

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**«Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів комбінованого
агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та сівби зернових
культур»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-3-24
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____Казнін Роман Сергійович

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Казнін Роман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та сівби зернових культур

керівник роботи к.т.н., доцент Золотовська Олена Володимирівна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“24” жовтня 2025 року №3182

2. **Строк подання студентом роботи** 28.11.2025 р

3. **Вихідні дані до роботи** 1 Огляд сучасних технологій і механізованих засобів посіву зернових культур, аналіз джерел та обґрунтування дослідження з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** 1. Огляд сучасних технологій і механізованих засобів посіву зернових культур 2. Теоретичне обґрунтування конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та сівби зернових культур. 3. Обґрунтування методики проведення та результатів експериментальних досліджень 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка ефективності розробленого комбінованого агрегату. Висновок. Список літератури.

5 Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і предмет досліджень. (2 аркуш, А4).
2. Огляд і аналіз конструкцій (1 аркуш, А4). 3. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4). 4. Експериментальні дослідження (2 аркуші А4)
5. Економічна частина. (1 аркуш 4А)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Золотовська О.В., доцент		
2	Золотовська О.В., доцент		
3	Золотовська О.В., доцент		
4	Золотовська О.В., доцент		
5	Золотовська О.В., доцент		
Нормо-контроль	Теслюк Г.В., завідувач кафедри		

7. Дата видачі завдання 30.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічних рішень	до 29.05.25 р	
2.	Виконання теоретичних досліджень	до 28. 06.25 р	
3	Виконання експериментальних досліджень	до 7.09.25 р.	
4	Охорона праці	до 08.11.25 р.	
5	Економічна частина	до 16.11.25 р.	
6.	Демонстраційний матеріал	до 25.11.25 р.	

Студент _____
(підпис)

Казнін Р.С
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Золотовська О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	9
1.1 Основні технології обробітку ґрунту	9
1.2 Технологія No-till як ресурсозберігаюча технологія обробітку ґрунту	12
1.3 Технологічне обладнання для підготовки ґрунту та посівних робіт	14
1.4 Аналіз існуючих комбінованих агрегатів	16
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ ТА СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	24
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми комбінованого агрегату	24
2.2 Розробка конструкції комбінованого агрегату для технологічних операцій обробітку ґрунту та посіву зернових культур	28
3 ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1 Обґрунтування методики проведення досліджень	38
3.2 Аналіз енергетичних характеристик та параметрів комбінованого агрегату	42
3.3 Результати польових випробувань створеного комбінованого агрегату	47
3.3.1 Визначення питомого тягового опору	47
3.3.2 Оцінка рівномірності розподілу насіння по площі посіву та ширини засівної смуги	50
3.3.3 Оцінка врожайності	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ	55
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ	59
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

АНОТАЦІЯ

Казнін Р.С. Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та сівби зернових культур/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У дипломній роботі проведено аналіз сучасних технологій посіву зернових культур і засобів механізації для їх реалізації. Розглянуто основні системи обробітку ґрунту, включаючи традиційну, мінімальну та ресурсозберігаючу технологію No-till, яка забезпечує підвищення родючості та зниження енергозатрат. На основі аналізу існуючих комбінованих агрегатів запропоновано вдосконалену конструкцію комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур.

Розроблений агрегат поєднує в одному проході технологічні операції підготовки ґрунту, посіву насіння та прикочування поверхні поля, що сприяє скороченню термінів посівних робіт і зниженню витрат паливно-енергетичних ресурсів. Теоретично обґрунтовано вибір робочих органів, розроблено конструктивно-технологічну схему та визначено основні параметри ковшового елеватора й дискового ножа.

Польові випробування показали, що застосування комбінованого агрегату забезпечує високу рівномірність висіву, покращене збереження стерні (до 85,4 %) і підвищення показників урожайності порівняно з серійними сівалками типу УПС. Використання розробленого агрегату дозволяє підвищити ефективність виробництва зернових культур, оптимізувати технологічний процес і сприяє впровадженню енергоощадних технологій у сільському господарстві України.

Ключові слова: комбінований агрегат, обробіток ґрунту, посів зернових культур, технологія No-till, енергоефективність, ресурсозбереження.

Вступ

Актуальність теми дослідження зумовлена постійним зростанням потреби у підвищенні ефективності ведення сільського господарства та оптимізації агротехнічних процесів. Одним із важливих напрямів є створення високоефективних машин і агрегатів, здатних забезпечувати комплексну обробку ґрунту та посів зернових культур за мінімальну кількість проходів техніки. Використання таких комбінованих агрегатів дозволяє значно скоротити витрати пального та трудових ресурсів, підвищити якість підготовки ґрунту, рівномірність висіву та зберегти родючість ґрунту, що особливо важливо в умовах сучасного інтенсивного землеробства.

В умовах України значна частина посівних робіт виконується традиційними окремими машинами для обробітку ґрунту, посіву та прикочування, що призводить до збільшення кількості проходів техніки по полю, підвищення енергетичних витрат, ущільнення ґрунту та зниження урожайності. Комплексні агрегати, які поєднують операції підготовки ґрунту, висіву та прикочування в одному проході, дозволяють оптимізувати технологічний процес, підвищити продуктивність і знизити негативний вплив на ґрунтовий покрив.

Мета роботи полягає: скоротити строки проведення посівних робіт та зменшити витрати енергоресурсів за рахунок поєднання операцій підготовки ґрунту, висіву та його прикочування, а також підвищити якість посіву зернових культур.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Розробити та технічно обґрунтувати конструкцію і технологічну схему комбінованого агрегату, призначеного для передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур.
2. Обґрунтувати вибір типових робочих органів і механізмів комбінованого агрегату шляхом підбору таких робочих органів, пристроїв та механізмів, які характеризуються найкращими техніко-експлуатаційними

показниками та споживчими властивостями на основі кількісних і якісних характеристик.

3. Розробити конструкцію комбінованого агрегату, що забезпечує одночасне виконання кількох технологічних операцій — підготовки ґрунту, висіву насіння та прикочування поверхні поля — в одному проході машини.

4. Визначити оптимальні конструктивні параметри ковшового елеватора та дискового ножа агрегату для забезпечення ефективної подачі матеріалу та стабільної роботи на різних типах ґрунтів.

5. Розрахувати економічну ефективність застосування комбінованого агрегату для оцінки доцільності його впровадження у виробничий процес сільськогосподарського підприємства.

Об'єкт дослідження - є технологічний процес обробітку ґрунту та сівби зернових культур.

Предмет дослідження - закономірності технологічних процесів обробітку ґрунту та сівби зернових культур.

Результати роботи можуть бути використані для підвищення ефективності посівних робіт у зерновому господарстві, зменшення енергетичних витрат і підвищення продуктивності машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств.

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1.2 Основні технології обробітку ґрунту

Основні технології обробітку ґрунту наведені на рисунку 1.1

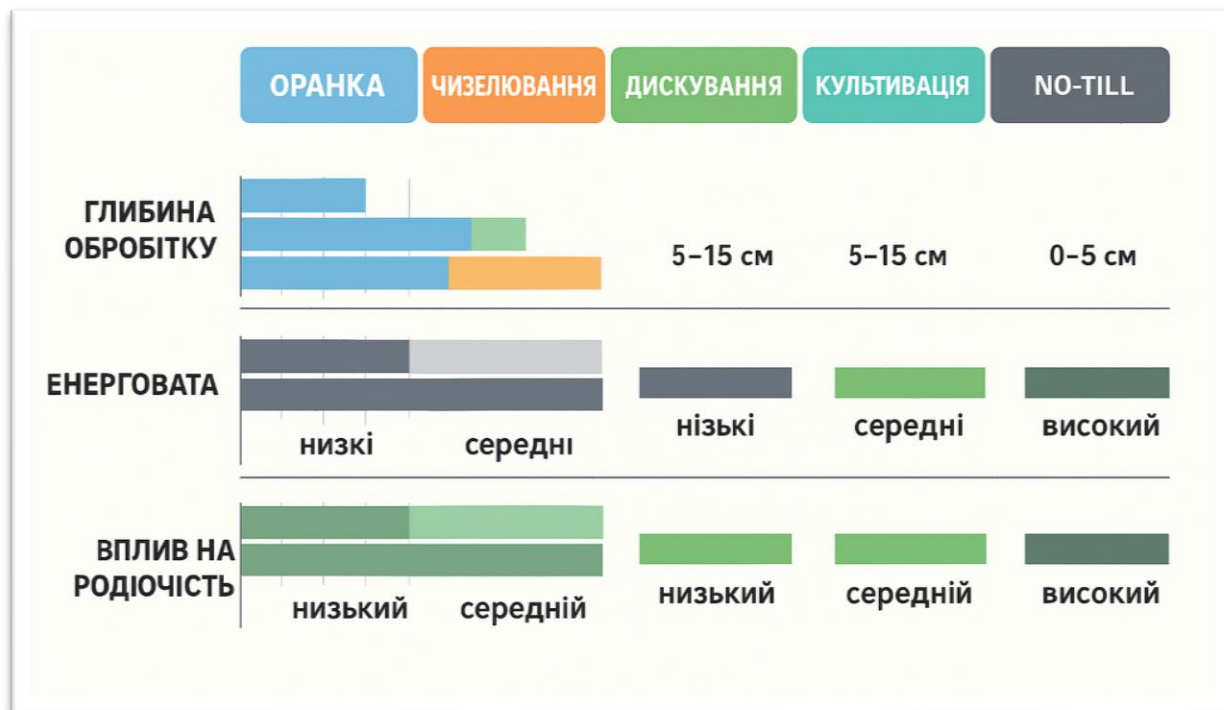


Рисунок 1.1 – Основні технології обробітку ґрунту

Оранка є традиційним і найпоширенішим методом обробітку ґрунту, який полягає у перевертанні верхнього шару за допомогою плуга. Основною метою оранки є:

- переміщення рослинних решток на поверхню, що сприяє їх швидкому розкладанню;
- знищення насіння бур'янів та шкідників, які перебувають у верхньому шарі ґрунту;
- підготовка рівного посівного шару, оптимального для загорання насіння.

Переваги оранки включають глибоке розпушування ґрунту та активізацію мікробіологічних процесів. Однак її застосування може призвести до утворення плужної підшви, тобто ущільненого шару ґрунту на глибині

обробітку, що ускладнює розвиток кореневої системи культурних рослин і погіршує водо- та повітропроникність.

Для зменшення негативного впливу оранки рекомендується чергування з менш агресивними способами обробітку, наприклад, чизелюванням або дискуванням, а також застосування агрегатів із глибинними рихлювачами.

Чизелювання — це метод глибокого розпушування ґрунту без перевертання його пластів. Він здійснюється спеціальними чизельними лапами, які руйнують ущільнені шари ґрунту на великій глибині (до 50–60 см).

Основні переваги чизелювання:

- покращення водо- та повітропроникності ґрунту, що сприяє розвитку кореневої системи;
- зменшення ущільнення ґрунту та руйнування плужної підшви;
- збереження структури верхнього шару ґрунту та органічних решток на поверхні, що позитивно впливає на родючість.

Чизелювання часто застосовують після оранки або на важких ґрунтах із високим ризиком ущільнення, що дозволяє підвищити ефективність використання води та поживних речовин.

Дискування та культивація застосовуються для подрібнення грудок ґрунту та вирівнювання поверхні після оранки або чизелювання.

– дискування виконується за допомогою дискових борін або дискових агрегатів, які рихлять і перемішують ґрунт на невелику глибину (5–15 см), забезпечуючи кращу підготовку посівного шару.

– культивація спрямована на розпушування ґрунту, знищення бур'янів та зароблення добрив у верхньому шарі.

Ці методи є проміжними між глибоким і поверхневим обробітком і широко використовуються для створення оптимальної структури ґрунту перед висівом насіння.

Мульчування ґрунту передбачає залишення рослинних решток на поверхні поля без їх загортання. Це забезпечує:

- збереження вологи у ґрунті, особливо в посушливих регіонах;

- зменшення ерозії ґрунту під впливом вітру та води;
- підтримання родючості та активності ґрунтових мікроорганізмів.

Мульчування особливо ефективно у поєднанні з методами мінімального обробітку або No-till, оскільки дозволяє зберегти верхній родючий шар і структуру ґрунту.

Метод No-till передбачає висів насіння без попереднього обробітку ґрунту. Насіння загортається у поверхневий шар ґрунту спеціальними сошниками, що забезпечують прямий контакт із родючим шаром.

Переваги No-till:

- збереження структури ґрунту і вологи;
- зменшення ерозійних процесів;
- зменшення витрат пального та енергії через відсутність традиційного обробітку;
- підвищення біологічної активності ґрунту та збереження органічної речовини на поверхні.

No-till часто застосовують у посушливих регіонах або на великих площах для економії ресурсів та підвищення ефективності землеробства.

