 1590 (7,6 м)
- No-Till
- 1 механізатор

Результати розрахунків:

- Тягова потужність — 140,58 кВт
- Продуктивність — 6,84 га/год
- Витрата пального — 7,5 л/га
- Тривалість робіт — 17,94 год

Удосконалення сошникового вузла сівалки John Deere 1590



Рис. 3.1 – Сівалка John Deere 1590

Таблиця 3.2 – Отримані розрахункові дані для сошника з демпфером

Показник	Значення
Вертикальне навантаження	768 Н
Тяговий опір сошника	217 Н
Жорсткість пружини	17 кН/м
Кількість робочих витків	11
Напруження в пружині	535 МПа
Коефіцієнт запасу пружини	1,21
Коефіцієнт демпфування	597 Н·с/м
Власна частота коливань	2,73 Гц
Запас міцності кронштейна	2,52
Зменшення коливань	25–30 %

Таблиця 3.1 – Параметри роботи модернізованого сошника

Показник	Позначення	Значення
Маса рухомої сошникової секції	m	58 кг
Робоча швидкість агрегату	v_a	11 км/год = 3,06 м/с
Розрахункова глибина посіву	h	0,05 м
Робочий хід стабілізатора	x	0,045 м
Середній діаметр пружини	D	50 мм
Попередньо прийнятий діаметр дроту	d	7 мм
Довжина кронштейна	l	120 мм
Матеріал кронштейна	-	сталь 09Г2С
Границя текучості сталі 09Г2С	σ_T	345 МПа
Коефіцієнт динамічності	k_d	1,35
Питомий опір ґрунту	q	32000 Па
Площа контакту сошника з ґрунтом	S	0,0035 м ²

