МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Ярошовець Дмитро Сергійович

УДК УДК 631.51:633.13:631.3.02

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування комплексу машин для вирощування вівса з модернізацією ґрунтообробного агрегату

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Ярошовець Д.С.

Керівник роботи
Міненко С.В.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Ярошовець Дмитро Сергійович. Обґрунтування комплексу машин для вирощування вівса з модернізацією ґрунтообробного агрегату. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання обґрунтування комплексу машин для вирощування вівса з модернізацією ґрунтообробного агрегату. Проаналізовано сучасний стан виробництва вівса, динаміку посівних площ, особливості технологій вирощування культури та рівень механізації основних виробничих процесів. Встановлено, що підвищення ефективності вирощування вівса значною мірою залежить від своєчасного і якісного виконання технологічних операцій, раціонального підбору машинно-тракторних агрегатів та зменшення енергетичних витрат. У роботі розроблено технологію вирощування вівса в умовах Лісостепу Житомирської області з використанням сучасної техніки, БПЛА зі штучним інтелектом для моніторингу посівів та агродрона для обприскування. Складено технологічну карту вирощування культури на площі 100 га та графік завантаження техніки протягом виробничого сезону. Особливу увагу приділено модернізації ґрунтообробного агрегату, що дає змогу підвищити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити тяговий опір і поліпшити умови для проростання насіння. Запропоновані технічні та технологічні рішення спрямовані на підвищення продуктивності праці, економію пального, зменшення ущільнення ґрунту та покращення екологічної безпеки виробництва. Результати роботи можуть бути використані в аграрних підприємствах для вдосконалення механізованої технології вирощування вівса та підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку.

Ключові слова: овес, технологія вирощування, машинно-тракторний агрегат, ґрунтообробний агрегат, механізація, агродрон.

ANNOTATION

Dmytro Serhiyovych Yaroshovets. Justification for a set of machines for growing oats, including the modernisation of the tillage unit. *– Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the justification for a set of machinery for oat cultivation, including the modernisation of the soil-tilling unit. The current state of oat production, trends in sown areas, the specific features of cultivation technologies and the level of mechanisation of key production processes are analysed. It has been established that improving the efficiency of oat cultivation depends to a large extent on the timely and high-quality execution of technological operations, the rational selection of machinery and tractor units, and the reduction of energy consumption. The study developed a technology for growing oats in the forest-steppe conditions of the Zhytomyr region, utilising modern machinery, UAVs equipped with artificial intelligence for crop monitoring, and agricultural drones for spraying. A technological chart for growing the crop over an area of 100 ha and a schedule for utilising machinery throughout the growing season have been drawn up. Particular attention has been paid to the modernisation of the tillage unit, which makes it possible to improve the quality of pre-sowing soil preparation, reduce traction resistance and enhance conditions for seed germination. The proposed technical and technological solutions are aimed at increasing labour productivity, saving fuel, reducing soil compaction and improving the environmental safety of production. The results of this work can be utilised by agricultural enterprises to improve mechanised oat cultivation techniques and enhance the efficiency of the machine and tractor fleet.

Keywords: oats, cultivation technology, machine-tractor unit, tillage unit, mechanisation, agricultural drone.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА…..9
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ……..……..16
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА……..…….28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...…45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...…….…….47

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Овес є однією з важливих зернових культур універсального використання, яка має значення для продовольчого, кормового та агротехнічного напрямів сільськогосподарського виробництва. Його зерно використовується для виготовлення круп, борошна, пластівців, дієтичних і функціональних харчових продуктів, а також є цінним концентрованим кормом для тварин. Крім того, овес має важливе агротехнічне значення, оскільки може вирощуватися у сівозмінах як культура, що порівняно добре адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов, сприяє поліпшенню фітосанітарного стану поля та ефективно використовує весняні запаси вологи.

В умовах сучасного аграрного виробництва підвищення ефективності вирощування вівса потребує впровадження раціональних технологій, сучасних машинно-тракторних агрегатів, цифрових систем контролю та ресурсозберігаючих прийомів обробітку ґрунту. Особливо актуальним це питання є для зони Лісостепу Житомирської області, де врожайність зернових культур значною мірою залежить від якості основного і передпосівного обробітку ґрунту, своєчасності сівби, ефективного захисту посівів, оптимального використання техніки та дотримання агротехнічних строків виконання польових робіт.

Однією з основних проблем вирощування вівса є забезпечення якісної підготовки ґрунту до сівби. Насіння вівса потребує добре вирівняного, достатньо ущільненого та дрібногрудочкуватого посівного шару, який забезпечує рівномірне загортання насіння, дружні сходи та стабільний розвиток рослин на початкових етапах вегетації. Недостатня якість ґрунтообробних операцій призводить до нерівномірної глибини сівби, втрати вологи, погіршення польової схожості насіння, збільшення забур’яненості та зниження врожайності. Тому модернізація ґрунтообробного агрегату є важливим напрямом удосконалення технології вирощування вівса.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності механізованих процесів, зменшення витрат пального, скорочення кількості проходів техніки по полю, зниження ущільнення ґрунту та підвищення якості передпосівного обробітку. Використання сучасного комплексу машин дає змогу забезпечити своєчасне виконання технологічних операцій, підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку та зменшити собівартість виробництва зерна. Водночас застосування БПЛА зі штучним інтелектом для моніторингу посівів і агродронів для обприскування відкриває нові можливості для точного землеробства, оперативного виявлення проблемних зон поля та диференційованого виконання технологічних заходів.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування комплексу машин для вирощування вівса в умовах Лісостепу Житомирської області та розробка технічних рішень щодо модернізації ґрунтообробного агрегату з метою підвищення якості обробітку ґрунту, зменшення енергетичних витрат і покращення умов формування врожаю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**: проаналізувати існуючі технології вирощування вівса в Україні та світі; оцінити рівень механізації основних технологічних процесів; визначити можливості застосування роботизованих систем, БПЛА та штучного інтелекту для моніторингу і догляду за посівами; розробити технологію вирощування вівса на площі 100 га для умов Лісостепу Житомирської області; підібрати сучасний комплекс машин для виконання технологічних операцій; скласти технологічну карту та графік завантаження техніки; обґрунтувати конструктивне вдосконалення ґрунтообробного агрегату; оцінити очікуваний техніко-технологічний ефект від запропонованих рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування вівса в умовах механізованого аграрного виробництва.

Предметом дослідження є комплекс машин для вирощування вівса та конструктивно-технологічні параметри модернізованого ґрунтообробного агрегату.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С.В., Пеценко А.В., Степовий А.В., **Ярошовець Д.С.** Інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва в Україні. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/minenko_26.pdf (дата звернення: 11.06.2020).

2. Дерев'янко Д.А., **Ярошовець Д.С**., Рябчук П.О., Сорока Б.А. Вплив концентрованих кормів на ефективність виробництва продукції тваринництва. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 191-193.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих технологічних і конструктивних рішень в аграрних підприємствах для підвищення ефективності вирощування вівса, раціонального використання техніки, зменшення витрат ресурсів і підвищення якості польових робіт.

Таким чином, обґрунтування сучасного комплексу машин та модернізація ґрунтообробного агрегату є важливими складовими удосконалення технології вирощування вівса. Поєднання традиційних агротехнічних вимог із сучасними засобами механізації, цифрового моніторингу та точного землеробства дає змогу підвищити стабільність виробництва, забезпечити ефективне використання виробничих ресурсів і створити передумови для отримання високого та якісного врожаю.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 24

найменувань. Загальний обсяг роботи становить 51 сторінка комп’ютерного тексту, містить 15 рисунків,16 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА

1.1. Господарське значення та агробіологічні передумови вирощування вівса

Овес є важливою зернофуражною, продовольчою та сидеральною культурою, яка добре пристосована до умов помірного клімату і може стабільно формувати врожай на ґрунтах з помірною родючістю. У структурі зернових культур України він займає меншу площу, ніж пшениця, кукурудза чи ячмінь, проте зберігає значення для кормовиробництва, виробництва круп, пластівців, дієтичних продуктів, а також для поліпшення фітосанітарного стану сівозмін. Для господарств Полісся і Лісостепу овес є цінним тим, що порівняно краще переносить підвищену кислотність ґрунту, потребує менших витрат на інтенсивний хімічний захист і забезпечує раннє звільнення поля.