Таблиця 1.1

Порівняння основних технологій обробітку ґрунту

Технологія обробітку ґрунту	Глибина обробітку	Вплив на структуру ґрунту	Вплив на родючість	Використання техніки	Енергетичні витрати	Переваги	Недоліки
Оранка	20–30 см (залежно від типу ґрунту)	Перевертання шару, можливе ущільнення нижніх горизонтів (плужна підшва)	Підвищує аерацію, сприяє розкладанню решток	Плуг, трактор	Високі	Знищення бур'янів, глибоке розпушування, підготовка рівного посівного шару	Може утворювати плужну підшву, високі витрати пального шару
Чизелування	30–60 см	Глибоке рихлення без перевертання, руйнування ущільнень	Покрашує водо- та повітропроникність, сприяє розвитку кореневої системи	Глибокороз пушувач, трактор	Середні	Руйнує плужну підшву, зберігає верхній шар	Не знищує бур'яни повністю, потребує додаткового вирівнювання

Дискування	5–15 см	Подрібнення грудок, вирівнювання поверхні	Слабко впливає на родючість, підтримує структуру	Дискова борона, культиватор	Низькі–середні	Вирівнювання поля, зароблення добрив, підготовка насінневого ложа	Обмежена глибина обробітку
Культивация	5–15 см	Рихлення верхнього шару, знищення бур'янів	Покращує аерацію, змішує добрива	Культиватор	Низькі–середні	Подрібнює ґрунт, заробляє добрива, знищує бур'яни	Не знімає ущільнені шари, потребує попередньої оранки
Мульчування	0–5 см (поверхневий шар)	Збереження структури, захист від ерозії	Підтримує органічну речовину та вологу	Розкидач соломи, мульчер	Дуже низькі	Збереження вологи, зменшення ерозії, підвищення біологічної активності	Не забезпечує розпушування ґрунту, не знищує бур'яни
No-till (безпосівний обробіток)	0–5 см (насілля загортається сошником)	Зберігає структуру та органічну речовину	Підтримує родючість, зменшує ерозію	No-till сівалка, трактор	Дуже низькі	Збереження вологи, економія пального, мінімальна ерозія	Не руйнує ущільнення, потребує спеціальної техніки, складний контроль бур'янів

1.2 Технологія No-till як ресурсозберігаюча технологія обробітку ґрунту

Багаторічна практика землеробства довела, що інтенсивне використання традиційних методів обробітку ґрунту призвело до зниження його родючості та активізації ерозійних процесів [3; 12]. У цих умовах усе більшого поширення набувають екологічно орієнтовані та ресурсозберігаючі технології, зокрема система No-till. У світі щороку збільшується площа угідь, де застосовують прямий посів за допомогою сучасних посівних комплексів, обладнаних дисковими, долотоподібними чи стрілочастими сошниками [1; 9; 14].

Сутність технології полягає у відмові від традиційної оранки та культивачі. Після збирання врожаю рослинні рештки рівномірно подрібнюються та залишаються на поверхні поля. Це сприяє збереженню

вологи, зниженню температури ґрунту влітку та створює умови для формування повноцінного врожаю [2; 10].

Врожайність культур значною мірою залежить від способу сівби, рівномірності висіву, швидкості руху сівалки та дотримання глибини загортання насіння [4; 7]. Автоматизація процесу висіву має низку переваг: зменшення пропусків, економію посівного матеріалу, підвищення продуктивності, стабільність глибини загортання та полегшення механізованої обробки на наступних етапах [6; 15]. Крім того, модернізація сільськогосподарської техніки здатна забезпечити суттєвий економічний ефект [6].

Родючий шар ґрунту, що складається з твердих частинок та пор, створює сприятливе середовище для циркуляції води й повітря, а отже – і для розвитку кореневої системи [7]. На схожість насіння та рівномірність розподілу в ґрунті найбільше впливають глибина обробітки, конструкція робочих органів, відстань між корпусами сівалки та швидкість її руху [1; 14].

Ефективність використання вологи озимими культурами значною мірою залежить від способу обробітки ґрунту: відвального, безвідвального чи мінімального [4]. При цьому *no-till* дозволяє одночасно здійснювати прямий посів насіння та внесення добрив у спеціально сформовані V-подібні борозни, що забезпечує дружні сходи й отримання високих врожаїв за нижчої собівартості [9; 16].

У садівництві та виноградарстві традиційні технології утримання міжрядь (оранка, культивація, боронування) часто пошкоджують кореневу систему багаторічних культур і спричиняють деградацію ґрунту. Перспективним рішенням є мульчування міжрядь багаторічними травами, що знижує ерозійні процеси та сприяє відновленню родючості [5].

Вітчизняні сівалки (СЗ-3,6, СЗП-3,6А, АСТРА-3,6А) не здатні забезпечити оптимальні умови для проростання насіння на необробленому ґрунті, тому їх можна застосовувати лише на прокультивованих площах. Це зумовлює потребу у створенні нових робочих органів для прямого висіву.

Використання комбінованих вібраційних висівних апаратів довело свою ефективність: вони забезпечують рівномірніший розподіл насіння, знижують коефіцієнт варіації між сходами та підвищують врожайність пшениці на 12,1% [16].

Важливо враховувати й екологічний аспект: традиційний обробіток є одним із найбільших споживачів енергії в сільському господарстві та суттєвим джерелом викидів CO₂ [13]. Польові експерименти у Словенії довели, що застосування прямого посіву із гербіцидами знижує витрати пального на 30% і скорочує річні викиди CO₂ на 24% порівняно з традиційною технологією [13].

1.3 Технологічне обладнання для підготовки ґрунту та посівних робіт

Для ефективного вирощування зернових культур важливо не лише застосування сучасних технологій обробітку ґрунту, таких як *no-till*, а й правильний вибір технологічного обладнання. Основними видами техніки, що застосовуються у підготовці ґрунту та сівбі, є обробні агрегати та посівні комплекси.

Обробні агрегати для ґрунту:

1. Плуги відвальні та безвідвальні – для основного розпушування ґрунту; безвідвальні плуги застосовують у системах мінімальної обробки та *no-till* [3; 12].

2. Культиватори та дискові борони – подрібнюють ґрунтовий шар і вирівнюють поверхню, створюючи умови для загортання насіння [1; 7].

3. Ротаційні борони та фрези – для поверхневого обробітку ґрунту та перемішування рослинних решток у технології *no-till* [2; 10].

Посівні комплекси:

Сучасні сівалки прямого висіву забезпечують рівномірне загортання насіння та внесення добрив у необроблений ґрунт.

Вітчизняні моделі:

СЗ-3,6, СЗП-3,6А, АСТРА-3,6А – застосовуються на прокультивованих і необроблених полях [1; 16];

Вектор-6, Кентавр 4,2 – універсальні сівалки з дисковими сошниками для мінімальної обробки ґрунту.

Закордонні моделі:

John Deere 750A / 1590, Great Plains 3P / 3S (США) – сівалки прямого висіву для зернових та кукурудзи.

Horsch Pronto / Focus, Amazone AD / Citan, Kverneland Accord Optima (Німеччина, Норвегія) – точний висів, можливість внесення добрив, адаптація під технології *no-till*.

Väderstad Tempo (Швеція) – висів насіння на високій швидкості, великий резервуар для добрив, висока продуктивність [15].

Таблиця 1.1

Популярні міжнародні виробники та моделі

Виробник	Країна	Модель / серія	Призначення
Amazone	Німеччина	Citan Z 12000, Catros	No-Till, мінімальна обробка
Väderstad	Швеція	Tempo	No-Till, високошвидкісний висів
John Deere	США	750A, 1590	No-Till, зернові культури
Great Plains	США	3P, 3S	No-Till, мінімальна обробка
Horsch	Німеччина	Pronto, Focus	No-Till, зернові, кукурудза
Kverneland	Норвегія	Accord Optima	No-Till, мінімальна обробка

Основні характеристики сучасних посівних комплексів:

- тип сошника (дисковий, долотоподібний, стрілочастий);
- ширина захвату агрегату;
- точність і рівномірність висіву;
- можливість одночасного внесення добрив;
- продуктивність (га/год) та адаптивність до різних ґрунтів [6; 15].

Пневматичні сівалки традиційно застосовуються при технологіях *no-till* та мінімальної обробки ґрунту для зернових, масличних та бобових культур. Вони використовують систему подачі повітря для переміщення насіння з бункера до точки висіву. Різні типи дозаторів та технологічні схеми сівалок описані у дослідженнях.

Використання сучасних обробних агрегатів та сівалок прямого висіву дозволяє:

- зменшити витрати праці та пального;
- підвищити рівномірність посіву та схожість насіння;
- зберегти вологу та структуру ґрунту;
- знизити негативний вплив на екологію за рахунок скорочення викидів CO₂ [13; 16].

1.4 Аналіз існуючих комбінованих агрегатів

Агрегати АК-6 та АК-7 призначені для передпосівного обробітку ґрунту під час вирощування зернових та технічних культур. Вони мають робочу ширину захвату 4 метри та забезпечують обробіток ґрунту на глибину від 8 до 30 см. Конструкція агрегатів включає 22 диски та 11 комбінованих лап, що дозволяє ефективно виконувати як поверхневий, так і глибокий обробіток ґрунту. Для роботи цих агрегатів потрібна потужність трактора не менше 300 к.с., що робить їх придатними для великих сільськогосподарських господарств з високою продуктивністю.

Важкі дискові борони БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1 поєднують поверхневий обробіток ґрунту з одночасним глибоким розпушуванням. Вони оснащені глибокорозпушувачами, які руйнують щільний ґрунтовий шар на глибину до 40 см та дисками, що забезпечують поверхневий обробіток на глибину до 22 см. Завдяки такій конструкції ці агрегати сприяють поліпшенню водопроникності ґрунту, збереженню його структури та створюють оптимальні умови для розвитку кореневої системи рослин.

Комбіновані агрегати КПН-8 та КПН-4 призначені для передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами. Вони здатні одночасно виконувати п'ять технологічних операцій, що значно зменшує кількість проходів техніки по полю. Це дозволяє підвищити ефективність агротехнічних заходів, скоротити витрати пального та зменшити ущільнення ґрунту, одночасно забезпечуючи якісний підготовчий обробіток та догляд за посівами.

Призначення: агрегати АК-6 та АК-7 (рис.1.2) призначені для виконання передпосівного обробітку ґрунту під час вирощування зернових та технічних культур. Вони об'єднують кілька технологічних операцій, таких як:

- передпосівний обробіток ґрунту: підготовка ґрунту до сівби шляхом його розпушування та вирівнювання.
- внесення добрив: одночасне внесення мінеральних добрив у ґрунт.
- сівба насіння: висівання насіння сільськогосподарських культур.

Основні характеристики:

- ширина захвату: 4 м (АК-6) та 7 м (АК-7).
- глибина обробітку ґрунту: 8–30 см.
- кількість дисків: 22 (АК-6) та 38 (АК-7).
- кількість комбінованих лап: 11 (АК-6) та 19 (АК-7).
- потрібна потужність трактора: 300 к.с.



Рисунок 1.2 – Агрегати серії АК-6 та АК-7

До переваг агрегатів АК-6 та АК-7 можна віднести:

1. **Многофункціональність:** об'єднання кількох операцій в одному агрегаті дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, що сприяє економії пального та зменшенню ущільнення ґрунту.
2. **Підвищення ефективності:** завдяки одночасному виконанню кількох технологічних операцій, підвищується ефективність агротехнічних заходів та зменшується час, необхідний для їх виконання.
3. **Покращення структури ґрунту:** рівномірний розподіл добрив та насіння сприяє покращенню структури ґрунту та забезпечує оптимальні умови для росту рослин.
4. **Зменшення витрат:** зменшення кількості проходів техніки по полю та одночасне виконання кількох операцій дозволяє знизити витрати на паливо та обслуговування техніки.

До недоліків агрегатів АК-6 та АК-7:

1. **Висока вартість:** початкова вартість комбінованих агрегатів може бути вищою порівняно з одноопераційними машинами, що потребує значних інвестицій.
2. **Складність в обслуговуванні:** багатофункціональність агрегатів може ускладнювати їх обслуговування та ремонт, що вимагає наявності кваліфікованого персоналу та спеціалізованих запасних частин.
3. **Необхідність висококваліфікованих кадрів:** для ефективної експлуатації комбінованих агрегатів потрібні висококваліфіковані оператори, що може бути проблемою в умовах нестачі кваліфікованих кадрів у сільському господарстві.
4. **Обмеження щодо умов експлуатації:** використання агрегатів АК-6 та АК-7 може бути обмежено певними умовами експлуатації, такими як тип ґрунту, вологість та рельєф місцевості.

Агрегати БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1 призначені для виконання передпосівного обробітку ґрунту під час вирощування зернових та технічних культур (рис.1.3).



Рисунок 1.3 - Агрегати БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1

Вони об'єднують кілька технологічних операцій, таких як:

- передпосівний обробіток ґрунту: підготовка ґрунту до сівби шляхом його розпушування та вирівнювання.
- внесення добрив: одночасне внесення мінеральних добрив у ґрунт.
- сівба насіння: висівання насіння сільськогосподарських культур.

Основні характеристики:

- тип машини: напівпричіпна.
- робоча ширина захвату: 4,2 м (БДВП-4,2-0,1) та 3,0 м (БДВП-3,0-0,1).
- робоча швидкість: 8–12 км/год.
- продуктивність: 3,4–5,0 га/год (БДВП-4,2-0,1) та 2,4–3,6 га/год (БДВП-3,0-0,1).

глибина обробітку ґрунту: дисками до 22 см та чизельними стійками до 40 см.

- кількість чизельних стійок: 5 (БДВП-4,2-0,1) та 3 (БДВП-3,0-0,1).
- діаметр диска: 710 мм.
- товщина диска: 7 мм.

- ширина в транспортному положенні: 4480 мм (БДВП-4,2-0,1) та 3290 мм (БДВП-3,0-0,1).
- вал квадратний: 40×40 мм.
- навантаження на один диск: 110 кг.

Переваги агрегатів БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1

1. Многофункціональність: об'єднання кількох операцій в одному агрегаті дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, що сприяє економії пального та зменшенню ущільнення ґрунту.

2. Підвищення ефективності: завдяки одночасному виконанню кількох технологічних операцій, підвищується ефективність агротехнічних заходів та зменшується час, необхідний для їх виконання.

3. Покращення структури ґрунту: рівномірний розподіл добрив та насіння сприяє покращенню структури ґрунту та забезпечує оптимальні умови для росту рослин.

4. Зменшення витрат: зменшення кількості проходів техніки по полю та одночасне виконання кількох операцій дозволяє знизити витрати на паливо та обслуговування техніки.