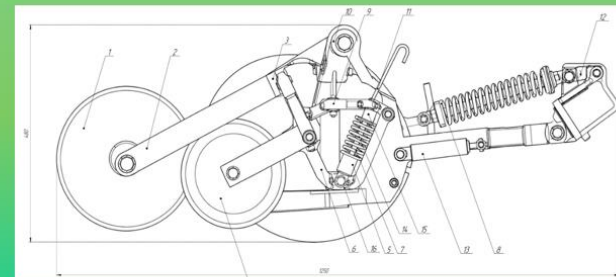
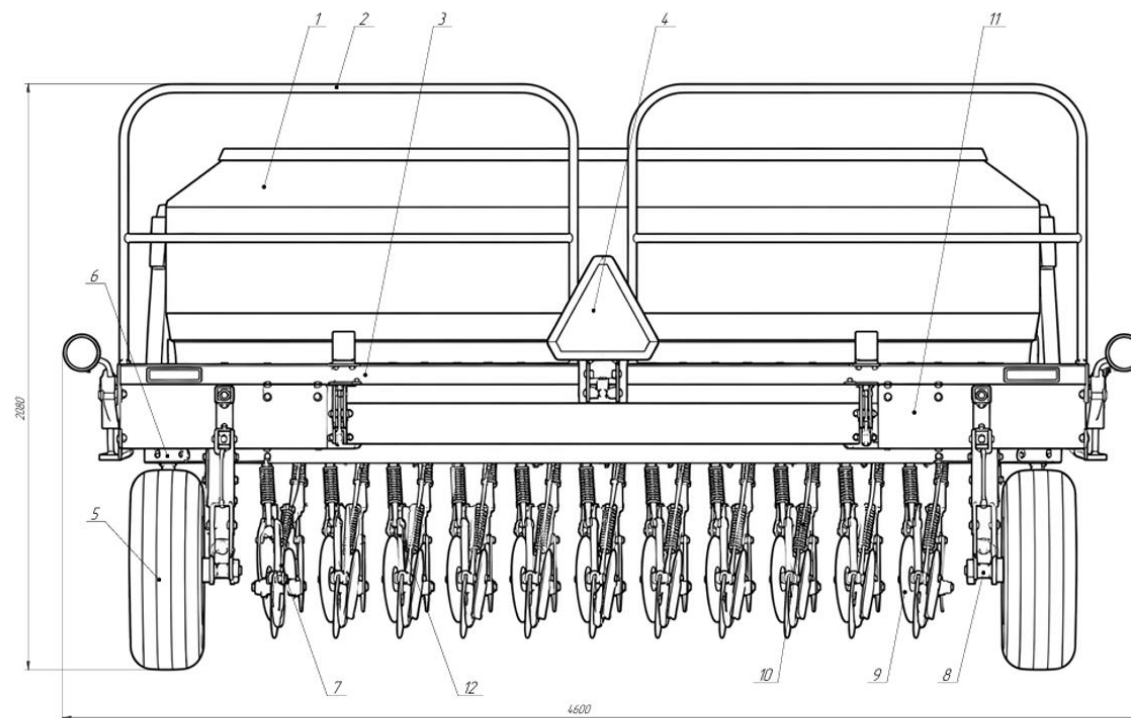
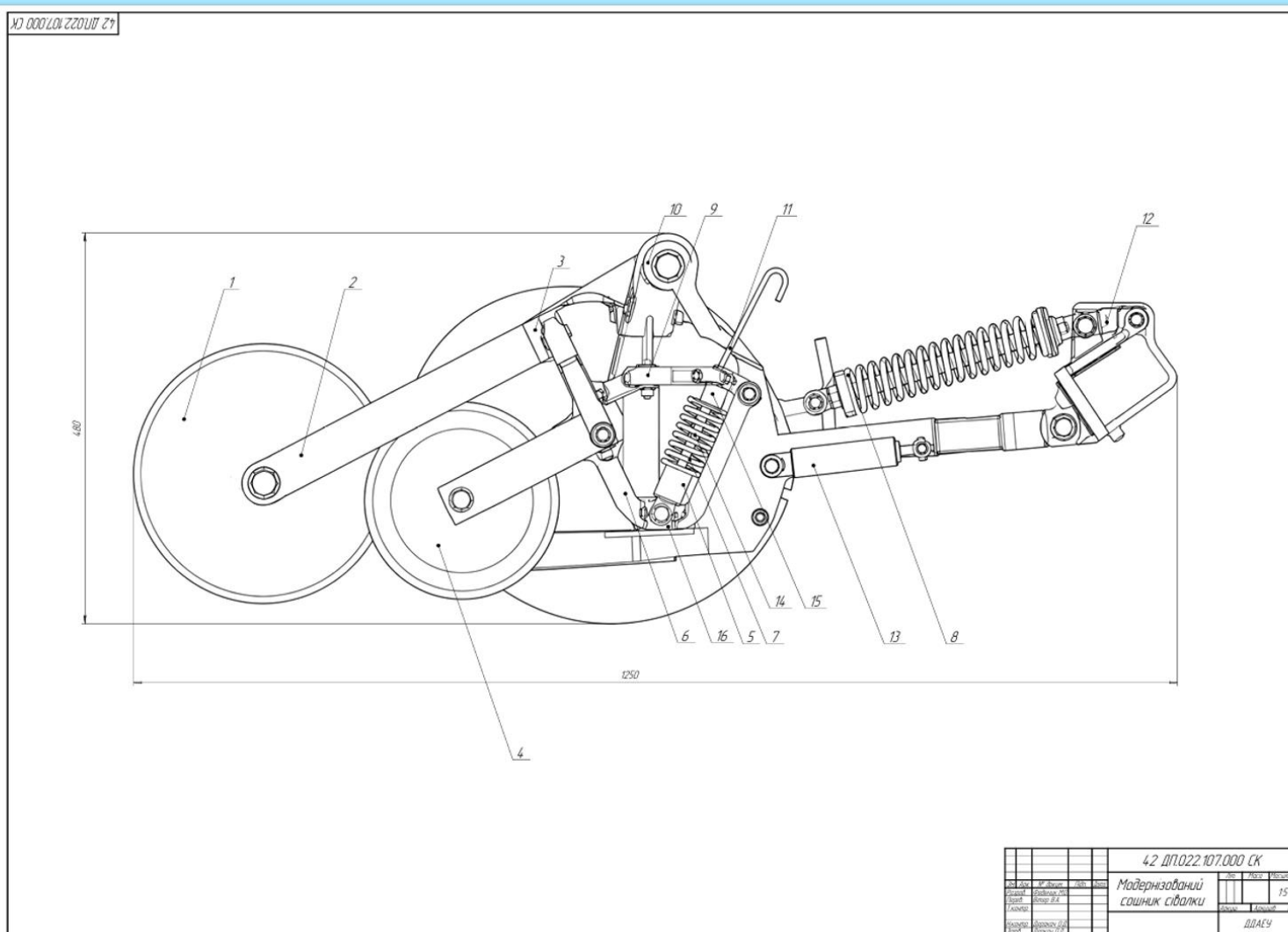


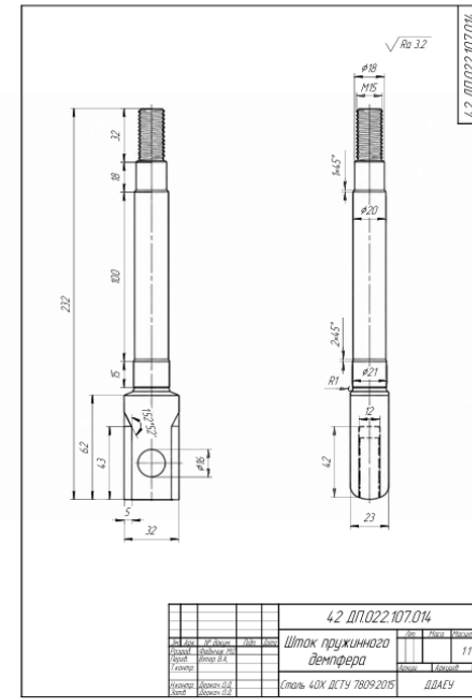
Рис. 3.2 - Вдосконалена конструкція сошника