Технологія вирощування вівса має спиратися на своєчасний обробіток ґрунту, якісну передпосівну підготовку, ранні строки сівби, рівномірне загортання насіння, раціональне внесення добрив і збереження вологи у посівному шарі. Культура чутлива до ущільнення ґрунту, тому важливим є правильний підбір ґрунтообробного агрегату. Недостатнє подрібнення грудок, нерівна поверхня поля та неоднакова глибина передпосівного обробітку призводять до нерівномірних сходів і втрат потенційної врожайності. Саме тому модернізація ґрунтообробного агрегату є логічним напрямом підвищення ефективності технології.

1.2. Динаміка посівних площ вівса в Україні та світі

Аналіз статистики показує, що площі під вівсом в Україні мають спадну, але не лінійну динаміку. За даними відкритого набору Державної служби статистики України, у 2015 році овес займав 213 тис. га, а у 2024 році - 174 тис. га. Найнижче значення за розглянутий період зафіксовано у 2022 році - 154 тис. га. У 2023-2024 роках спостерігається часткове відновлення площ, що може

пояснюватися потребою господарств у менш затратних зернофуражних культурах, адаптацією сівозмін і зміною структури попиту на корми.

Таблиця 1.1 – Динаміка посівних площ вівса в Україні та орієнтовної зібраної площі у світі

Рік	Україна, тис. га	Світ, млн га	Частка України, %
2015	213	9.64	2.21
2016	209	9.83	2.13
2017	198	9.77	2.03
2018	197	9.39	2.10
2019	183	9.29	1.97
2020	200	9.55	2.09
2021	178	9.73	1.83
2022	154	9.04	1.70
2023	165	8.83	1.87
2024	174	8.70	2.00

Примітка. Для України наведено посівні площі у господарствах усіх категорій за офіційним набором Держстату; для світу наведено узагальнену зібрану площу за міжнародною статистикою FAOSTAT/USDA, тому показники України і світу доцільно порівнювати як індикатори тенденції, а не як повністю ідентичні статистичні категорії.

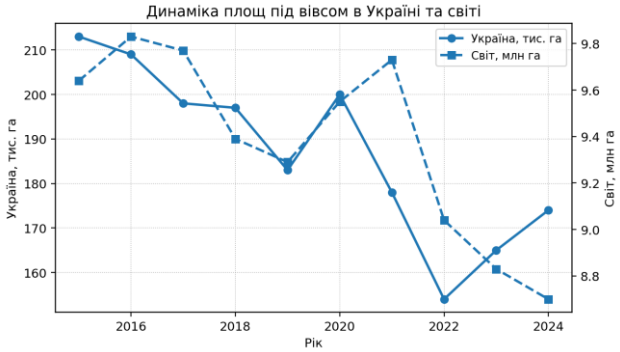


Рис. 1.1. Динаміка площ під вівсом в Україні та світі.

Світова тенденція також характеризується поступовим скороченням площ під вівсом. Основними причинами є конкуренція з високорентабельними культурами, зміна структури кормової бази, зростання врожайності на кращих площах і концентрація виробництва у країнах із більш стабільним попитом. Водночас попит на харчовий овес, продукти здорового харчування і безпечну

сировину для переробки підтримує інтерес до культури. Для України це створює можливість розвивати нішеве виробництво продовольчого вівса за умови підвищення якості зерна та зниження собівартості механізованих операцій.

1.3. Порівняльний аналіз існуючих технологій вирощування

У виробничій практиці застосовують кілька підходів до вирощування вівса: традиційну інтенсивну технологію з оранкою, ресурсозберігаючу технологію з мінімальним обробітком, технологію точного землеробства та органічну технологію. Вибір варіанта залежить від типу ґрунту, попередника, забезпечення вологою, наявного машинно-тракторного парку та економічних можливостей господарства. Для теми даної кваліфікаційної роботи особливий інтерес становить технологія, у якій передпосівний обробіток виконується комбінованим або модернізованим ґрунтообробним агрегатом за один прохід.

Таблиця 1.2 – Порівняння технологій вирощування вівса

Технологія	Основні операції	Переваги	Обмеження
Традиційна з оранкою	Лущення стерні, оранка, культивація, сівба, догляд, збирання	Добре розпушення, ефективне загортання решток, простота організації	Більші витрати пального, ризик втрати вологи, більше проходів техніки
Мінімальний обробіток	Дискування або чизелювання, передпосівна культивація, сівба	Менше проходів, збереження вологи, нижча собівартість	Потреба у якісних робочих органах і точному регулюванні агрегату
Комбінована технологія	Одночасне розпушення, вирівнювання і прикочування перед сівбою	Рівномірне насіннєве ложе, менше ущільнення, економія часу	Вища вимога до надійності агрегату та стійкості робочих органів
Точне землеробство	GPS-навігація, карти врожайності, диференційоване внесення добрив, БПЛА	Оптимізація ресурсів, контроль стану посівів, зниження перевитрат	Потрібні цифрові дані, навчений персонал і сумісна техніка
Органічна технологія	Механічний контроль бур’янів, сидерати, органічні добрива	Вища додана вартість продукції, менше хімічне навантаження	Складніший контроль бур’янів, потреба у спеціальних машинах

Найперспективнішою для більшості господарств є комбінована ресурсозберігаюча технологія. Її перевага полягає в тому, що ґрунт готується за

один прохід: розпушується, вирівнюється, частково подрібнюються грудки і формується ущільнене посівне ложе. Для вівса це особливо важливо, оскільки культура висівається рано, коли ґрунт часто має підвищену вологість, а короткі строки польових робіт не дозволяють виконувати багаторазові проходи агрегатів. Модернізований ґрунтообробний агрегат має забезпечити стабільну глибину обробітку, зменшення тягового опору, захист робочих органів від перевантаження та якісне вирівнювання поверхні поля.

1.4. Рівень механізації технологічного процесу вирощування

Вирощування вівса в Україні загалом належить до добре механізованих процесів. Основні операції – обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив, обприскування та збирання – можуть виконуватися серійними машинно-тракторними агрегатами. Вузькими місцями залишаються своєчасність виконання передпосівного обробітку, якість налаштування сівалок, контроль бур’янів у ранні фази розвитку та оперативне виявлення стресових зон у посівах. Тому підвищення рівня механізації має переходити від простого нарощування потужності тракторів до впровадження автоматичного керування, точного дозування і цифрового контролю якості операцій.

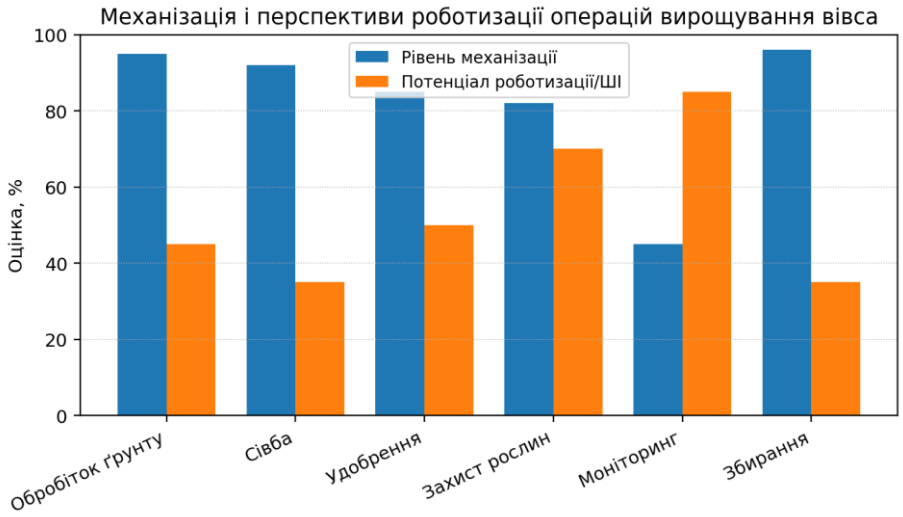


Рис. 1.2. Рівень механізації та потенціал роботизації операцій

Наведена діаграма показує, що найвищий фактичний рівень механізації мають операції обробітку ґрунту, сівби та збирання. Найбільший потенціал для

впровадження роботизації і штучного інтелекту має моніторинг посівів, захист рослин і диференційоване внесення ресурсів. Для господарства це означає, що модернізація ґрунтообробного агрегату повинна поєднуватися з цифровими елементами: датчиками глибини, контролем швидкості руху, GPS-трекінгом проходів і можливістю подальшого використання карт-завдань.