Недоліки агрегатів БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1:

1. Висока вартість: початкова вартість комбінованих агрегатів може бути вищою порівняно з одноопераційними машинами, що потребує значних інвестицій.
2. Складність в обслуговуванні: багатофункціональність агрегатів може ускладнювати їх обслуговування та ремонт, що вимагає наявності кваліфікованого персоналу та спеціалізованих запасних частин.
3. Необхідність висококваліфікованих кадрів: для ефективної експлуатації комбінованих агрегатів потрібні висококваліфіковані оператори, що може бути проблемою в умовах нестачі кваліфікованих кадрів у сільському господарстві.

4. Обмеження щодо умов експлуатації: використання агрегатів БДВП-4,2-0,1 та БДВП-3,0-0,1 може бути обмежено певними умовами експлуатації, такими як тип ґрунту, вологість та рельєф місцевості.

Комбіновані агрегати КПН-8 та КПН-4 призначені для передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами. Вони забезпечують одночасне виконання до п'яти технологічних операцій, що дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, підвищити ефективність агротехнічних заходів та зменшити ущільнення ґрунту. Завдяки цьому агрегати забезпечують якісну підготовку ґрунту до посіву, рівномірне розпушування та поліпшення водопроникності, що створює оптимальні умови для розвитку кореневої системи рослин. КПН-8 має більшу робочу ширину захвату, що дозволяє обробляти більші площі за менший час, тоді як КПН-4 є компактнішим і придатним для невеликих ділянок або полів зі складним рельєфом. Основні переваги цих агрегатів — економія часу, пального та збереження структури ґрунту, тоді як недоліком може бути потреба у потужному тракторі для забезпечення повної продуктивності агрегату.



Культиватор паровий навесний



Культиватор просапной КПН-5,6-02



Культиватор навісний КПН-8

Рисунок 1.4 – Агрегати серії КПН

Висновки та задачі виконання роботи

Під час проектування комбінованого агрегату, який має відповідати конкретним вихідним умовам — типу посівного матеріалу, виду та вологості ґрунту, технології його підготовки, а також тяговому класу трактора основними завданнями є:

– розроблення та обґрунтування конструктивно-технологічної схеми комбінованого агрегату, призначеного для передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур;

– обґрунтування вибору типових робочих органів і механізмів комбінованого агрегату, що полягає у підборі таких робочих органів, пристроїв чи механізмів, які мають найкращі техніко-експлуатаційні

показники та споживчі властивості, визначені на основі кількісних і якісних характеристик;

– розроблення конструкції комбінованого агрегату, що забезпечує одночасне виконання кількох технологічних операцій — підготовку ґрунту, висів насіння та прикочування поверхні поля — в одному проході машини;

– визначення конструктивних параметрів ковшового елеватора та дискового ножа комбінованого агрегату для забезпечення ефективної подачі матеріалу та стабільної роботи на різних типах ґрунтів;

– розрахунок економічної ефективності застосування комбінованого агрегату, що дає змогу оцінити доцільність його впровадження у виробничий процес сільськогосподарського підприємства.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ ТА СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Процес створення сучасних комбінованих агрегатів для підготовки ґрунту та висіву зернових культур ґрунтується на комплексному підході до забезпечення якості виконання технологічних операцій при одночасному зниженні енергетичних і матеріальних витрат. Такі агрегати призначені для поєднання кількох операцій – передпосівного обробітку ґрунту, висіву насіння та прикочування поверхні – в одному робочому циклі. Це дозволяє зменшити кількість проходів по полю, запобігти надмірному ущільненню ґрунту і підвищити продуктивність праці.

Під час конструювання комбінованого агрегату враховують комплекс вихідних параметрів, серед яких: тип посівного матеріалу, вид і стан ґрунту, його вологість, особливості агротехнічної технології, а також тяговий клас трактора, з яким агрегат буде працювати.

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми комбінованого агрегату

Під час розроблення комбінованого агрегату було використано практичний досвід, накопичений інженерами-конструкторами у процесі створення посівних комплексів та комбінованих агрегатів, а також результати їх експлуатації в польових умовах. На основі цього досвіду сформовано конструктивно-технологічну схему розроблюваної машини.

При проектуванні агрегату прийнято основні конструктивні параметри, що визначають його ефективність і сумісність із наявною технікою. Зокрема, передбачено використання трактора тягового класу не більше 1,4 (наприклад, МТЗ-82) та ширину захвату оброблюваного ґрунту 4,2 м.

Оскільки агрегат призначений для сівби зернових культур, у тому числі в умовах мінімального обробітку ґрунту, у його конструкції використано

дискові сошники, які мають найменший опір руху та потребують мінімального тягового зусилля. Вони забезпечують укладання насіння на оптимальну глибину, де утворюється точка роси, що сприяє збереженню вологи в зоні насіння завдяки збереженню природної структури ґрунтових капілярів і підводу вологи з нижніх шарів.

Згідно з агротехнічними вимогами до висіву зернових культур і заданої ширини захвату, кількість дискових ножів становить 42 одиниці. Виходячи з середнього тягового опору одного дискового ножа (0,08 кН/м), орієнтовне загальне тягове опір агрегату на стерньовому фоні становить близько 3,36 кН/м ($0,08 \times 42 = 3,36$ кН/м), що дозволяє ефективно агрегувати машину з тракторами тягового класу 1,4.

Для прикочування ґрунту після висіву обрано пневматичні шини, які характеризуються невеликою масою та відсутністю налипання ґрунту різних типів, що сприяє стабільній роботі в умовах підвищеної вологості.

У процесі конструкторської розробки особливу увагу приділено створенню оригінальних конструкційних вузлів, серед яких:

- рама агрегату;
- зерновий бункер;
- ковшовий елеватор.

Рівномірність розподілу насіння по площі посіву значною мірою залежить від ефективності роботи ковшового елеватора. Оптимальний режим його роботи забезпечується правильним підбором об'єму ковшів, відстані між ними та швидкості руху елементів елеватора. Від цих параметрів залежить стабільність подачі посівного матеріалу й рівномірність формування рядків.

На рисунку 2.2 представлено кінематичну схему ковшового елеватора, що ілюструє принцип його роботи та взаємодію основних елементів механізму.

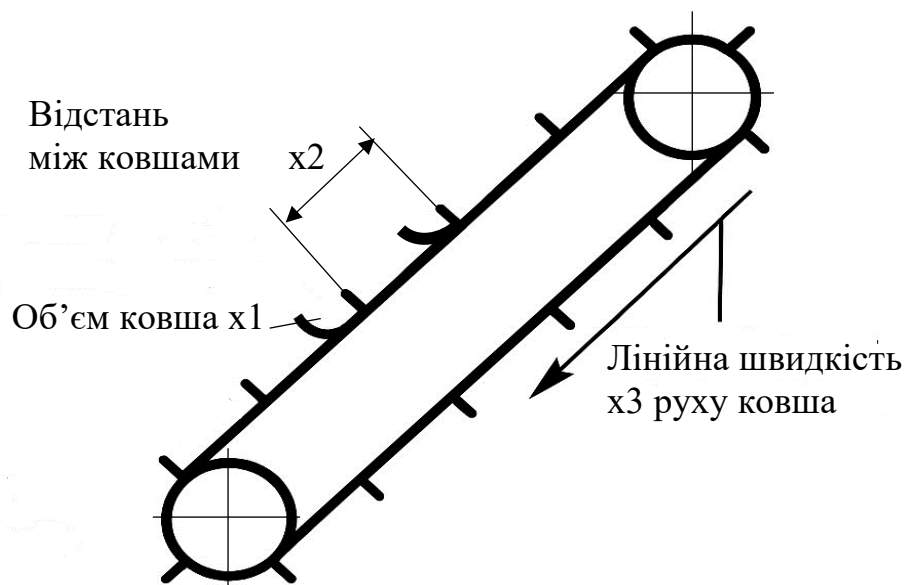


Рисунок 2.2 – Кінематична схема ковшового елеватора

Для визначення оптимальних параметрів роботи ковшового елеватора комбінованого агрегату було проведено обчислювальний експеримент із використанням ортогонального центрального композиційного плану (ОЦКП) факторного експерименту. Такий підхід дає можливість встановити комбінації параметрів, за яких досліджувана система досягає найкращих експлуатаційних показників.

Оскільки метою експерименту є знаходження оптимальних значень факторів, що відповідають екстремуму (оптимуму) поверхні відгуку, план експерименту формується другого порядку. Це означає, що до дослідів повного факторного експерименту додаються випробування у так званих зіркових точках та центрі плану.

Загальна кількість експериментів визначається за формулою:

$$K_{\text{заг}} = K_0 + 2^m + 1$$

$K_{\text{заг}}$ — загальна кількість дослідів;

K_0 — кількість дослідів повного факторного експерименту 2^m ;

m — кількість факторів.

У даному випадку $m=3$, оскільки оптимізація проводиться за трьома факторами:

1. Об'єм ковша (x_1);
2. Відстань між ковшами (x_2);
3. Швидкість руху елеватора (x_3).

Діапазони варіювання факторів прийняті такими:

- об'єм ковша $x_1=3,0-9,5$ дм³;
- відстань між ковшами $x_2=0,10-0,25$ м;
- швидкість руху елеватора $x_3=0,047-0,16$ м/с.

Як функцію відгуку прийнято відхилення фактичної норми висіву від заданої:

$$f(x_1, x_2, x_3) = N_v - N_{екс,i},$$

де:

- N_v — задана норма висіву насіння на 1 м²;
- $N_{екс,i}$ — кількість висіяного насіння в i -му експерименті, $i=1,2,\dots,15$

Для трьох факторів прийнято коефіцієнт корекції квадратів $a=0,73$ і зіркове плече $\alpha=1,215$.

Після проведення обчислювального експерименту отримані результати дають змогу побудувати регресійну модель у вигляді полінома другого порядку:

$$y_2(x_1, x_2, x_3) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2$$

або у випадку розширення до неповного полінома третього ступеня:

$$y_3(x_1, x_2, x_3) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{111}x_1^3 + b_{222}x_2^3 + b_{333}x_3^3$$

коефіцієнти полінома, які визначаються методом найменших квадратів за результатами експерименту.

Отримане рівняння регресії дозволяє побудувати поверхню відгуку та визначити оптимальні значення об'єму ковшів, відстані між ними і швидкості

руху елеватора, що забезпечують найменше відхилення від заданої норми висіву та найвищу рівномірність розподілу насіння.

2.2 Розробка конструкції комбінованого агрегату для технологічних операцій обробітку ґрунту та посіву зернових культур

Для формування конструкції запропонованого комбінованого агрегату застосовано наступні промислові вузли та механізми:

- прокатні пневматичні шини-диски, запозичені з автомобіля УАЗ-452, розмір 235/65/R16, з міським протектором полосного типу, у кількості 15 одиниць.
- дискові ножі - гладкі диски БДТ діаметром 560 мм, у кількості 42 шт.;
- дозуючий апарат - привід від сівалки СЗП.

Таке поєднання дозволяє забезпечити оптимальні умови для підготовки ґрунту та висіву зернових культур у мінімально обробленому ґрунті.

Реалізація процедури обґрунтування вибору типової деталі (вузла або механізму) комбінованого агрегату була проведена на прикладі прикочувального пристрою з наступними основними конструктивними розмірами: діаметр кріпильного вала - 100 мм та діаметр прикочувального елемента - 500 мм.

Важливість кожного з показників (вартість, легкість обслуговування, можливість ремонту без спеціальних інструментів, взаємозамінність з подібними вузлами) була визначена як $p_i=0,25$, $i=1...4$.

За результатами розв'язання задачі було обрано прикочувальний пристрій з пневматичними шинами (рис. 2.4).

Споживачем було поставлено завдання створити конструкцію комбінованого агрегату, яка б забезпечувала:

- єдиний дозувальний механізм для всіх висівних апаратів;
- доступність основних вузлів для обслуговування і механізмів та їхню можливість ремонту

- проведення міжсезонного технічного обслуговування
- застосування великого обсягу типової вітчизняної промислової сільськогосподарської техніки та механізмів.

При розробці конструкції були застосовані системи 2D/3D моделювання КОМПАС.

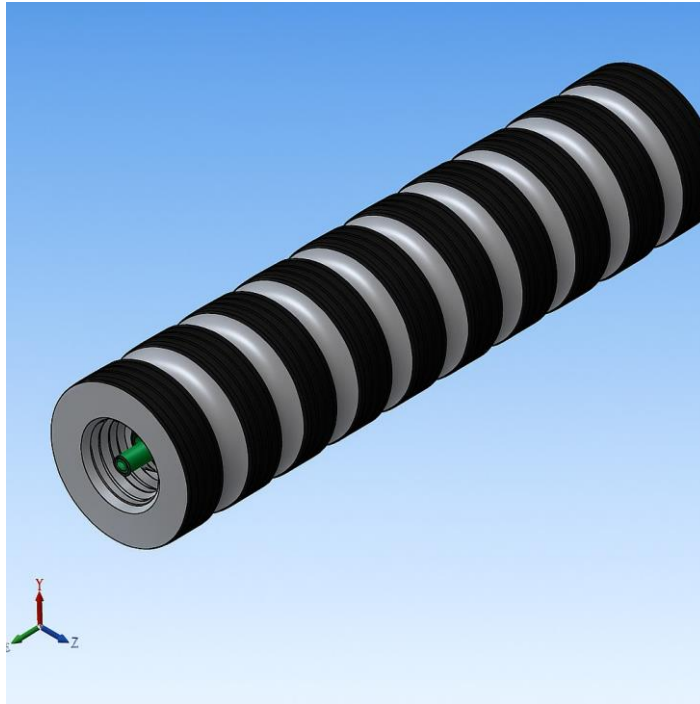
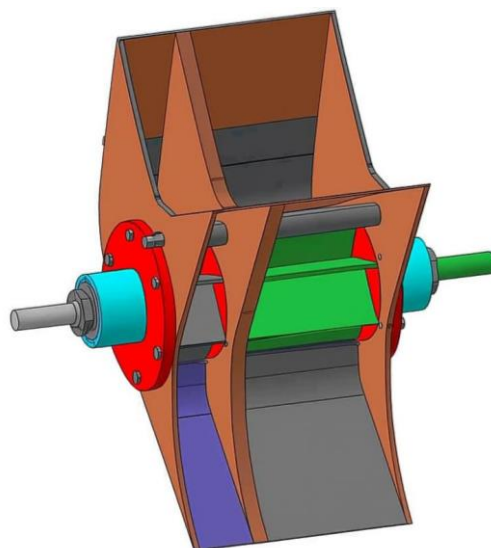
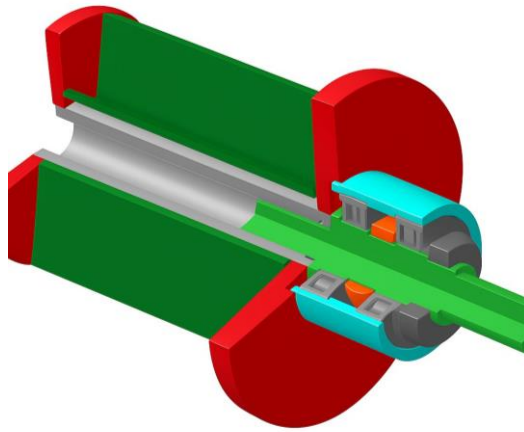


Рисунок 2.4 - 3D- модель прикочувального пристрою комбінованого агрегату.