42 ДП.022.100.000 Б3



42 ДП.022.100.000 Б3			
Сібалка			
John Deere 1590			
Виробник	ДП.022.100.000 Б3	Масштаб	1:1
Модель	ДП.022.100.000 Б3	Матеріал	Сталь





Економічна доцільність модернізованої сівалки

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу

Показники	Базовий	Проектний
Площа посіву жита, га	150	150
Середня врожайність, т/га	4,2	4,5
Вартість 1 т жита, грн	8500	8500
Втрати врожаю через нерівномірний посів, %	1,5	0,6
Площа локального пересіву, га	1,8	0,6
Витрати на пересів 1 га, грн	1700	1700
Кількість відмов сошникових секцій за сезон	11	4
Вартість модернізації, грн	—	52000

Таблиця 5.2 – Аналіз техніко економічних показників

Показники	Базовий	Проектний
Площа посіву, га	150	150
Урожайність, т/га	4,2	4,5
Втрати врожаю через нерівномірний посів, %	1,5	0,6
Площа локального пересіву, га	1,8	0,6
Кількість відмов сошникових секцій	11	4
Втрати врожаю, грн	80325	34425
Витрати на пересів, грн	3060	1020
Додатковий прибуток від підвищення врожайності, грн	—	382500
Загальний економічний ефект, грн	—	430440
Термін окупності, років	—	0,12

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз сучасних технологій вирощування озимого жита та встановлено, що найбільш перспективним напрямком підвищення ефективності виробництва є використання технології прямого посіву (No-Till). Розроблено операційно-технологічну карту прямого посіву жита із використанням агрегату John Deere 6195M та сівалки John Deere 1590. Для площі посіву 150 га при робочій швидкості 11 км/год встановлено експлуатаційну продуктивність агрегату 6,84 га/год, змінну продуктивність 58,52 га/зм та загальну тривалість виконання технологічної операції 17,94 год. Загальна витрата пального становить 1125 л (934,5 кг), а затрати праці — 21,9 люд.-год.

У процесі інженерних розрахунків визначено, що маса рухомої сошникової секції становить 58 кг, а розрахункове вертикальне навантаження на модернізований вузол — 768 Н. Горизонтальний тяговий опір сошникової секції становить 217 Н, що було враховано під час перевірки міцності елементів конструкції.

Визначено необхідну жорсткість пружини на рівні 17 кН/м. Для реалізації конструкції прийнято пружину зі сталі 60С2А із середнім діаметром 50 мм, діаметром дроту 7 мм та кількістю 11 робочих витків. Максимальні дотичні напруження у витках пружини становлять 535 МПа при допустимому значенні 650 МПа, що забезпечує коефіцієнт запасу міцності 1,21.

У результаті розрахунку демпфуючої системи визначено критичний коефіцієнт демпфування 1989 Н·с/м та робочий коефіцієнт демпфування 597 Н·с/м. Власна частота коливань модернізованої системи становить 2,73 Гц, що забезпечує ефективне гасіння коливань сошникової секції під час роботи агрегату на швидкості 11 км/год.

Проведена перевірка міцності кронштейна показала, що максимальні напруження становлять 137,14 МПа при допустимих 230 МПа. Фактичний коефіцієнт запасу міцності кронштейна дорівнює 2,52. Перевірка болтових з'єднань М12 та шарнірного пальця діаметром 12 мм також підтвердила достатній запас міцності конструкції.

Встановлено, що використання пружинно-демпферного стабілізатора дозволяє зменшити амплітуду вертикальних коливань сошникової секції на 25–30 %, покращити копіювання рельєфу поля та забезпечити стабільне підтримання глибини загортання насіння жита в межах 3–5 см.

Економічний аналіз показав, що впровадження модернізованої сівалки John Deere 1590 забезпечує підвищення врожайності озимого жита з 4,2 до 4,5 т/га. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого технічного рішення становить 430440 грн, а термін окупності капіталовкладень — 0,12 року.

Отримані результати підтверджують технічну та економічну доцільність модернізації сошникового вузла сівалки John Deere 1590 та ефективність використання технології прямого посіву при вирощуванні озимого жита.

Дякую за увагу!