1.5. Можливість роботизації та використання штучного інтелекту

Роботизація вирощування вівса не означає повної заміни механізатора на всіх операціях. На сучасному етапі доцільніше говорити про часткову автоматизацію процесів, у яких цифрові системи швидко окуповуються: паралельне водіння, автопілот, дистанційний моніторинг, точкове обприскування, автоматичний збір даних про врожайність і стан ґрунту. БПЛА зі штучним інтелектом можуть виявляти нерівномірність сходів, осередки бур’янів, перезволоження, пошкодження шкідниками, нестачу азоту або наслідки ущільнення. На основі цих даних формуються карти проблемних зон, а агроном приймає рішення щодо підживлення, обробки або коригування технології.

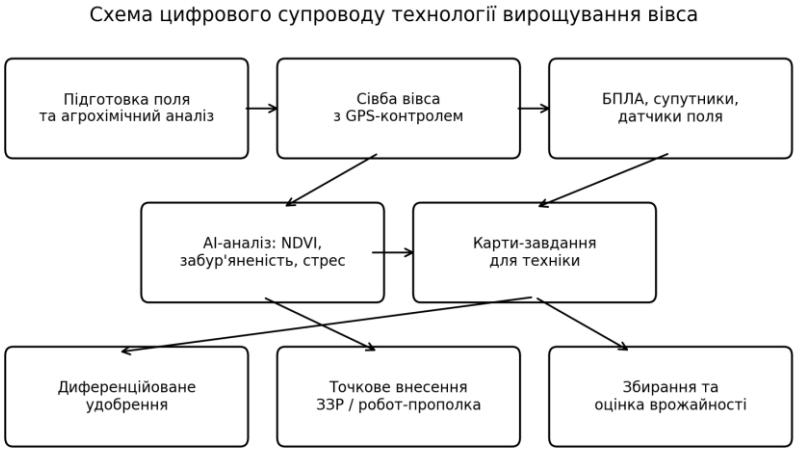


Рис. 1.3. Схема цифрового супроводу технології вирощування вівса.

Особливо перспективним є застосування машинного бачення для контролю бур’янів. Камери і нейромережеві алгоритми здатні розпізнавати культурні рослини та бур’яни, після чого виконавчий механізм вносить гербіцид лише у потрібній точці або виконує механічне знищення бур’янів. Для

вівса така технологія може бути корисною у ранні фази росту, коли культура повільніше конкурує з бур’янами. Роботизовані системи також можуть працювати у складі легких автономних платформ, що зменшує тиск на ґрунт і дає змогу виконувати операції у вузькі агротехнічні строки.

Водночас впровадження роботів і ШІ має обмеження: висока вартість обладнання, потреба у стабільному зв’язку, необхідність навчання персоналу, складність інтеграції даних від різних виробників техніки. Тому для умов більшості українських господарств раціональною є поетапна цифровізація: спочатку GPS-навігація і контроль перекриттів, далі БПЛА-моніторинг та електронні карти полів, після цього - диференційоване внесення добрив і точковий захист рослин. Такий підхід дозволяє підвищувати ефективність без різкого збільшення інвестиційного навантаження.

1.6. Напрями вдосконалення технологій вирощування вівса

За результатами аналізу існуючих технологій можна визначити кілька ключових напрямів удосконалення. Перший напрям – поліпшення передпосівного обробітку ґрунту шляхом застосування комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують розпушення, вирівнювання та прикочування. Це зменшує кількість проходів техніки, знижує витрати пального, обмежує ущільнення і забезпечує дружні сходи. Другий напрям – підвищення точності сівби через контроль глибини, швидкості руху та норми висіву. Третій напрям - використання даних агрохімічного аналізу і карт урожайності для раціонального внесення добрив.

Четвертий напрям пов’язаний з цифровим моніторингом. Регулярне використання БПЛА, супутникових індексів і польових сенсорів дає можливість не лише фіксувати проблему, а й кількісно оцінювати її межі. П’ятий напрям - роботизований або точковий контроль бур’янів, який зменшує витрати гербіцидів і знижує екологічне навантаження. Шостий напрям - підвищення технічної надійності ґрунтообробного агрегату, зокрема застосування пружних або запобіжних елементів робочих органів, що дають

змогу стабілізувати глибину обробітку та запобігати поломкам при зустрічі з перешкодами.

Отже, подальше підвищення ефективності вирощування вівса доцільно здійснювати через поєднання агротехнічних, конструктивних і цифрових рішень. У межах даної кваліфікаційної роботи центральним технічним рішенням є модернізація ґрунтообробного агрегату, оскільки саме якість підготовки ґрунту визначає рівномірність сходів, розвиток кореневої системи, ефективність використання вологи і кінцеву врожайність. Удосконалений агрегат повинен відповідати вимогам ресурсозбереження, надійності, простоти регулювання та сумісності з сучасною системою машин для вирощування зернових культур.

Висновки по розділу

У першому розділі встановлено, що овес залишається важливою культурою для кормового, продовольчого та екологічно збалансованого землеробства, хоча його площі в Україні та світі поступово скорочуються під впливом конкуренції з більш рентабельними культурами. Офіційні дані свідчать, що в Україні площа під вівсом зменшилася з 213 тис. га у 2015 році до 174 тис. га у 2024 році, але після мінімального рівня 2022 року відбувається часткове відновлення. Існуючі технології вирощування відрізняються інтенсивністю обробітку ґрунту, рівнем витрат і можливостями цифрового контролю. Найбільш перспективним напрямом для умов сучасного господарства є ресурсозберігаюча комбінована технологія з якісним передпосівним обробітком, GPS-навігацією, БПЛА-моніторингом і поступовим впровадженням роботизованих операцій. Подальший розвиток технології вирощування вівса доцільно спрямувати на модернізацію ґрунтообробного агрегату, зниження тягового опору, стабілізацію глибини обробітку і формування рівномірного насіннєвого ложа.

РОЗДІЛ 2
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Вихідні умови проектування технології

Проектування технології вирощування вівса виконано для умов Лісостепу Житомирської області на площі 100 га. Лісостепова частина області характеризується достатнім, але нерівномірним зволоженням, чергуванням сірих лісових ґрунтів і чорноземів опідзолених, а також високою мінливістю фізичної стиглості ґрунту навесні. Тому головним завданням технології є швидке виконання ранньовесняних операцій без переущільнення, якісне підготування посівного ложа, рівномірне розміщення насіння на заданій глибині та оперативний контроль стану посіву протягом вегетації.

Овес належить до культур раннього строку сівби. Він краще використовує весняні запаси вологи, ніж культури пізнішого висіву, але негативно реагує на запізнення із сівбою, грубоструктурне посівне ложе і нерівномірну глибину загортання насіння. Для умов проекту прийнято ресурсозберігальну технологію з мінімізацією кількості проходів техніки. Ключовим елементом технології є використання модернізованого комбінованого ґрунтообробного агрегату, який за один прохід виконує розпушування верхнього шару, вирівнювання поверхні та прикочування.

Таблиця 2.1 – Вихідні параметри проектування технології вирощування вівса

Показник	Прийняте значення для проекту	Обґрунтування
Площа поля	100 га	Типова виробнича ділянка, достатня для ефективного використання високопродуктивної техніки
Зона вирощування	Лісостеп Житомирської області	Сприятливе поєднання тепла й вологи для ранніх ярих зернових
Попередник	кукурудза на силос або зернобобова культура	Після таких попередників можливе якісне осіннє розпушування і накопичення вологи

Продовження таблиці 2.1

Запланована урожайність	4,0 т/га зерна	Реалістичний рівень для інтенсивної технології з точним висівом та цифровим моніторингом
Валовий збір зерна	400 т	100 га × 4,0 т/га
Норма висіву	5,0 млн схожих насінин/га; орієнтовно 180 кг/га	Відповідає вимогам Лісостепу та забезпечує густоту продуктивного стеблостою
Спосіб сівби	звичайний рядковий, міжряддя 12,5 см	Дає рівномірне розміщення рослин і швидке змикання рядків
Глибина загортання	3-4 см, за пересихання верхнього шару - до 5 см	Забезпечує дружні сходи та зменшує ризик зрідження

Для проектованої технології прийнято інтенсивний, але екологічно виважений варіант вирощування. Удобрення та захист рослин не розглядаються як суцільно однакові для всього поля: після агрохімічного обстеження і мультиспектрального моніторингу формується карта-завдання. Завдяки цьому добрива й засоби захисту рослин вносяться лише там і в тій інтенсивності, де це технологічно обґрунтовано.