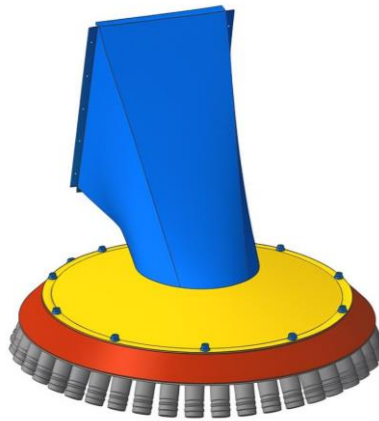
Результати розробки робочих органів, вузлів та механізмів комбінованого агрегату представлені на рисунку 2.5



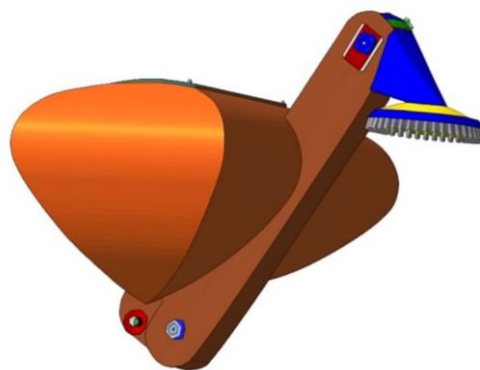
3D – вид модель дозуючого пристрою катушкового типу



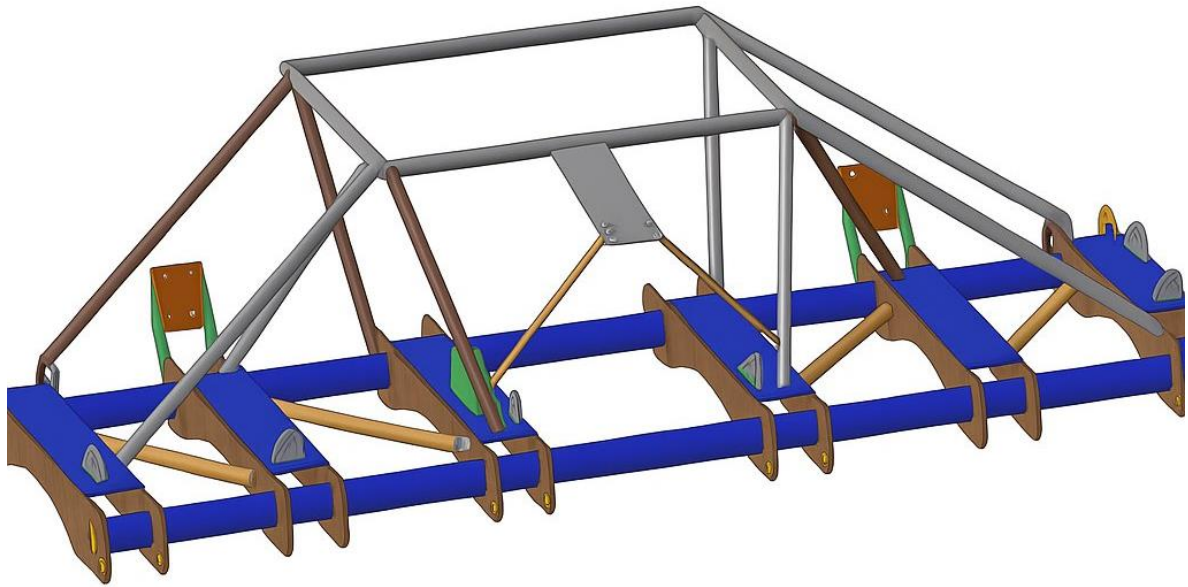
3D- модель катушки дозуючого пристрою.



3D- модель розподільного пристрою.



3D- модель бункера та ковшового елеватора з дозуючим пристроєм.



3D- модель рами

Рисунок 2.5 - 3D – моделі вузлів та механізмів комбінованого агрегату

Бункер для зернових культур комбінованого агрегату складається з двох окремих відсіків: добрива та насіння. Дозуючі пристрої катушкового типу також виконані роздільно для насіння та добрив. Привід дозуючих механізмів здійснюється від крайніх коліс прикочувального пристрою через варіатори, окремі для насіння та добрив, що одночасно забезпечує регулювання подачі насіння. На валу дозуючого пристрою насіння встановлена зірочка, яка передає обертальний момент через ланцюгову передачу ПР до ковшового елеватора.

Ковшовий елеватор оснащено натягнутим ланцюгом ПРП з кронштейнами, на яких закріплені ковші для транспортування насіння та добрив до розподільного пристрою. Обертання розподільника здійснюється через нерегульований кутовий редуктор. Конструкція передбачає вільний доступ до всіх з'єднувальних деталей, а натяг ланцюга регулюється двома гвинтами.

Насіння та добрива самопливом надходять у дозуючий пристрій завдяки формі бункера. Далі порції продукту потрапляють у спільний резервуар, з

якого ковші елеватора доставляють їх до обертового конуса з лопатками. Конус рівномірно розподіляє насіння та добрива по всіх 42 висівних апаратах. Для зручності обслуговування передбачено люки для видалення залишків матеріалу з бункера. Прикочувальний пристрій (рис.2.6) складається з трьох блоків пневматичних шин, закріплених на рамі. Відстань між осями шин складає 35 мм, що забезпечує рівномірне прикочування обробленого ґрунту і формування оптимальної щільності посівного шару.

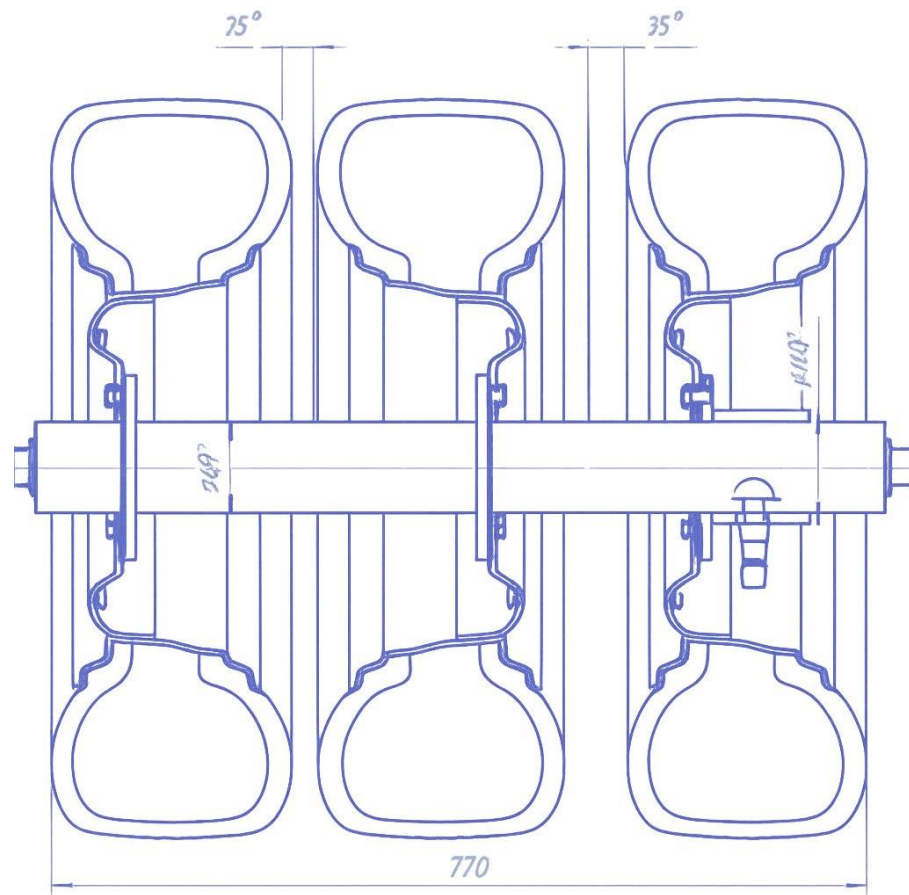


Рисунок 2.6 – Конструкція прикочувального пристрою

На валу, розташованому в центрі кожного колісного блоку встановлена пара роликів підшипників. Для захисту підшипників від потрапляння абразивних часток застосовано сальникове ущільнення.

Прикочувальний механізм водночас слугує транспортними колісами регулювання глибини, загортання насіння здійснюється бічними блоками коліс через обертання регулювальних гвинтів (талрепів), розроблених і виготовлених для використання в даному комбінованому агрегаті. Гвинти здатні витримувати навантаження, що виникають під час роботи на полі.

Робочий орган ґрунтообробного пристрою (рис. 2.7) жорстко закріплений на рамі. Такий спосіб кріплення є менш ефективним для копіювання рельєфу ґрунту, проте забезпечує високу надійність і ремонтпридатність. Обслуговування цього типу кріплення не потребує залучення висококваліфікованого персоналу та дорогого обладнання і може здійснюватися безпосередньо у польових умовах.

Обробіток ґрунту здійснюється шляхом: верхній шар ґрунту обробляється круглим диском дискової борони БДТ діаметром 560 мм. Значення кута атаки та кута повороту ріжучого елемента було підібрано відповідно до результатів польових досліджень (розділ 3). Конструкція стійки ріжучого органу інтегрована з механізмом розподілу насіння. Загортання насіння та внесення добрив відбувається одночасно з обробітком ґрунту, що забезпечує оптимальні умови для рівномірного посіву



Рисунок 2.7 – Робочий орган для обробітку ґрунту

Між робочими органами передбачено відстань 100 мм. Що забезпечує проведення технічного обслуговування, включаючи заміну сальникових ущільнень та змащення підшипників, без необхідності виконання трудомісткої операції – заміни самого підшипника.

Конструкція зернового бункера (рис. 2.8) передбачає два відсіки, кожен з яких обладнано катушковим дозатором, виконаними окремо для насіння та мінеральних добрив. Обертання катушок здійснюється за рахунок відбору обертального моменту від крайніх коліс прикочувального пристрою. Частота обертання катушок висівного апарату регулюється через ланцюговий

механізм передачі, запозичений від сівалки СЗП з можливістю окремого налаштування для насіння та добрив.

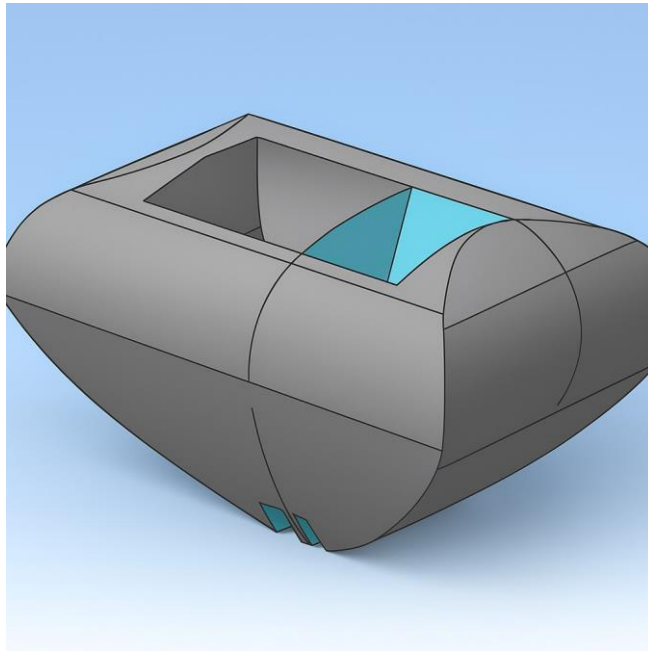


Рисунок 2.8 - 3D – модель зернового бункера

Розташування висівного апарату забезпечує вільний доступ для обслуговування та ремонту окремих вузлів у разі їх виходу з ладу. Після завершення посівних робіт та підготовки агрегату до міжсезонного зберігання згідно з конструкцією, забезпечується можливість видалення залишків матеріалів із зернового бункера та відсіку для мінеральних добрив.

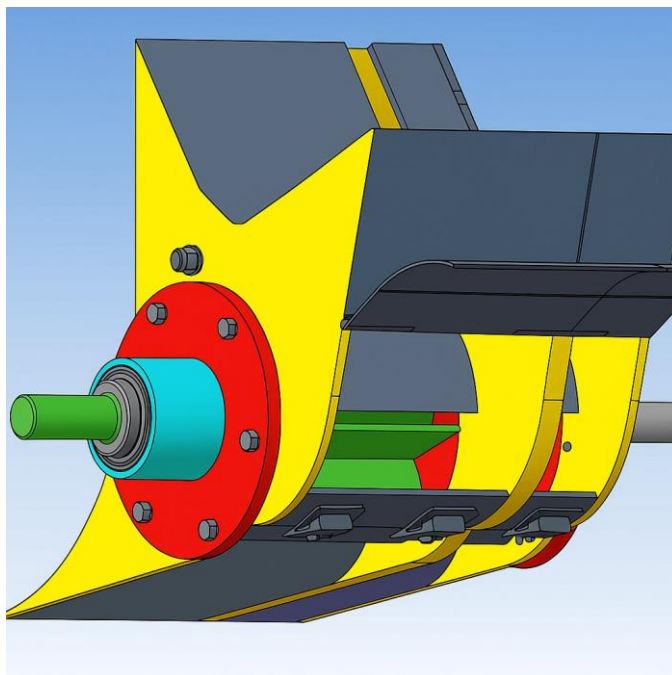


Рисунок 2.9 – Фрагмент моделі дозатору катушкового типу



Рисунок 2.10 – Дозуючий пристрій дослідного зразка

Після висівного апарату суміш насіння та мінеральних добрив надходить на механізм транспортування реалізовано у формі ковшового елеватора. Транспортування здійснюється за допомогою 24 ковшів, закріплених на ланцюзі типу ПР. Натяг ланцюга виконується двома регулювальними гвинтами на верхній частині елеватора (рис. 2.11). Передача обертового моменту відбувається від катушки, яка дозує подачу насіння (рис. 2.12).

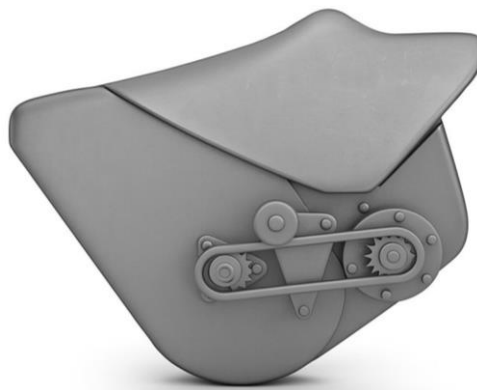


Рисунок 2.11 - Транспортувальний механізм та висівний апарат

У розподільний обертальний пристрій поступає насіння та добрива, після того як підніметься на верхню точку. Таким чином, суміш рівномірно розподіляється по сорока двох робочих органах.

Загальний 3D-вид моделі агрегату наведено на рисунку 3.13.

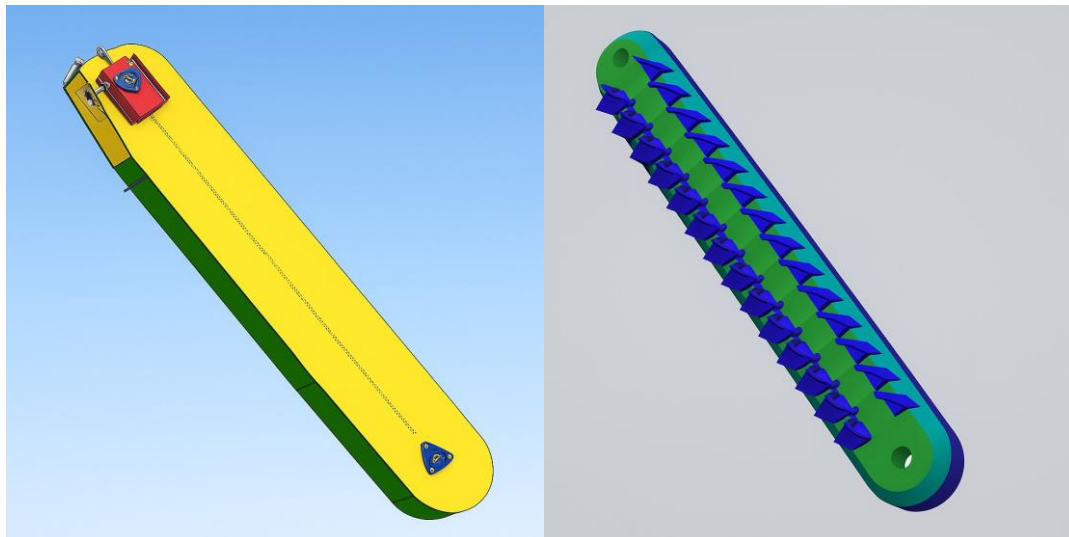


Рисунок 2.12 - 3D – модель ковшового елеватора

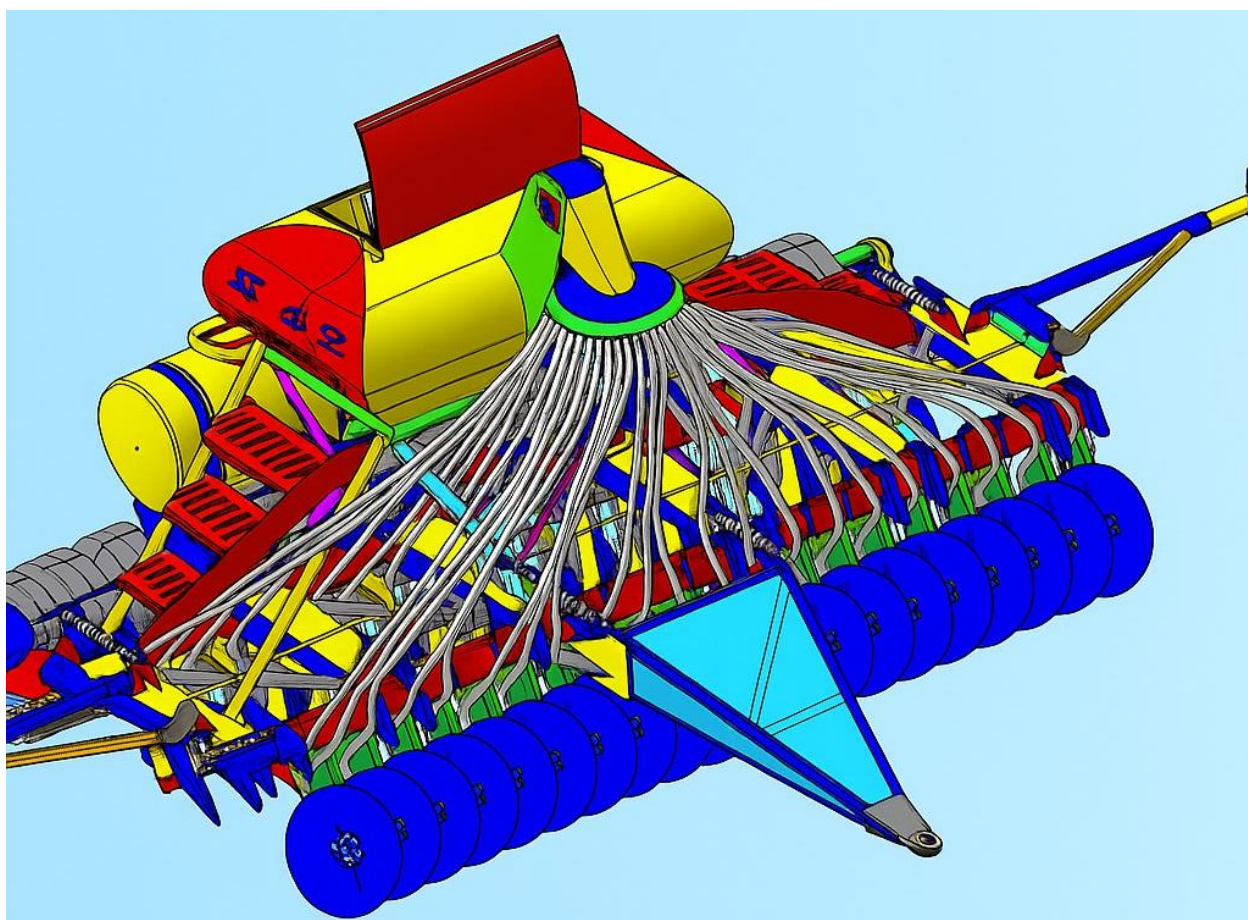


Рисунок 2.13 - 3D – модель комбінованого агрегата

Висновки

1. Створено конструктивно-технологічну модель комбінованого агрегату, за якої зроблено дослідний зразок, що дозволяє одночасно виконувати підготовку ґрунту, висів насіння та прикочування, забезпечуючи поєднання цих операцій у єдиному технологічному процесі.
2. Встановлено аналітичні закономірності, які дали змогу визначити оптимальні параметри взаємного розташування елементів ковшового елеватора та ножа дискового типу комбінованого агрегату.
3. Проведено теоретичне обґрунтування вибору типових робочих органів і механізмів, що передбачає добір елементів із найвищими техніко-експлуатаційними показниками на основі аналітичної оцінки їх характеристик.
4. Запропоновано нову конструкцію комбінованого агрегату для комплексного виконання операцій підготовки ґрунту та сівби зернових культур, що відзначається підвищеною технологічною ефективністю.

3 ОБГРУНУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Обґрунтування методики проведення досліджень

Розробка конструкції включала створення нових технічних рішень для рами, зернового бункера та ковшового елеватора, а також проведено компоновку всього агрегату з використанням обраних типових робочих органів, вузлів та механізмів. Фото дослідного зразка наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Дослідний зразок комбінованого агрегата

Програма проведення експериментальних досліджень включала такі етапи:

- підготовка дослідного зразка комбінованого агрегату до роботи;
- підготовка обладнання та приладів для виконання робіт з дослідження агрегату;

– проведення польових досліджень комбінованого агрегату при посіві зернових культур (пшениці) з урахуванням взаємозв'язку розроблених конструктивних параметрів агрегату та заданих показників якості посіву;

– проведення техніко-економічної оцінки дослідного зразка агрегату.

Підготовка дослідного зразка до роботи в польових умовах включає виконання наступних операцій: перевірку комплектності та правильності складання агрегату; встановлення висівних апаратів відповідно до заданих норм посіву насіння та добрив; монтаж маркерів; приєднання агрегату до трактора та обкату всього комплексу.

Перевірка правильності складання агрегату та технічного стану встановлених механізмів, вузлів і робочих органів проводиться на спеціальній майданчику, причому весь агрегат повинен спиратися на опорні стійки. Особлива увага приділяється: перекосу рами, надійності кріплень робочих органів, пристроїв і механізмів, обертанню прикочувальних пристроїв, натягу ланцюгів та розташуванню шестерень редуктора. Допустимий перекис рами не більше 10 мм, прогин бруса для кріплення робочих органів — не більше 10 мм. Обертання колісних блоків має бути вільним, без радіального та осевого люфту.

Позиціонування робочих органів на рамі здійснюють за допомогою розміткової рейки з нанесеними лініями. Відстань між лініями відповідає заданій ширині міжрядь. Робочі органи опускають на розміткову рейку, послаблюють кріплення на брусі та суміщають з лініями на рейці.

Для коректної роботи варіатора зірочки та шестерні всіх контурів передачі повинні бути вирівняні в одній площині. Допустимий зазор між вершиною зуба однієї шестерні та впадиною іншої становить 1,5–2 мм. Перевірку натягу ланцюгів зернового бункера здійснюють ручним натисканням: при прикладенні сили близько 100 Н прогин неробочої гілки має бути в межах 10–12 мм. У разі збільшеного прогину необхідно відрегулювати натяг ланцюгів.

Висівні апарати встановлюють на задану норму висіву насіння зернових культур та необхідних добрив. Кількість висіваємого насіння на одиницю площі залежить від частоти обертання катушки дозуючого пристрою та ефективності роботи ковшового елеватора. Для встановлення норми висіву підбирають відповідне передаточне відношення від осі ходових коліс до вала дозуючого пристрою та встановлюють варіатор у потрібне положення.

Для забезпечення можливості регулювання норми сівби рекомендується початково встановлювати варіатор катушки дозуючого пристрою у середнє положення.

Налаштування комбінованого агрегату на задану норму висіву рекомендується виконувати у стаціонарних умовах у такій послідовності:

- комбінований агрегат встановлюють на підставки таким чином, щоб було можливо обертати опорно-привідне колесо, яке передає крутний момент на вал дозуючого пристрою;

- підраховують кількість обертів, що робить опорне колесо агрегату при обробці площі 100 м². Для цього спочатку визначають площу, яку агрегат обробляє за один оберт опорного колеса. Це значення обчислюють без урахування ковзання колеса по поверхні ґрунту;

- у зерновий бункер засипають насіннєвий матеріал (приблизно 1/3 від загального об'єму бункера), а під робочі органи розстеляють полотно (брезент або укривний матеріал). На опорне колесо наносять мітку для зручності підрахунку кількості його обертів. Потім здійснюють 3–4 пробних оберти колеса для заповнення приймального бункера ковшового елеватора посівним матеріалом;

- опорне колесо агрегату обертають на розраховану раніше кількість обертів. Після цього зібраний посівний матеріал зважують, отримане значення множать на 100 та визначають фактичну норму висіву на 1 га.

Обертання опорного колеса слід виконувати рівномірно, приблизно з тією ж частотою, яка відповідає реальній швидкості руху агрегату під час роботи в

полі. При збільшенні швидкості руху агрегату частота обертання коліс пропорційно зростає.

Після встановлення норми висіву проводять пробний прохід комбінованого агрегату на певній довжині оброблюваної ділянки. У разі виявлення відхилення між розрахунковою та фактичною нормами висіву здійснюють відповідне коригування параметрів дозуючого пристрою.

Оптимізація конструктивних параметрів ковшового елеватора комбінованого агрегату здійснювалася шляхом варіювання основних параметрів: об'єму ковшів, відстані між ними та швидкості руху елеватора.