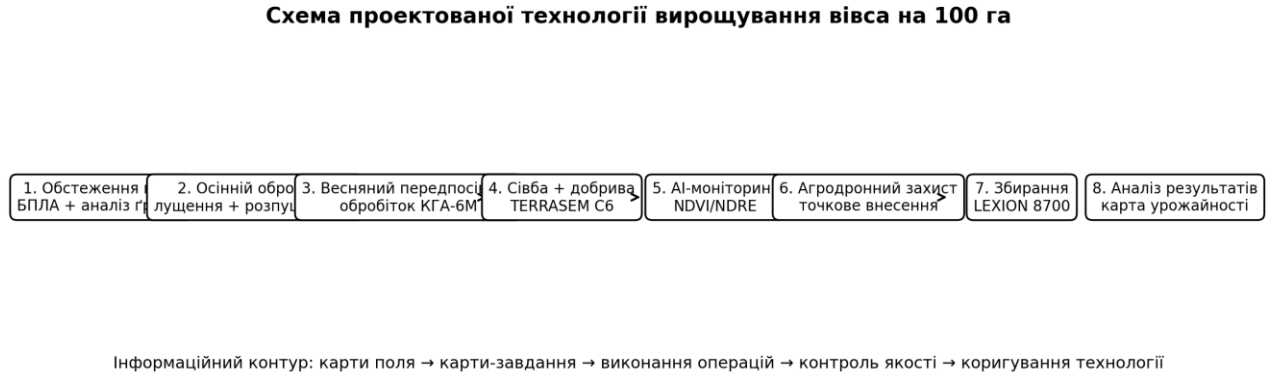


Рис. 2.1. Загальна схема проектованої технології вирощування вівса

2.2. Обґрунтування технологічної схеми та агротехнічних рішень

Технологічну схему побудовано за принципом поєднання класичних агрономічних вимог до вирощування вівса з можливостями сучасної точного землеробства. Перший блок робіт охоплює обстеження поля, післяжнивне лущення та основний осінній обробіток. Його мета - зменшити кількість рослинних решток на поверхні, спровокувати проростання бур’янів, накопичити вологу й сформувати вирівняний фон для весняних операцій.

Другий блок виконується навесні у стислі строки. Закриття вологи і передпосівний обробіток не повинні надмірно розпушувати ґрунт, оскільки овес висівається рано, а надмірна кількість проходів спричинює втрату вологи. Модернізований комбінований агрегат КГА-6М забезпечує розпушування на глибину загортання насіння, дроблення грудок, вирівнювання мікрорельєфу та ущільнення нижньої частини посівного ложа. Саме такий підхід підвищує рівномірність сходів і зменшує потребу в додатковому коткуванні на важких ділянках.

Третій блок становить цифровий супровід посівів. БПЛА з мультиспектральною камерою використовується після появи сходів, у фазі кущіння, на початку виходу в трубку та перед збиранням. Дані обробляються програмним модулем зі штучним інтелектом, який виділяє зони зрідження, надмірного зволоження, бур'янистості, хлорозу, ризику вилягання та нерівномірного дозрівання. На основі цих даних формуються карти для підживлення, точкового обприскування агродроном і планування маршруту комбайна.

Таблиця 2.2 - Основні технологічні рішення у проектованій системі

Елемент технології	Проектне рішення	Очікуваний ефект
Основний обробіток	осіннє розпушування 20-22 см без зайвого обороту пласта	збереження вологи, краща водопроникність, менше ерозійних ризиків
Передпосівна підготовка	КГА-6М: культивація + вирівнювання + прикочування	скорочення проходів, стабільна глибина сівби, економія пального
Сівба	сівалка з ISOBUS і локальним внесенням добрив	точна норма висіву, контроль перекриттів, рівномірний стеблостій
Моніторинг	DJI Mavic 3M, NDVI/NDRE, AI-класифікація проблемних зон	раннє виявлення стресу, оперативне прийняття рішень
Захист рослин	агродрон DJI Agras T50 за картою-завданням	зменшення витоптування, можливість обробки в коротке технологічне вікно
Збирання	високопродуктивний комбайн з автоматичним налаштуванням	мінімізація втрат і стабільна якість обмолоту

2.3. Підбір сучасного комплексу машин

Комплекс машин підібрано з урахуванням площі 100 га, стиснених строків виконання ранньовесняних робіт і необхідності сумісності техніки з елементами точного землеробства. Для основних операцій передбачено трактори з автопілотом і ISOBUS, агрегати з високою робочою шириною, сівалку з електронним контролем висіву, БПЛА для моніторингу та агродрон для обприскування. Машини високої продуктивності можуть використовуватися не лише на полі вівса, а й на інших культурах господарства, тому їхнє сезонне навантаження може бути розширене.

Таблиця 2.3 – Склад сучасного комплексу машин для площі 100 га

Група техніки	Запропонована машина	Ключові технічні можливості	Операції у технології
Енергонасичений трактор	John Deere 8R 410 AutoTrac	потужність понад 400 к.с., автоматичне водіння, телеметрія, сумісність з ISOBUS	основний обробіток, передпосівна культивація, сівба
Універсальний трактор	John Deere 6R 250	висока маневреність, точне водіння, робота з розкидачами й котками	внесення добрив, боронування, коткування
Модернізований агрегат	КГА-6М, 6 м	розпушувальні лапи з пружним запобіжником, вирівнювач і коток	передпосівна підготовка ґрунту
Сівалка	Pöttinger TERRASEM C6 Fertilizer	робоча ширина 6 м, одночасне висівання й локальне внесення добрив, електронний контроль	сівба вівса
БПЛА моніторингу	DJI Mavic 3 Multispectral	RGB-камера 20 МП і мультиспектральні канали для індексів рослинності	контроль сходів, живлення, хвороб, вилягання
Агродрон	DJI Agras T50	обприскування до 21 га/год у польових умовах за даними виробника; висока маневреність	гербіцидні та фунгіцидні обробки за потреби
Комбайн	CLAAS LEXION 8700 TERRA TRAC	потужний гібридний зернозбиральний комбайн, автоматизовані системи налаштування	пряме комбайнування вівса

Особливістю проекту є поєднання високопродуктивної наземної техніки з безпілотними засобами. БПЛА не замінює агронома, а забезпечує швидке

одержання просторових даних про поле. Агродрон, своєю чергою, не розглядається як повна альтернатива штанговому обприскувачу для великих масивів, однак на площі 100 га він ефективний у випадках, коли потрібно виконати обробку за короткий час, без пошкодження посіву колесами, на перезволожених ділянках або за диференційованою картою.



Рис. 2.2 - Схема використання БПЛА зі штучним інтелектом та агродрона

2.4. Розрахунок продуктивності агрегатів

Годинну продуктивність машинно-тракторного агрегату для польових операцій визначали за формулою:

$$Wг = 0{,}1 \cdot B \cdot V \cdot \eta, \quad (2.1)$$

де $W_г$ – годинна продуктивність, га/год; B - конструктивна ширина захвату, м; *V* – робоча швидкість, км/год; η - коефіцієнт використання часу зміни з урахуванням поворотів, заправок, технологічних зупинок і налаштувань. Для БПЛА та агродрона продуктивність прийнято за ефективною польовою нормою, оскільки вона значною мірою залежить від ємності баків, тривалості польоту, маршруту та кількості заправок.

Тривалість виконання операції визначали як відношення обсягу робіт до продуктивності:

$$T = Q / W_г, \quad (2.2)$$

де T – витрати часу, год; Q - обсяг робіт, га або т. Нижче наведено узагальнену технологічну карту, в якій поєднано календарні строки, склад агрегатів, продуктивність і ресурсні показники.

2.5. Технологічна карта вирощування вівса на площі 100 га

Таблиця 2.4 – Технологічна карта вирощування вівса на площі 100 га

№	Операція	Строк виконання	Обсяг	Агрегат / технічний засіб	Продуктивність, га/год або т/год	Витрати часу, год	Пальне, л/га або л/10 т	Всього пального, л	Виконавці	Примітка
1	Агрохімічне обстеження, картування поля	20-25.08	100 га	- + БПЛА DJI Mavic 3M + ґрунтовий пробовідбірник	50.0	2.0	0.0	0	1	Створення електронної карти поля, зон продуктивності та неоднорідності ґрунту
2	Лущення стерні після попередника	25.08-05.09	100 га	John Deere 8R 410 AutoTrac + Lemken Rubin 12/600 KUA, 6,0 м	4.7	21.4	9.0	900	1	Дискування на 8-10 см для провокації сходів падалиці та бур'янів
3	Основний обробіток ґрунту	10-25.09	100 га	John Deere 8R 410 AutoTrac + Horsch Tiger 4 AS, 4,0 м	2.4	41.7	16.0	1600	1	Розпушування на 20-22 см без перевертання пласта, збереження вологи
4	Внесення фосфорно-калійних добрив	20-25.09	100 га	John Deere 6R 250 + Amazone ZA-TS 4200, робоча ширина 36 м	28.1	3.6	2.5	250	1	Диференційоване внесення за картою забезпеченості ґрунту
5	Весняне закриття вологи	15-20.03	100 га	John Deere 6R 250 + Hatzenbichler штригельна борона, 12 м	10.8	9.3	3.0	300	1	Поверхневе вирівнювання поля та руйнування ґрунтової кірки
6	Передпосівний обробіток модернізованим агрегатом	20-25.03	100 га	John Deere 8R 410 AutoTrac + Модернізований комбінований ґрунтообробний агрегат КГА-6М, 6 м	4.2	23.8	8.5	850	1	Культивація, вирівнювання і прикочування за один прохід
7	Передпосівне внесення стартових добрив	21-26.03	100 га	John Deere 6R 250 + Amazone ZA-TS 4200, ISOBUS	28.1	3.6	2.5	250	1	Внесення стартової норми NPK із закладанням під час сівби
8	Сівба вівса з локальним внесенням добрив	25.03-05.04	100 га	John Deere 8R 410 або 6R 250 + Pöttinger TERRASEM C6 Fertilizer, 6 м, ISOBUS	5.4	18.5	5.5	550	1	Норма висіву 5,0 млн схожих насінин/га; міжряддя 12,5 см
9	Післяпосівне коткування	26.03-06.04	100 га	John Deere 6R 250 + Cambridge roller 9 м	6.8	14.8	3.0	300	1	Поліпшення контакту насіння з ґрунтом та вирівнювання поверхні
10	Моніторинг сходів БПЛА зі ШІ	10-20.04	100 га	- + DJI Mavic 3M + AI-аналітика NDVI/NDRE	50.0	2.0	0.0	0	1	Оцінка рівномірності сходів, виявлення перезволожених або зріджених зон
11	Підживлення азотними добривами у фазі кущіння	20.04-05.05	100 га	John Deere 6R 250 + Amazone ZA-TS 4200, карти-завдання	28.1	3.6	2.5	250	1	N20-30 за результатами стану посіву і запасів мінерального азоту
12	Обприскування гербіцидами агродроном	25.04-10.05	100 га	- + DJI Agras T50, норма робочого розчину 10-15 л/га	14.0	7.1	0.6	60	2	Точкове внесення за картою забур'яненості; препарати - лише зареєстровані та за регламентом
13	Діагностика хвороб і нестачі живлення	15-25.05	100 га	- + DJI Mavic 3M + мобільний огляд проблемних ділянок	50.0	2.0	0.0	0	1	Порівняння індексів NDVI/NDRE з фенологічними фазами
14	Фунгіцидний захист агродроном за потреби	01-15.06	100 га	- + DJI Agras T50	14.0	7.1	0.6	60	2	Виконувати лише за перевищення економічного порогу шкодочинності
15	Передзбиральний моніторинг стиглості	10-20.07	100 га	- + DJI Mavic 3M + карта вологості/вилягання	50.0	2.0	0.0	0	1	Визначення черговості обмолоту та зон ризику втрат
16	Пряме комбайнування вівса	20.07-05.08	100 га	- + CLAAS LEXION 8700 TERRA TRAC + VARIO 930	3.3	30.2	13.0	1300	2	Обмолот за вологості зерна, прийнятної для зберігання; мінімізація втрат
17	Транспортування зерна на тік	20.07-05.08	400 т	- + MAN TGS 6x4 + самоскидний причіп	28.0	14.3	1.8	72	2	Орієнтовний валовий збір 400 т за урожайності 4,0 т/га

2.6. Ресурсне забезпечення та календарне розміщення робіт

За проектом основні енерговитратні операції припадають на осінній основний обробіток, передпосівну підготовку модернізованим агрегатом і збирання врожаю. Сівба та внесення добрив мають меншу тривалість, однак вони є критичними за строками, оскільки запізнення з ранньовесняною сівбою призводить до втрати ґрунтової вологи і формування менш продуктивного стеблостою. У технології передбачено, що сівба може бути завершена за 3-4 робочі дні, що є достатнім резервом для нестабільної весняної погоди.

Таблиця 2.5 - Узагальнені ресурсні показники проектованої технології

Показник	Значення
Загальна площа посіву	100 га
Запланована урожайність зерна	4,0 т/га
Валовий збір зерна	400 т
Потреба у насінні	18 т
Орієнтовна потреба у мінеральних добривах	24 т діючих/фізичних форм за прийнятою схемою живлення
Сумарні витрати часу основних операцій	207.0 год
Орієнтовна витрата дизельного пального та енергоеквіваленту	6742 л
Середня витрата пального на 1 га	67.4 л/га



Рис. 2.3. Орієнтовний матеріальний баланс технології на 100 га.

Найбільше навантаження на техніку спостерігається у два періоди: восени під час підготовки поля та в липні-серпні під час збирання. БПЛА має незначне навантаження за годинами, але високу управлінську цінність, оскільки дані моніторингу впливають на рішення щодо підживлення, захисту та строків збирання.

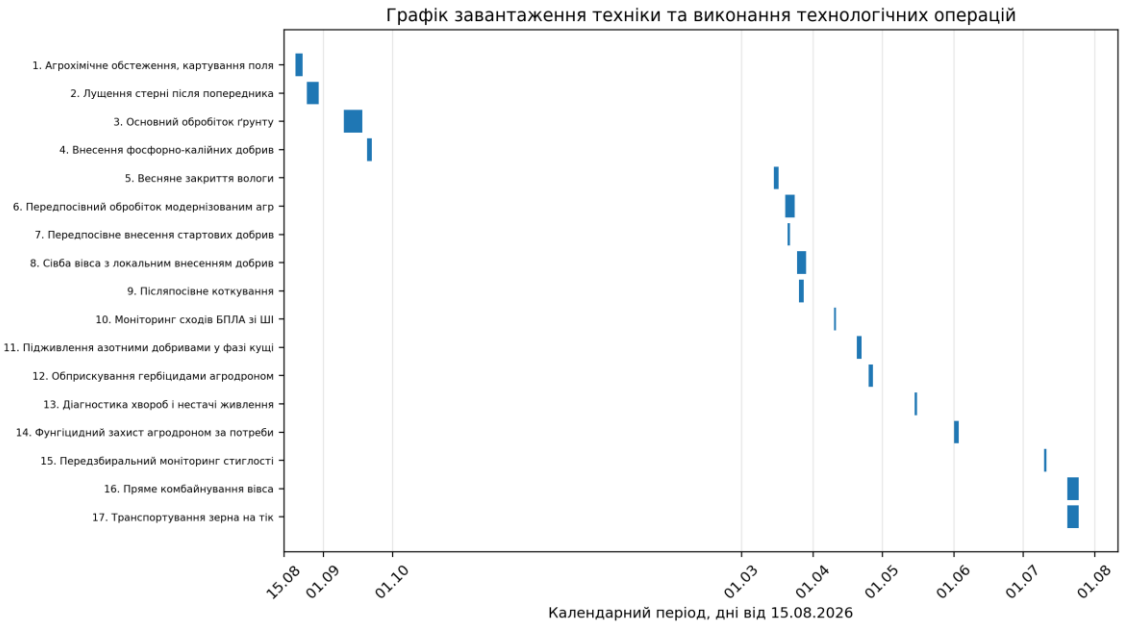


Рис. 2.4. Графік завантаження техніки за календарними строками.