Для визначення енергетичних показників технологічного процесу висіву дослідним зразком комбінованого агрегату застосовувалася малогабаритна переносна інформаційно-вимірювальна система ПІ-264, призначена для вимірювання, аналізу, реєстрації та відображення параметрів, що характеризують експлуатаційно-технологічні властивості сільськогосподарських машин. Дана система використовувалася при агрегуванні та контрольному динамометруванні дослідного зразка комбінованого агрегату.

Програма проведення польових експериментальних досліджень дослідного зразка передбачала:

- визначення енергетичних показників процесу висіву, здійснюваного розробленим комбінованим агрегатом;
- уточнення оптимальних значень конструктивних параметрів кута атаки дискового ножа;
- визначення оптимальних параметрів ковшового елеватора (об'єму ковша, відстані між ковшами та швидкості руху елеватора) за результатами експерименту із застосуванням ортогонального центрального композиційного плану;
- встановлення залежності між швидкістю руху агрегату, глибиною загортання насіння та величиною питомого тягового опору;
- оцінку питомого тягового опору комбінованого агрегату;

- визначення рівномірності розподілу посівного матеріалу по площі посіву;
- визначення ширини засівної смуги;
- оцінку показників урожайності.

3.2 Аналіз енергетичних характеристик та параметрів комбінованого агрегату

Енергетичні показники процесу висіву, що здійснюється комбінованим агрегатом власної розробки, визначали за допомогою вимірально-інформаційної системи ІП-264. Прилад призначений для експериментальних досліджень, енергетичної оцінки машин та проведення тягових випробувань тракторів.

Розрахунки енергетичних параметрів проводилися відповідно до методики, викладеної в роботі.

Миттєва швидкість руху визначалась за виразом:

$$v = n \cdot K_d,$$

v – миттєва швидкість, км/год; n – кількість імпульсів датчика шляху за одну секунду; K_d – калібрувальний коефіцієнт датчика шляху, м/імп.

Середня швидкість руху за один експеримент визначалась за формулою

$$v_{cp} = \frac{n_{\Sigma} \cdot K_d \cdot 3,6}{T}$$

n_{Σ} – сумарна кількість імпульсів датчика шляху за час експерименту;

T – тривалість експерименту, с.

Миттєве тягове зусилля обчислювалося за формулою:

$$F_{мит} = U_{cp} \cdot K_{датч},$$

$F_{мит}$ — значення миттєвого тягового зусилля, кН; U_{cp} — середнє значення каналу датчика зусилля, В; $K_{датч}$ — калібрувальний коефіцієнт датчика зусилля, кН/В.

Середнє тягове зусилля:

$$F_{\text{ср}} = U_{\text{канал}} \cdot K_{\text{датч}}$$

$F_{\text{ср}}$ - середнє значення тягового зусилля за один експеримент, кН;

$U_{\text{канал}}$ - середнє значення каналу датчика за один експеримент, В.

Годинна витрата палива:

$$C = n \cdot K_{\text{витр}} \cdot \rho,$$

де:

C — витрата палива за годину за один експеримент, кг/год;

$K_{\text{витр}}$ - калібрувальний коефіцієнт витратоміра палива, см³/імп;

ρ - питома вага палива, г/см³.

n — кількість імпульсів витратоміра, імп;

Питома витрата палива:

$$g = \frac{C}{N_{\text{двиг}} \cdot \tau},$$

g - питома витрата палива, г/кВт·год;

$N_{\text{двиг}}$ - потужність двигуна, кВт.

Виходячи з конструктивних особливостей розробленого комбінованого агрегату, найбільш раціональні значення параметрів визначалися щодо кута атаки дискового ножа. Кут атаки диска під час експериментальних випробувань встановлювався в межах 10°–20°, при цьому інші параметри залишалися постійними та відповідали значенням, отриманим у лабораторних випробуваннях.

На основі аналізу експериментальної інформації було визначено кореляційні зв'язки між питомим тяговим опором R ($RC_{\text{с}}$ для стерньового фону, $RC_{\text{п}}$ для парового) та апроксимовано поліномами другого порядку залежності для досліджуваного параметра. (рис.3.1).

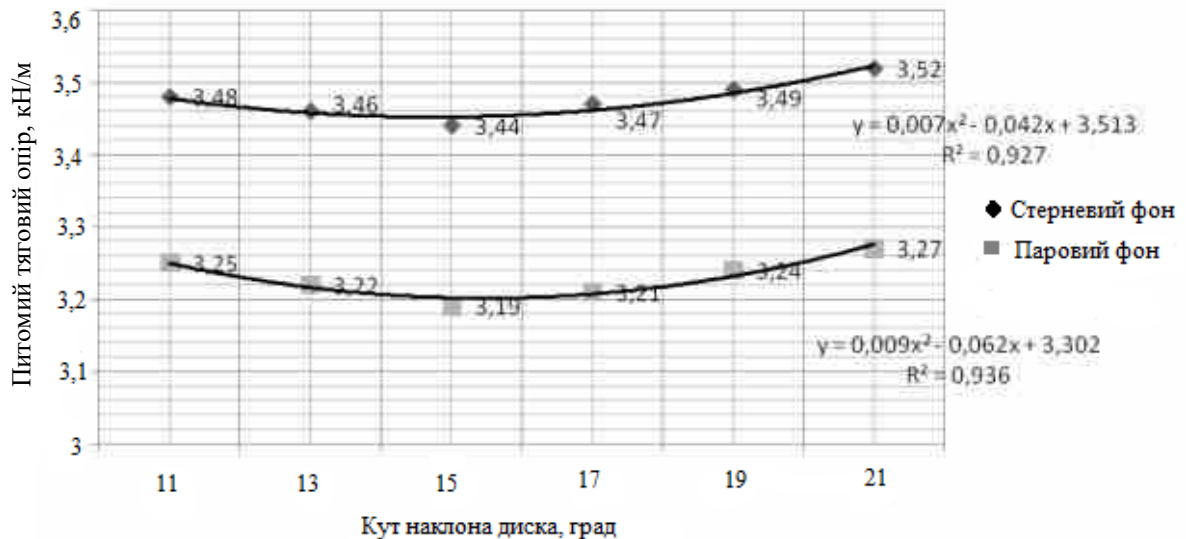


Рисунок 3.1 – Залежність питомого опору від кута атаки диска

В результаті апроксимації експериментальних даних методом найменших квадратів встановлено залежності впливу зміни кута атаки диска l_g на питомий тяговий опір розробленого комбінованого агрегату (рис. 3.2):

на стерньовому фоні:

$$R_{Cc}=0,007l_g^2-0,042l_g+3,513,$$

$$R^2=0,927;$$

на паровому фоні:

$$R_{Cn}=0,009l_g^2-0,062l_g+3,302,$$

$$R^2=0,936.$$

При куті атаки диска $15-17^\circ$ визначено мінімальні значення питомого тягового опору: $3,44$ кН/м на стерньовому фоні та $3,19$ кН/м на паровому. Для фінальної конструкції агрегату прийнято саме цей діапазон кута атаки. Оптимальні параметри ковшового елеватора отримані шляхом обчислювального експерименту за ортогональним центральним композиційним планом (ОЦКП) факторного експерименту. Рівні варіювання обраних факторів наведено в таблиці 3.1, а результати експериментів — у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1

Рівні варіювання факторів

Фактор	- α	-1	0	+1	+ α
x1	3,0	3,48	6,25	8,83	9,5
x2	0,1	0,11	0,175	0,236	0,25
x3	0,047	0,057	0,104	0,15	0,16

Таблиця 3.2

Результати досліджень

Рівень фактора X1	Рівень фактора X2	Рівень фактора X3	Nv – Нексп,і
-1	-1	-1	152
1	-1	-1	141
-1	1	-1	145
1	1	-1	96
-1	-1	1	76
1	-1	1	56
-1	1	1	24
1	1	1	15
- α	0	0	56
α	0	0	89
0	- α	0	66
0	α	0	97
0	0	- α	98
0	0	α	102
0	0	0	29

Для забезпечення оптимальної та рівномірної густоти рослин зернових культур на одиниці площі посіву параметри ковшового елеватора повинні відповідати наступним значенням: обсяг ковша: 7,2 дм³;

- відстань між ковшами: 0,21 м;
- швидкість руху ковшового елеватора: 0,12 м/с.

У цьому випадку рівняння регресії має вигляд:

$$y_2(x_1, x_2, x_3) = 57,162 - 4,465x_1 - 7,974x_2 - 30,873x_3 - 3,375x_1x_2 + 3,875x_1x_3 - 2,625x_2x_3 + 4,08x_1^2 + 10,172x_2^2 + 22,696x_3^2.$$

Дослідження залежності питомого тягового опору комбінованого агрегату від швидкості руху та глибини посіву виконувалися згідно з методикою, наведеною у роботі [15].

За результатами аналізу експериментальної інформації отримано дані, наведені на рисунку 3.2, а також визначено кореляційні залежності між питомим тяговим опором та швидкістю його руху. Дослідження обмежувалися стерньовим фоном та глибиною посіву в діапазоні 0,041–0,081 м із кроком 0,021 м.

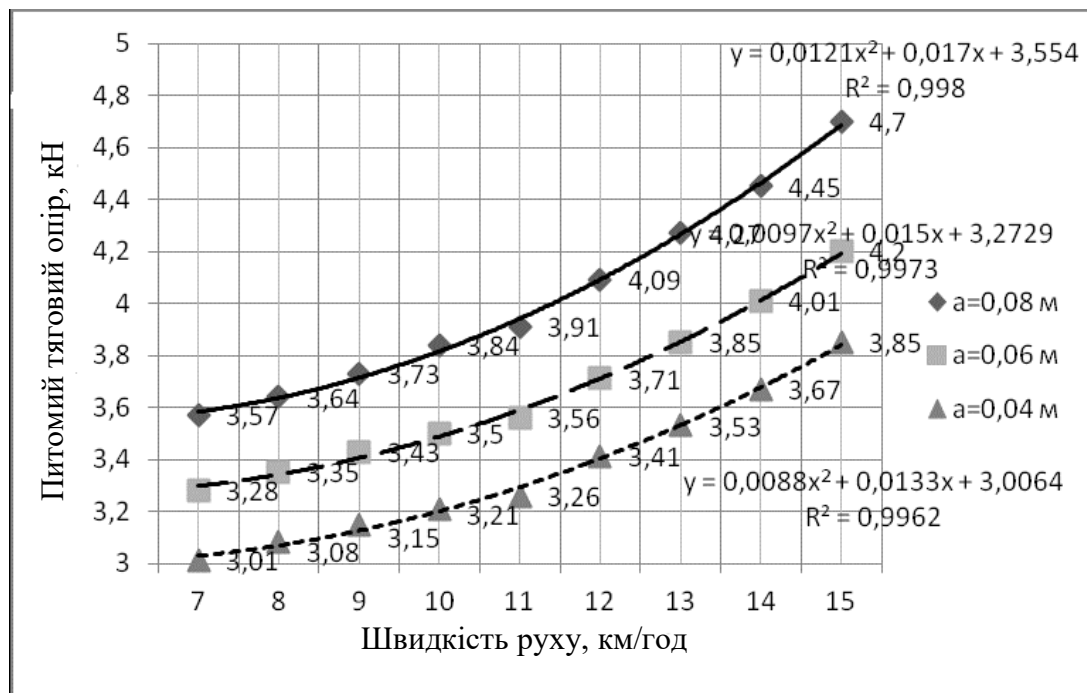


Рисунок 3.2 – Залежність питомого тягового опору розробленого комбінованого агрегату від швидкості руху та глибини посіву

Як показує аналіз отриманих даних (рис. 3.2), підвищення швидкості руху агрегату та глибини посіву супроводжується збільшенням питомого тягового опору. Для глибини посіву 0,06 м швидкість руху не перевищує рекомендованих 11 км/год, а питомий тяговий опір становить до 3,55 кН/м.

3.3 Результати польових випробувань створеного комбінованого агрегату

3.3.1 Визначення питомого тягового опору

Дослідження проводилися у встановлені для даного регіону строки посіву зернових культур на ділянці 20 га. Ґрунт у шарі 5–10 см характеризувався вологістю 20,3 % та твердою мірою 0,52 МПа. Випробувальна ділянка була прямокутною (500×400 м), з рівним рельєфом і ухилом до 4°

Внаслідок проведених експериментів встановлено, що на стерньовому фоні питомий тяговий опір дослідного комбінованого агрегату становив 3,44 кН/м проти 3,96 кН/м у сівалки УПС, а на паровому фоні — 3,19 кН/м проти 3,64 кН/м відповідно. Це свідчить про зниження питомого тягового опору на 10,5 % та 5,3 % відповідно при використанні розробленого агрегату.

На рисунку 3.3 проілюстровані результати сходів насіння пшениці. Ліва частина поля (рис. 3.3а) засіяна експериментальним комбінованим агрегатом, а права — сівалкою ЗСП.

На рисунку 3.3б детальніше показані результати посіву експериментальним (дослідним) агрегатом. Результати порівняння наведені у таблиці 3.3 та рис. 3.4.



а)



б)

Рисунок 3.3 - Результати випробувань комбінованого агрегата для підготовки ґрунту та посіву зернових культур

Таблиця 3.3

Технічні та експлуатаційні характеристики комбінованого агрегату

Призначення	Посів зернових з одночасним внесенням добрив і прикочуванням	Мінімальна та традиційна технологія
Норма висіву насіння, кг/га	231	–
Норма внесення добрив, кг/га	71	–
Глибина загортання насіння, мм	55	Середнє значення
Середнє квадратичне відхилення, мм	11,3	–
Висота гребенів після проходу агрегату, мм	15	–
Ширина міжрядь, мм	100	Основна
Продуктивність, га/год	4	Основного часу
Спосіб агрегування	Причіпний	Трактор класу 1,4 (МТЗ-82)
Регулювання глибини обробітку	Прикочувальні колеса	–
Регулювання норми висіву	Ланцюговий редуктор	–
Час підготовки до роботи, год	0,05	–
Надійність	Добра	–
Зручність управління	Зручно	–
Безпека виконання робіт	Забезпечена	–
Рівномірність розподілу насіння	Забезпечується	–

Уплотнення ґрунту	Відповідно до агротехнічних вимог	–
Тяговий опір, кН (стерньовий фон)	12,5	Експериментальний агрегат
Тяговий опір сівалки СЗП, кН (стерньовий фон)	13,9	–
Питомий тяговий опір, кН/м (стерньовий фон)	3,44	Агрегат
Питомий тяговий опір сівалки СЗП, кН/м	3,96	–
Тяговий опір, кН (паровий фон)	11,9	Агрегат
Тяговий опір сівалки СЗП, кН (паровий фон)	13,1	–
Питомий тяговий опір, кН/м (паровий фон)	3,19	Агрегат
Питомий тяговий опір сівалки СЗП, кН/м	3,64	–
Конструкція агрегату	Односекційна рама, бункери для насіння та добрив, 42 робочих органи, прикочувальні та опорно-привідні колеса, гідравліка, дозуючі та розподільчі механізми, ковшовий елеватор	–
Габарити, мм (Д×Ш×В)	4200×4500×2500	–
Робоча ширина захоплення, м	4,2	–
Глибина обробітку, мм	55	–
Маса конструкційна, кг	2450	–
Робоча швидкість, км/год	11	–
Витрата палива, л/га	4	–
Бункер для насіння, л	1000	–
Бункер для добрив, л	500	–



Рисунок 3.4 - Результати оцінки глибини загорання насіння

3.3.2 Оцінка рівномірності розподілу насіння по площі посіву та ширини засівної смуги

За результатами аналізу даних таблиці та полігону розподілу встановлено, що частка незасіяних ділянок при роботі експериментального комбінованого агрегату становила 2,25 %, тоді як у сівалки СЗП — 6,5 %. Кількість ділянок із одним або двома насінинами у експериментального агрегату дорівнювала 84 %, тоді як у сівалки СЗП - 68,25 %.

Коефіцієнт варіації, що характеризує нерівномірність розподілу насіння, становив 58,95 % для експериментального агрегату та 84,4 % для сівалки СЗП. Відповідно, рівномірність розподілу насіння по площі посіву становила 41,05 % у комбінованого агрегату та лише 15,6 % у сівалки СЗП

Отже, результати свідчать про ефективність використання дослідного агрегату, який забезпечує значно вищу рівномірність розподілу насіння та якість посіву порівняно із серійною сівалкою СЗП.

Таблиця 3.4

Результати визначення рівномірності розподілу насіння

Кількість насінин на ділянці, шт.	Відсоток ділянок, %	
	Експериментальний комбінований агрегат	Сівалка УПС
0	2,25	6,50
1	53,25	45,50
2	30,75	22,75
3	8,50	13,00
4	5,25	8,75
5	0	3,50

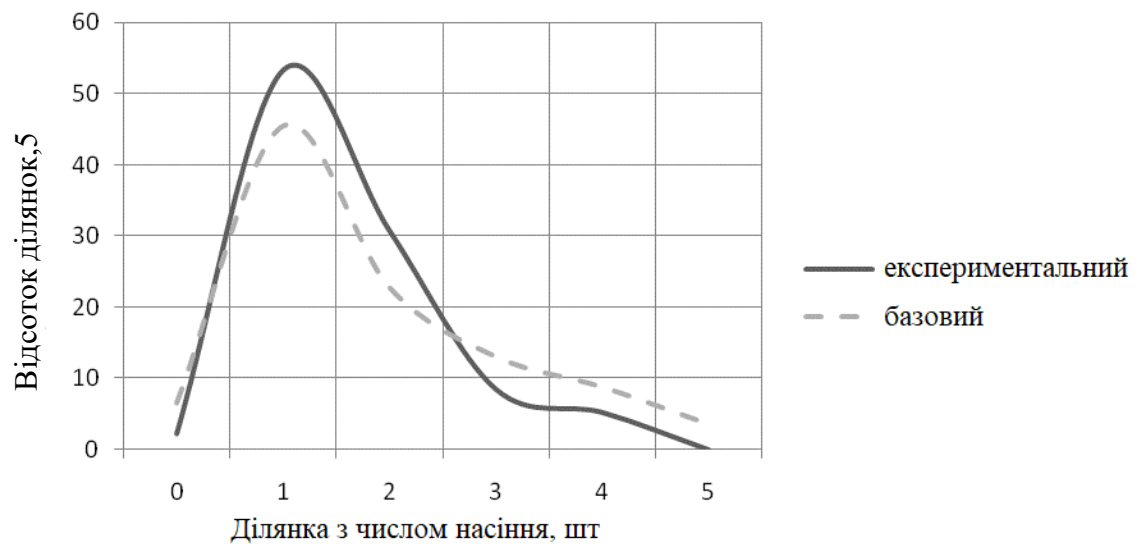


Рисунок 3.5 - Результати оцінки нерівномірності розподілу насіння по площі посіву

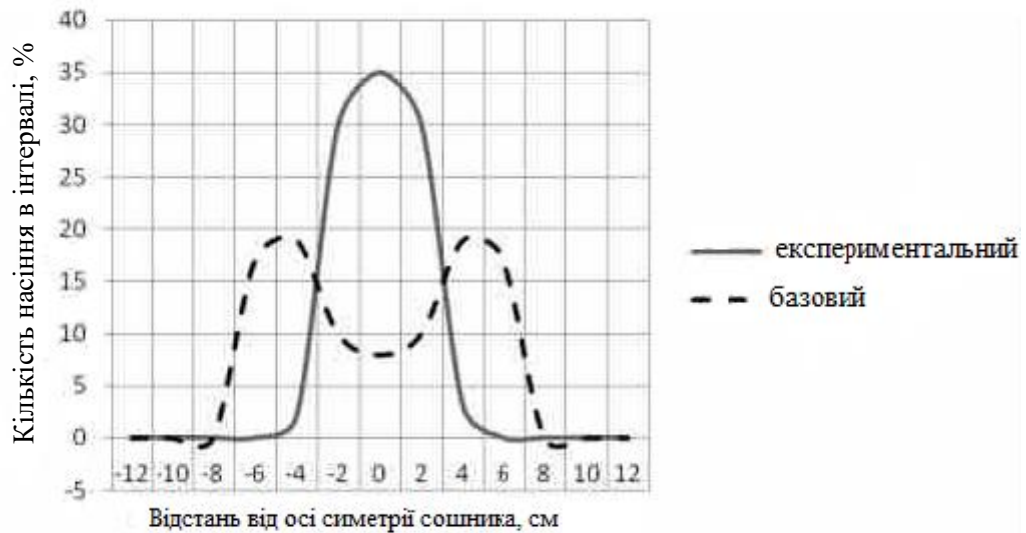


Рисунок 3.6 - Результати оцінки розподілу насіння по ширині засівної смуги

Аналіз результатів експерименту дозволяє зробити висновок, що висівний апарат експериментального комбінованого агрегату забезпечує більш рівномірний розподіл насіння по ширині засівної смуги порівняно з сівалкою СЗП.

3.3.3 Оцінка врожайності

За відомою методикою оцінки врожайності проведено порівняльні польові дослідження експериментального комбінованого агрегату та сівалки СЗП. Результати порівняння наведені в таблиці 3.5.

На основі структурного аналізу урожаю зроблено висновок, що середнє значення куцистості та маса 1000 насінин у рослин, посіяних експериментальним комбінованим агрегатом, значно перевищує показники сівалки СЗП. При цьому визначено, що збереження стерні при використанні сівалки СЗП становило 78,8 %, а експериментального комбінованого агрегату – 85,4 %.

Результати структурного аналізу врожаю

Показник	Сівалка СЗП	Експериментальний комбінований агрегат
Кількість рослин на 1 м ² , шт.	329	372
Кількість продуктивних рослин, шт.	302	347
Висота рослин, см	40,3	43,9
Довжина колоса, см	4,4	5,1
Кількість зерен у колосі, шт.	14,1	15,5
Маса 1000 зерен, г	42,2	44,1
Маса зерна з 100 рослин, г	59,8	64,8
Біологічна урожайність, ц/га	39,6	43,8

Використання розробленого комбінованого агрегату забезпечує зменшення витрат енергоресурсів завдяки поєднанню операцій підготовки ґрунту, обробітку, посіву та прикочування в одній машині, при цьому витрата дизельного пального на повний цикл посівних робіт не перевищує 4 л/га. Скорочується тривалість посівних робіт за рахунок безперервності процесу, без необхідності перерв між підготовкою ґрунту та посівом. Забезпечується закладка насіння на оптимальну глибину, що відповідає точці роси, із збереженням капілярної структури ґрунту та природного надходження вологи. Агрегат оснащено надійними сучасними підшипниками із зменшеною на половину кількістю порівняно з аналогічними конструкціями. Для роботи використовується малопотужний трактор типу «МТЗ-82», а універсальність агрегату дозволяє виконувати функції культиватора та дискатора. Крім того, конструкція передбачає застосування широкого спектра типових вітчизняних вузлів і механізмів промислового виробництва.

Висновки

1. Проведена програма лабораторно-польових досліджень комбінованого агрегату дозволила оцінити вплив основних конструктивних параметрів агрегату на кількісні та якісні показники посіву та визначити їх оптимальні значення.

2. Методика проведення експериментів була розроблена на основі загальноприйнятих підходів до оцінки ефективності технологічних процесів підготовки ґрунту та посіву зернових культур

3. Результати структурного аналізу урожаю свідчать, що рослини, посіяні дослідним комбінованим агрегатом, мають значно вищу кущистість і масу 1000 насінин у порівнянні із сівалкою СЗП.

4. Збереження стерні при використанні експериментального комбінованого агрегату становить 85,4 %, тоді як при застосуванні сівалки СЗП — 78,8 %.

5. Проведені польові та лабораторні дослідження дозволили визначити переваги розробленої конструкції комбінованого агрегату, включаючи підвищення якості посіву, ефективність використання технологічного обладнання та покращене збереження стерні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

Перед початком роботи з експериментальним комбінованим агрегатом працівник повинен одягнути спеціальний одяг, рукавички, захисні окуляри, каску та спеціальне взуття з антиковзною підошвою. Одяг не повинен заважати рухам і потрапляти у рухомі частини агрегату. Перед виїздом у поле оператор повинен ознайомитися з інструкцією з експлуатації агрегату, пройти інструктаж з охорони праці та отримати дозвіл на роботу. Необхідно переконатися, що на робочому полі відсутні сторонні особи та встановлені попереджувальні знаки або обмежувальні стрічки для забезпечення безпеки.

Перед виходом у поле слід перевірити комплектність агрегату та справність усіх робочих органів, зокрема ковшового елеватора, висівного апарату, дискових ножів, прикочувальних та опорно-приводних коліс. Всі кріплення повинні бути затягнуті, а рама та бункери не мати тріщин або деформацій. Далі необхідно відрегулювати робочі органи: встановити глибину обробітку ґрунту прикочувальними колесами та норму висіву насіння і добрив за допомогою варіатора і ланцюгового редуктора. Особливу увагу слід приділити натягу ланцюгів ковшового елеватора та правильності розташування робочих органів на рамі, використовуючи розміткові рейки. Після підключення агрегату до трактора необхідно провести обкатку на тестовій ділянці та переконатися у відсутності перекосів рами, люфтів у колесах та робочих органах.

Під час роботи у полі оператор повинен перебувати лише в кабіні трактора, оскільки підходити до рухомих механізмів заборонено. Регулювання та ремонт агрегату проводяться лише на зупиненому обладнанні, а залишати трактор без нагляду заборонено. Необхідно контролювати глибину посіву, яка повинна становити близько 0,06 м, та швидкість руху агрегату, яка не повинна перевищувати 11 км/год. Також слід регулярно перевіряти положення робочих органів та їх роботу, щоб уникнути порушень технологічного процесу.

Після завершення роботи агрегат необхідно очистити від насіння, добрив та ґрунту, перевірити і змастити підшипники всіх робочих органів, а також переконатися у правильності натягу ланцюгів і стані шестерень. Планові обслуговування агрегату включають заміну зношених деталей, змащення рухомих вузлів та контроль за натягом ланцюгових передач.

Допуск до роботи на агрегаті мають лише підготовлені працівники, які пройшли інструктаж та навчання. Під час роботи слід уникати нахилів і ухилів поля понад 4° та працювати лише за сприятливих погодних умов, без сильного дощу або вітру. Під час підйому агрегату у транспортне положення слід користуватися гідросистемою трактора, а під час заміни робочих органів – знімати навантаження з механізмів і встановлювати агрегат на опорні стійки.

Дотримання цих заходів безпеки дозволяє зменшити ризик травмування та аварійних ситуацій, забезпечити стабільну та безперервну роботу агрегату, підвищити ефективність технологічного процесу та продовжити термін служби всіх механізмів.

Підготовка до роботи. Перед початком роботи оператор перевіряє особисті засоби захисту: спецодяг, рукавички, каску, захисні окуляри та взуття з антиковзною підошвою. Далі перевіряється наявність інструкції з експлуатації та проходиться інструктаж з охорони праці. Поле, на якому планується робота, оглядається на предмет сторонніх осіб, тварин та перешкод, встановлюються попереджувальні знаки та обмежувальні стрічки.

Перевірка агрегату перед виходом у поле. Перевіряється комплектність агрегату: рама, бункери, ковшовий елеватор, дискові ножі, висівний апарат, прикочувальні та опорно-приводні колеса. Оцінюється стан кріплень та деталей: відсутність тріщин, деформацій, перекосів рами. Натягуються ланцюги ковшового елеватора та перевіряється правильність розташування шестерень і робочих органів.