2.7. Аналіз завантаження техніки та енергетичних витрат

Розподіл машинного часу показує, що найбільша частка припадає на основний обробіток ґрунту, роботу модернізованого передпосівного агрегату та збирання. Це підтверджує доцільність модернізації саме ґрунтообробного агрегату, оскільки покращення якості його роботи впливає не лише на витрати пального, а й на рівномірність сходів, розвиток кореневої системи та подальший стан посіву. Зменшення кількості проходів є одним з головних резервів економії.



Рис. 2.5. Машино-години основних технічних засобів.

Структура витрат пального свідчить, що основними споживачами є операції механічного обробітку та комбайнування. Агродрони й БПЛА мають низьку частку енерговитрат, але суттєво підвищують точність прийняття технологічних рішень. У виробничих умовах частина витрат агродрона припадає на електроенергію або пальне генератора для заряджання акумуляторів, тому в розрахунку наведено енергоеквівалент.

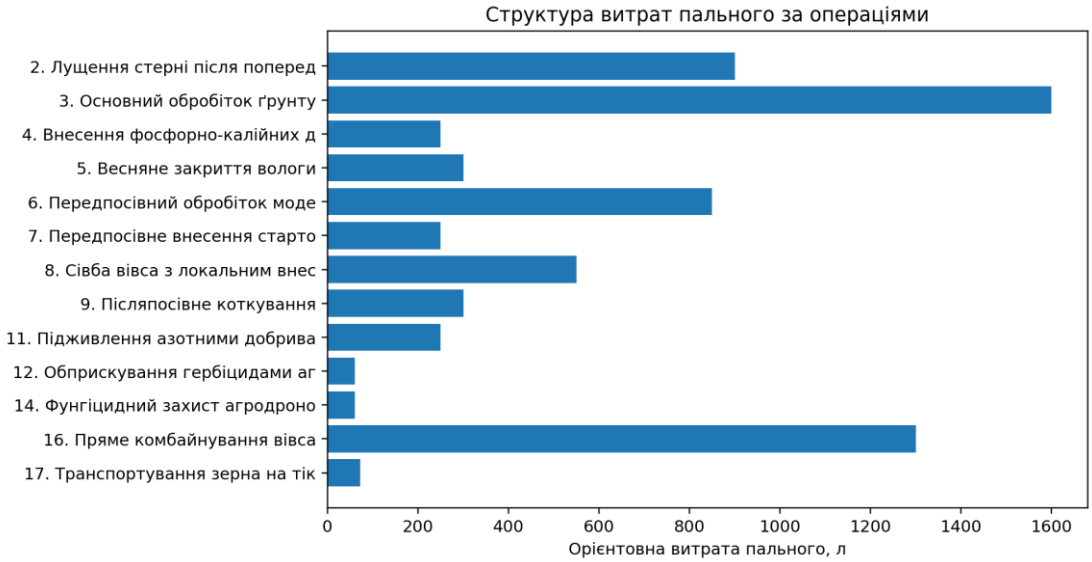


Рис. 2.6. Структура витрат пального за операціями.

2.8. Використання БПЛА зі штучним інтелектом і агродрона

Моніторинг посівів передбачено виконувати БПЛА DJI Mavic 3 Multispectral. Його завданням є формування ортофотопланів та індексних карт NDVI/NDRE. На підставі цих карт штучний інтелект класифікує ділянки за силою розвитку рослин, виявляє локальні зони пригнічення, ранні ознаки дефіциту живлення, нерівномірність сходів та ризик вилягання. У результаті агроном отримує не загальне враження про поле, а цифрову карту проблем, яку можна використати для виїзного огляду і для складання технологічного завдання.

Агродрон DJI Agras T50 доцільно застосовувати для гербіцидних і фунгіцидних обробок у випадках, коли наземний обприскувач може пошкодити посів або не має можливості зайти в поле через надмірне зволоження. У проекті не передбачається неконтрольоване суцільне внесення засобів захисту рослин.

Обробки виконуються лише на основі результатів моніторингу, фітосанітарного обстеження і чинних регламентів застосування зареєстрованих препаратів.

Таблиця 2.6 – Використання БПЛА зі штучним інтелектом у технології вирощування вівса.

Етап моніторингу	Фаза розвитку вівса	Дані, що збираються	Рішення за результатом
Після сходів	2-3 листки	рівномірність сходів, пропуски, перезволоження	локальний огляд, корекція технологічних висновків щодо сівби
Кущіння	початок кущіння	NDVI, густота, конкурентність бур’янів	карта для підживлення та гербіцидної обробки
Вихід у трубку	інтенсивний ріст	NDRE, стрес, ознаки хвороб	рішення щодо фунгіцидного захисту і додаткового живлення
Перед збиранням	молочно-воскова - повна стиглість	рівномірність дозрівання, вилягання, засміченість	планування черговості обмолоту і маршруту комбайна

2.9. Очікувані переваги проектованої технології

Запропонована технологія має комплексний ефект. По-перше, модернізований ґрунтообробний агрегат зменшує кількість проходів і стабілізує якість посівного ложа. По-друге, сівалка з локальним внесенням добрив забезпечує рівномірне розміщення насіння й добрив у зоні доступності кореневої системи. По-третє, цифровий моніторинг дає змогу перейти від реактивного до превентивного управління посівом, коли проблема виявляється на ранньому етапі та усувається локально.

Виробничі переваги проектованої технології полягають у скороченні строків виконання операцій, зменшенні перекриттів, оптимізації витрат

пального, підвищенні точності сівби та зниженні втрат під час збирання. Екологічні переваги полягають у зменшенні кількості непотрібних проходів техніки, меншому ущільненні ґрунту, точнішому використанні добрив і засобів захисту рослин. Для господарства це створює основу для подальшого впровадження карт урожайності, змінних норм висіву та роботизованих машин.

Таблиця 2.7 – Очікувані переваги проектованої технології

Напрям удосконалення	Традиційний підхід	Проектоване рішення	Очікуваний результат
Підготовка ґрунту	кілька окремих проходів культиватора, борін і котків	комбінований агрегат КГА-6М	економія часу, вологи та пального
Висів	механічна сівалка без електронного контролю	TERRASEM C6 з ISOBUS і контролем висіву	менше пропусків і перекриттів
Моніторинг	візуальний огляд окремих ділянок	БПЛА + AI-аналіз усього поля	просторова точність рішень
Захист рослин	суцільне обприскування за середнім станом поля	агродрон за картою-завданням	менше витоптування і точніше внесення
Збирання	комбайн з ручним налаштуванням	комбайн з автоматизованою оптимізацією режимів	нижчі втрати зерна та стабільна якість

Висновки по розділу

У другому розділі розроблено технологію вирощування вівса для умов Лісостепу Житомирської області на площі 100 га. Обґрунтовано вихідні параметри проекту: ранній строк сівби, норму висіву 5,0 млн схожих насінин/га, заплановану урожайність 4,0 т/га та валовий збір 400 т зерна. Складено технологічну карту, яка охоплює осінній обробіток, весняну передпосівну підготовку, сівбу, догляд за посівами, цифровий моніторинг, агродронне обприскування та збирання.

Для виконання робіт підібрано сучасну техніку: трактори з автопілотом, модернізований комбінований ґрунтообробний агрегат КГА-6М, сівалку з

локальним внесенням добрив, БПЛА DJI Mavic 3M, агродрон DJI Agras T50 та комбайн CLAAS LEXION 8700 TERRA TRAC. Розраховано продуктивність агрегатів, витрати часу, пальне та сезонне завантаження техніки. Встановлено, що найбільші резерви підвищення ефективності пов’язані зі зменшенням кількості проходів під час підготовки ґрунту, точністю сівби, застосуванням цифрових карт поля та локальним виконанням захисних операцій.

Використані джерела до розділу

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Призначення модернізованого ґрунтообробного агрегату та вихідні вимоги

Конструкторська частина роботи спрямована на удосконалення ґрунтообробного агрегату, який використовується у комплексі машин для вирощування вівса. Для цієї культури особливо важливими є рівномірне загортання насіння, дрібногрудочкувата структура верхнього шару, наявність ущільненого насіннєвого ложа та відсутність гребенів після передпосівного проходу. Звичайний культиватор виконує розпушування, але за підвищеної вологості або неоднорідної щільності поля він нерідко залишає хвилясту поверхню, частково вириває коріння бур'янів без повного підрізання та потребує додаткового прикочування. Тому модернізація передбачає поєднання культивації, вирівнювання й прикочування в одному машинно-тракторному агрегаті.

Основою розробки є навісний комбінований культиватор, конструкція якого доповнена автоколивальними робочими органами, пружинним запобіжним вузлом, вирівнювальною планкою та котком. Такий підхід дає можливість підготувати ґрунт під сівбу вівса за один прохід після основного обробітку або ранньовесняного закриття вологи. Удосконалення не змінює загальну технологічну схему вирощування, але підвищує якість виконання передпосівної операції і зменшує кількість переїздів по полю.

Вихідна конструкція мала раму, опорні колеса, навісний пристрій, стійки з лапами, пристрій для вирівнювання та коток. У модернізованому варіанті ці елементи збережено, проте робочий орган отримує пружний механізм самозахисту і змінну лапу, яка може здійснювати малу амплітуду коливань у напрямку тяги. Коливальний режим не повинен руйнувати насіннєве ложе, але має забезпечувати самоочищення леза, стабільне підрізання бур'янів і зниження пікових навантажень на стійку.

Головна конструкторська ідея полягає в тому, що робочий орган працює не як жорстко закріплений клин, а як пружно встановлений елемент. У зоні нормального опору лапа зберігає задану глибину. При зустрічі з ущільненою грудкою, кореневищем або каменем пружина короткочасно деформується, лапа відхиляється, а після проходження перешкоди повертається у вихідне положення. Унаслідок цього зменшується ризик поломки стійки, а енергія ударного навантаження частково поглинається пружним вузлом.

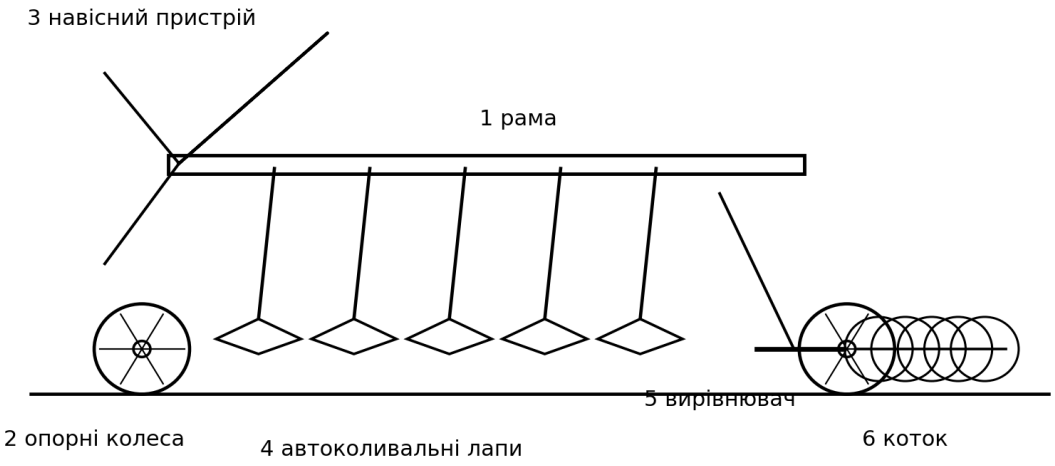


Рис. 3.1. Схема модернізованого комбінованого ґрунтообробного агрегату для передпосівної підготовки ґрунту під овес.

Таблиця 3.1 – Основні вимоги до модернізованого агрегату

Показник	Прийняте значення або вимога	Обґрунтування
Призначення	суцільний передпосівний обробіток ґрунту під овес	формування рівномірного посівного ложа
Глибина обробітку	60–80 мм	відповідає дрібному загортанню насіння і потребі розпушити верхній шар
Робоча швидкість	8–10 км/год	забезпечує достатню продуктивність без надмірного викидання ґрунту
Ширина захвату	4,2 м	узгоджується з тяговими можливостями трактора середнього класу
Тип робочого органу	стрілчаста лапа на пружно-запобіжній стійці	поєднання підрізання бур’янів і розпушування
Додаткові органи	вирівнювач і прикочувальний коток	вирівнювання поверхні та ущільнення насіннєвого ложа
Основний результат	один комплексний прохід замість двох окремих операцій	зменшення ущільнення ґрунту, витрат пального і часу

3.2. Будова і принцип дії робочого органу

Робочий орган модернізованого культиватора складається зі стійки, наральника-держача, стакана пружинного вузла, стрижня змінного перерізу, стрілчастої лапи, ресорного елемента, регулювальної гайки та фіксатора. Стійка сприймає вертикальні й горизонтальні навантаження, передаючи їх на раму агрегату. Наральник виконує роль перехідної деталі між стійкою та лапою, а стакан утворює корпус запобіжного механізму. У стакані розміщено пружину стиску, яка попередньо затягується гайкою. Попереднє стискання дає змогу встановити поріг спрацьовування залежно від механічного складу і вологості ґрунту.

Стрижень змінного перерізу виконує дві функції: він є напрямною для переміщення лапи та одночасно елементом, який передає зусилля від лапи до пружини. Змінний переріз доцільний тому, що в зоні кріплення виникають більші згинальні напруження, а на кінцевих ділянках можна зменшити металомісткість без зниження надійності. Лапа кріпиться так, щоб у процесі роботи залишався невеликий вільний хід, достатній для виникнення автоколивань, але недостатній для порушення сталої глибини обробітку.

Ресорний елемент, закріплений біля лапи, працює як додатковий демпфер. Він зменшує різкість удару під час контакту з локальною перешкодою та сприяє плавному поверненню лапи у робоче положення. Пружина з нелінійною характеристикою забезпечує м’яке сприйняття малих коливань і значно жорсткішу реакцію при небезпечному перевантаженні. Така характеристика важлива для умов, де після зими верхній шар може бути вологим, а під ним залишається ущільнений горизонт.

Під час нормальної роботи лапа підрізає бур'яни по всій ширині свого захвату, розпушує шар ґрунту і спрямовує частину частинок у боки. Вирівнювальна планка руйнує гребінці, а коток ущільнює поверхню до стану, придатного для проходу сівалки. Якщо опір збільшується, лапа відхиляється назад і вгору, стискаючи пружину. Після зменшення опору пружина повертає

орган у початкове положення. У результаті робочий процес стає менш чутливим до нерівномірності поля.

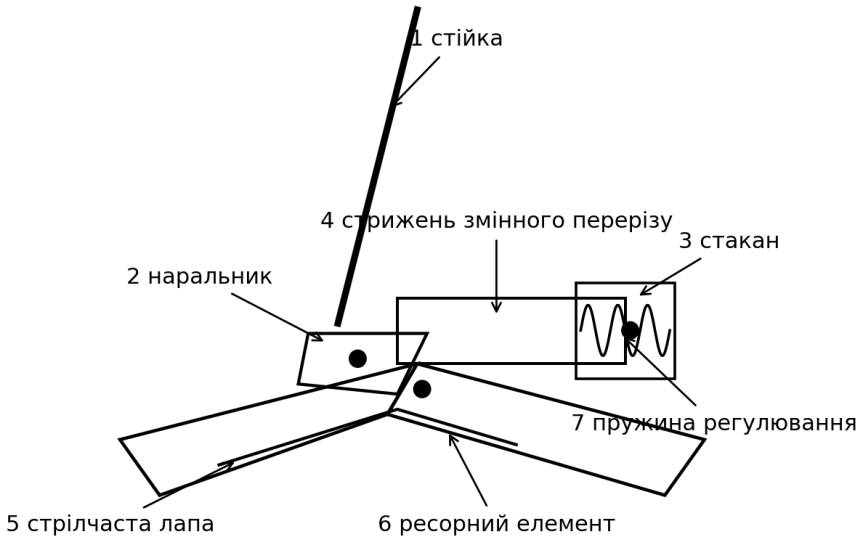


Рис. 3.2. Конструктивна схема пружно-запобіжного робочого органу.

Таблиця 3.2 – Функції основних елементів робочого органу.