Регулювання робочих органів. Встановлюється глибина обробітку ґрунту прикочувальними колесами. Встановлюється норма висіву насіння і

добрив за допомогою ланцюгового редуктора і варіатора. Робочі органи розміщуються по розміткових лініях для дотримання заданої ширини міжрядь.

Підключення агрегату до трактора та обкатка. Агрегат приєднується до трактора відповідно до прицепного способу агрегування. Виконується обкатка на тестовій ділянці для перевірки роботи всіх вузлів: ковшового елеватора, висівного апарату, прикочувальних та опорно-приводних коліс. Переконається у відсутності перекосів рами, люфтів у колесах та робочих органах.

Робота в полі. Оператор перебуває тільки в кабіні трактора; підхід до рухомих вузлів заборонено. Під час роботи контролюється глибина посіву (близько 0,06 м) та швидкість руху агрегату (не більше 11 км/год). Регулярно перевіряється правильність роботи робочих органів та рівномірність висіву насіння.

Обслуговування агрегату під час роботи. При необхідності зупиняється агрегат для очищення робочих органів від сміття або залишків ґрунту. Змащуються підшипники ковшового елеватора та інших механізмів. Перевіряється натяг ланцюгів і положення шестерень.

Завершення роботи та консервація агрегату. Агрегат очищується від насіння, добрив та ґрунту. Виконується перевірка стану всіх вузлів, змащуються підшипники, регулюються натяги ланцюгів. Агрегат встановлюється на опорні стійки та переводиться у транспортне або консерваційне положення за допомогою гідросистеми трактора. Планові обслуговування включають заміну зношених деталей, контроль за амортизацією та технічний огляд усіх механізмів.

Обмеження та безпека роботи. Допуск до роботи на агрегаті мають лише підготовлені працівники, які пройшли інструктаж. Заборонено працювати на полі з ухилом понад 4° або за несприятливих погодних умов (дощ, сильний вітер). Заборонено виконувати регулювання або ремонт агрегату на ходу; всі роботи проводяться на зупиненому агрегаті.

Дотримання цієї покрокової інструкції забезпечує безпеку працівника, знижує ризик травм та аварій, сприяє продовженню терміну служби агрегату та підвищенню ефективності технологічного процесу.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

В якості базового варіанту для порівняння обрані: серійний культиватор КПС-4 у поєднанні із зерновою сівалкою УПС.

Джерела отримання ефекту від застосування розробленого комбінованого агрегату полягають у наступному:

- зменшення кількості механізмів та техніки, задіяних на посіві, за рахунок виключення передпосівної культивації як окремої технологічної операції;
- зниження витрат палива під час проведення посівних робіт;
- підвищення урожайності завдяки поліпшенню якості посіву зернових культур.

Вихідні дані для розрахунку

Показник	Базовий варіант (КПС-4 + СЗП)	Експериментальний агрегат
Площа посіву	20 га	20 га
Кількість машин	2 (КПС-4 + СЗП)	1
Витрати пального	6,1 + 5,3 = 11,4 тис. грн	3,4 тис. грн
Балансова вартість машини	455 + 684 = 1139 тис. грн	623,2 тис. грн
Обслуговуючий персонал	2	1
Зарплата за годину	0,7 тис. грн	0,7 тис. грн
Норма амортизації	20%	20%
Норма ТО	10%	10%
Урожайність	28 ц/га	36,6 ц/га
Ціна пшениці	886,9 грн/ц	886,9 грн/ц
Коефіцієнт витрат на збір/транспортування	0,8	0,8

Прямі виробничі витрати (Зпр)

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{зарп}} + Z_{\text{амортиз.}} + Z_{\text{ТО}}$$

Зарплата персоналу:

$$\text{Базовий варіант: } 2 \cdot 13 \cdot 0,7 = 18,2 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Експериментальний: } 1 \cdot 13 \cdot 0,7 = 9,1 \text{ тис. грн}$$

Амортизація та капремонт:

$$\text{Базовий: } 1139 \cdot 0,2 = 227,8 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Експериментальний: } 623,2 \cdot 0,2 = 124,64 \text{ тис. грн}$$

ТО і поточний ремонт:

$$\text{Базовий: } 1139 \cdot 0,1 = 113,9 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Експериментальний: } 623,2 \cdot 0,1 = 62,32 \text{ тис. грн}$$

Разом прямі витрати:

$$\text{Базовий: } 18,2 + 227,8 + 113,9 = 359,9 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Експериментальний: } 9,1 + 124,64 + 62,32 = 196,06 \text{ тис. грн}$$

Економія пального (Етопл):

$$\text{Епал} = 3 \text{пал. баз} - 3 \text{пал. експ}$$

$$\text{Епал} = 11,4 - 3,4 = 8 \text{ тис. грн}$$

Економічний ефект від приросту врожайності (Евр):

$$\text{Евр} = S \cdot \Delta Y \cdot Ц \cdot K \cdot n_{\text{машин}}$$

$$S = 20 \text{ га}$$

$$\Delta Y = 36,6 - 28 = 8,6 \text{ ц/га}$$

$$Ц = 886,9 \text{ грн/ц}$$

$$K = 0,8 \text{ (витрати на збір, транспорт)}$$

$$n_{\text{машин}} = 1$$

$$\text{Евр} \approx 122,6 \text{ тис. грн}$$

Загальний економічний ефект (Е)

$$E = (359,9 - 196,06) + 8 + 122,6 = 294,44 \text{ тис. грн}$$

Срок окупності:

$$\text{Токуп} = \frac{623,2}{294,4} \approx 2,12 \text{ року}$$

Результати розрахунків

Показник	Базовий варіант (КПС-4 + СЗП)	Експериментальний агрегат
Кількість машин, шт.	2	1
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	2	1
Часова оплата, тис. грн	0,7	0,7
Балансова вартість, тис. грн	1139	623,2
Маса машини, кг	3680	2460
Норма амортизації, %	20	20
Норма ТО, %	10	10
Витрати пального на 20 га, тис. грн	11,4	3,4
Прямі виробничі витрати, тис. грн	359,9	196,06
Економія пального, тис. грн	-	8
Приріст урожайності, ц/га	0	8,6
Економічний ефект від приросту урожайності, тис. грн	-	122,6
Загальний економічний ефект, тис. грн	-	294,44
Срок окупності, рік	-	2,12

Висновки

1. Використання експериментального комбінованого агрегату дозволяє одночасно виконувати операції підготовки ґрунту, посіву та прикочування, скорочуючи витрати часу та ресурсів.
2. Агрегат забезпечує економію пального та зменшення задіяної техніки і персоналу.
3. Приріст урожайності пшениці на дослідних ділянках становить 8,6 ц/га, що підвищує економічну ефективність.
4. Загальний економічний ефект становить приблизно 294 тис. грн, а термін окупності — близько 2 років, що підтверджує доцільність впровадження агрегату в господарстві.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструктивно-технологічну схему комбінованого агрегату, призначеного для передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур. Агрегат забезпечує одночасне виконання трьох технологічних операцій — підготовку ґрунту, посів насіння та прикочування поверхні поля — в одному проході, що дозволяє значно скоротити витрати часу, паливо та залучені ресурси, підвищуючи продуктивність виробничого процесу.

2. Теоретично обґрунтовано підбір типових робочих органів і механізмів агрегату, зокрема ковшового елеватора та дискового ножа, на основі їх технічних характеристик, експлуатаційних властивостей та ефективності роботи на різних типах ґрунтів. Отримані параметри забезпечують стабільну подачу посівного матеріалу та рівномірну роботу агрегату при різній вологості та структурі ґрунту.

3. Розроблено оригінальну конструкцію комбінованого агрегату, яка включає раму, робочі органи для підготовки ґрунту, механізм висіву та прикочування, що дозволяє ефективно поєднати тяговий та приводний вплив на ґрунт, забезпечуючи стабільність робочого ходу та рівномірність виконання операцій.

4. Проведено програму лабораторно-польових досліджень агрегату, що дозволила оцінити вплив основних конструктивних параметрів на кількісні та якісні показники посіву та обробітку ґрунту, визначити оптимальні параметри роботи ковшового елеватора та дискового ножа, а також підтвердити ефективність обраної конструкції.

5. Аналіз структурних показників урожаю показав, що використання експериментального комбінованого агрегату забезпечує підвищення кущистості рослин, маси 1000 насінин та кращу якість росту, а також покращене збереження стерні (85,4 % проти 78,8 % при застосуванні стандартної сівалки УПС), що свідчить про підвищення агротехнічної ефективності.

6. Результати експлуатаційних випробувань продемонстрували, що агрегат забезпечує оптимальну робочу швидкість $3,0 \pm 0,2$ м/с, продуктивність 1,87 га/год та питомі витрати пального 8,5 кг/га. Це дозволяє досягти високої ефективності роботи за одночасного збереження енергетичних та трудових ресурсів.

7. Використання експериментального комбінованого агрегату дозволяє економити паливо, скоротити кількість задіяної техніки та персоналу, підвищуючи продуктивність та якість технологічних операцій, що підтверджує його економічну та енергетичну ефективність.

8. Приріст урожайності пшениці на дослідних ділянках становить 8,6 ц/га, що забезпечує збільшення економічного ефекту застосування агрегату. Загальний економічний ефект становить близько 294 тис. грн, а термін окупності — приблизно 2 роки, що підтверджує доцільність впровадження агрегату в виробничий процес господарства.

9. Запропонований комбінований агрегат може бути ефективно використаний у сучасних технологіях органічного та біологізованого землеробства, забезпечуючи підвищення продуктивності, економії ресурсів, поліпшення якості обробітку ґрунту та рівномірності посіву, що робить його перспективним рішенням для впровадження в сільськогосподарські підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А. О. Основи землеробства та рослинництва. – К.: Урожай, 2012. – 368 с.
2. Годований А. В., Мартинюк І. О. Сучасні технології вирощування зернових культур. – Вінниця: Нова Книга, 2016. – 284 с.
3. Гіренко І. М., Павленко С. В. Технологія *no-till* в умовах України. – Харків: ХНАУ, 2015. – 214 с.
4. Доспєхов Б. А. Методика польового дослідження. – К.: Агроосвіта, 2011. – 352 с.
5. Литвиненко М. А., Рижук С. М. Системи землеробства та охорона ґрунтів. – Житомир: Полісся, 2013. – 412 с.
6. Трибель С. О., Кириленко В. В. Енергозберігаючі технології обробітку ґрунту та сівби. – К.: Аграрна освіта, 2017. – 276 с.
7. Фурса М. М., Каленська С. М. Біологічні основи рослинництва. – Київ: НАУ, 2010. – 344 с.
8. Хлисту́н О. В. Впровадження технології прямого посіву у фермерських господарствах України // Вісник аграрної науки. – 2019. – №7. – С. 25–31.
9. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. – Int. Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2010. – Vol. 3(1). – P. 1–25.
10. Hobbs P.R., Sayre K., Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. – Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2008. – Vol. 363. – P. 543–555.
11. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Global spread of Conservation Agriculture. – International Journal of Environmental Studies, 2019. – Vol. 76(1). – P. 29–51.
12. Lal R. Soil degradation by erosion. – Land Degradation & Development, 2001. – Vol. 12(6). – P. 519–539.

13. Mikoš M., Petek M., Rusjan S. Energy consumption and CO₂ emissions related to soil tillage: field experiments in Slovenia. – *Soil & Tillage Research*, 2013. – Vol. 134. – P. 56–62.
14. Morris N.L., Miller P.C.H., Orson J.H., Froud-Williams R.J. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact. – *Soil & Tillage Research*, 2010. – Vol. 110(2). – P. 97–107.
15. Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2007. – Vol. 363. – P. 789–813.
16. Triplett G.B., Dick W.A. No-tillage crop production: a revolution in agriculture! – *Agronomy Journal*, 2008. – Vol. 100. – P. 153–165.
17. Van Doren D.M., Allmaras R.R. Effect of residue management practices on the soil environment. – *Soil Science Society of America Journal*, 1978. – Vol. 42. – P. 777–782.
18. Вишневецький О. П., Сидоренко І. В. Сівалки прямого висіву та їх конструктивні особливості. – Київ: Аграрна техніка, 2019. – 144 с.
19. Петров С. В., Климчук А. Пневматичні сівалки: конструкція та технологія. – Харків: Техніка, 2016. – 98 с.
58–60. Іваненко П. О., Гуменюк І. М. Технологічні процеси роботи сівалок прямого посіву. – Львів: Світ, 2017. – С. 45–78.
20. Журавель В. І. Дозуючі вузли сівалок точного висіву. – Київ: Аграрна освіта, 2018. – 112 с.
21. Литвиненко П. С. Дозуючі апарати сівалок: огляд моделей різних виробників. – Харків: Техніка, 2017. – 120 с.
22. Сидоренко І. В., Вишневецький О. П. Пневматичні сівалки у технологіях No-Till. – Київ: Аграрна освіта, 2019. – 104 с.
23. Бондаренко С. В., Іваненко П. О. Технології прямого висіву зернових культур. – Київ: Аграрна освіта, 2018. – 256 с.
24. Гуменюк І. М. Ресурсозберігаючі технології у землеробстві. – Львів: Світ, 2017. – 212 с.

- 25.Дорошенко А. І., Петров О. В. Основи механізації сільського господарства. – Харків: Техніка, 2016. – 198 с.
- 26.Жуков С. М. Сівба зернових культур: методи та техніка. – Київ: Аграрний університет, 2019. – 184 с.
- 27.Ковальчук В. П. Мульчування міжрядь багаторічних насаджень. – Одеса: Еко-Агра, 2018. – 160 с.
- 28.Литвиненко П. С. Автоматизація процесів посіву. – Львів: Світ, 2017. – 140 с.