Елемент	Функціональне призначення	Конструкторська особливість
Стійка	передає зусилля від лапи до рами	пружна або напівжорстка форма, достатній момент опору перерізу
Наральник-держач	з’єднує лапу зі стійкою	має посадочні поверхні під стрижень і стакан
Стакан	розміщує пружину і напрямну частину стрижня	захищає пружину від ґрунту та рослинних решток
Стрижень змінного перерізу	сприймає осьові та згинальні навантаження	посилений у небезпечній зоні кріплення
Стрілчаста лапа	підрізає бур’яни і розпушує верхній шар	змінна деталь із зносостійкою кромкою
Пружина стиску	обмежує пікові навантаження	регульоване попереднє стискання
Ресорний елемент	демпфує коливання лапи	зменшує ударність процесу та підвищує самоочищення

3.3. Технологічний процес роботи модернізованого агрегату

Передпосівний обробіток під овес виконується в ранні строки, коли потрібно зберегти весняну вологу, не допустити пересушування верхнього шару і забезпечити однакову глибину загортання насіння. Модернізований агрегат агрегатується з трактором, підводиться до поля, встановлюється на задану глибину за допомогою опорних коліс і регулювання навісної системи.

Перед початком роботи перевіряють затягування пружинних вузлів, положення лап, перекриття між слідами та висоту вирівнювальної планки.

Під час проходу поле обробляється послідовно трьома функціональними зонами. У першій зоні стрілчасті лапи підрізають проростки бур'янів і розпушують ґрунт на глибину 6–8 см. У другій зоні вирівнювач переміщує розпушений шар, заповнює мікропониження і зрізає гребені. У третій зоні коток прикочує поверхню, ущільнює нижню частину розпушеного шару та залишає верхній шар достатньо пухким для появи сходів. Завдяки такій послідовності зменшується потреба в окремому боронуванні або прикочуванні.

Автоколивальний характер взаємодії лапи з ґрунтом виникає через зміну опору по ходу руху. Коли лапа входить у ділянку з більшою щільністю, сила опору збільшується, стрижень зміщується, а пружина накопичує енергію. Після проходу ущільнення накопичена енергія повертає лапу вперед. Цикл повторюється з невеликою амплітудою, що сприяє руйнуванню грудок і зменшує налипання ґрунту на поверхню леза. За надмірної амплітуди можлива нерівномірність глибини, тому жорсткість пружини та попереднє стискання мають бути підібрані розрахунком.

Для вирощування вівса найбільш небажаними є великі грудки, нерівномірна глибина посіву та надмірне ущільнення коліями. Запропонований агрегат працює з помірною швидкістю, а ширина захвату 4,2 м дає змогу зменшити кількість проходів порівняно з вузькозахватними знаряддями. У технологічній схемі вирощування його доцільно використовувати після ранньовесняного боронування або після культивації, якщо ґрунт має вирівняну поверхню і не містить великої кількості довгих рослинних решток.

3.4. Обґрунтування геометричних параметрів лапи

Стрілчаста лапа взаємодіє з ґрунтом як клин. Її геометрія визначає якість підрізання бур’янів, тяговий опір і схильність до забивання. Найважливішими параметрами є кут входження у ґрунт, кут розхилу лез 2γ, ширина захвату b, довжина леза та кут ковзання рослинних решток по різальній кромці. Якщо кут

розхилу надмірний, корені та рештки не ковзають уздовж леза, а накопичуються на ньому. Якщо кут замалий, зменшується фактична ширина захвату і потрібна більша кількість робочих органів.

Умова різання з ковзанням може бути подана через кут тертя рослинних решток по металу φ. Для нормального самоочищення леза повинна виконуватися нерівність:

$$\gamma < 90° - \varphi \tag{3.1}$$

де γ – половина кута розхилу лез стрілчастої лапи, град.; φ – кут тертя рослинних решток по різальній кромці, град.

За прийнятого коефіцієнта тертя f = 0,82 кут тертя визначають за залежністю:

$$\varphi = \text{arctg } f = \text{arctg } 0{,}82 = 39{,}3° \tag{3.2}$$

Отже, граничне значення γ становить 50,7°. Для забезпечення ковзання та зменшення ризику обмотування коріння приймаємо γ = 45°, тобто кут розхилу лез 2γ = 90°. Таке значення є компромісом між якісним підрізанням бур’янів, стабільним самоочищенням і допустимим тяговим опором.

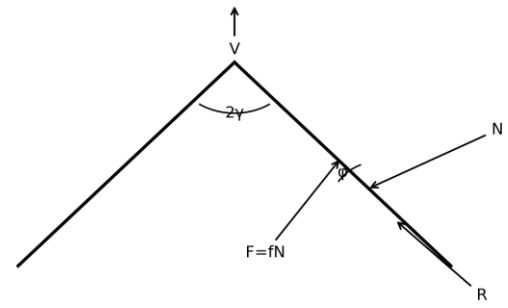


Схема показує умову ковзального різання: γ < 90° − φ

Рис. 3.3. Схема силової взаємодії леза лапи з ґрунтом і рослинними рештками

Ширину захвату однієї лапи приймаємо b = 270 мм. Для гарантованого перекриття слідів лапи розміщують у кілька рядів. Перекриття Δb залежить від відстані між рядами L та можливого випадкового відхилення робочого органу δ від прямолінійного руху. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$\Delta b = L \cdot \text{tg } \delta \tag{3.3}$$

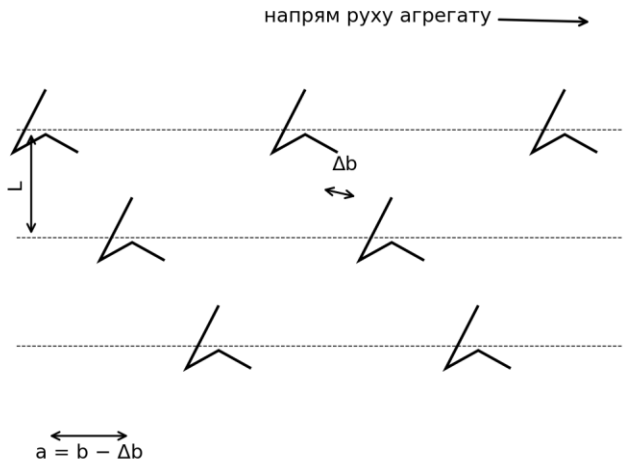
де L – поздовжня відстань між сусідніми рядами робочих органів, мм; δ – імовірний кут відхилення лапи у роботі, град. Приймаємо L = 550 мм, δ = 8°:

$$\Delta b = 550 \cdot \operatorname{tg} 8° = 77 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Отримане значення означає, що сусідні лапи повинні перекривати одна одну не менше ніж на 70–80 мм. Крок установлення лап у поперечному напрямку дорівнює:

$$a = b - \Delta b = 270 - 77 = 193 \text{ мм} \quad (3.5)$$

За ширини захвату агрегату B = 4,2 м кількість робочих органів приймаємо n = 21. Трирядне розміщення дозволяє зберегти потрібне перекриття без зменшення просвіту між стійками. Це важливо для поля після попередників, де можливі залишки соломи, коріння і рослинних решток.



Трирядне зміщення лап забезпечує перекриття слідів і зменшує забивання рослинними рештками.

Рис. 3.4. Схема розташування робочих органів на рамі агрегату

3.5. Визначення тягового опору агрегату

Тяговий опір є основним параметром, який визначає можливість агрегатування з трактором, витрату пального і режим роботи. Для комбінованого культиватора опір формується внаслідок різання ґрунту лапами, деформації скиби, тертя ґрунту по робочих поверхнях, перекочування опорних коліс та дії вирівнювального і прикочувального пристроїв. У розрахунку враховуємо ширину захвату, питомий опір ґрунту, поправку на глибину та поправку на швидкість.

Розрахунковий тяговий опір визначаємо за залежністю:

$$R = q \cdot B \cdot K_h \cdot K_v \quad (3.6)$$

де R – загальний тяговий опір агрегату, кН; q – питомий опір культивації на 1 м ширини захвату, кН/м; B – ширина захвату, м; K_h – коефіцієнт, що враховує фактичну глибину; K_v – коефіцієнт, що враховує робочу швидкість.

Для передпосівного обробітку легких і середніх за механічним складом ґрунтів приймаємо q = 3,0 кН/м. Ширина захвату B = 4,2 м, коефіцієнт глибини K_h = 1,05, коефіцієнт швидкості K_v = 1,07. Тоді:

$$R = 3,0 \cdot 4,2 \cdot 1,05 \cdot 1,07 = 14,15 \text{ кН} \quad (3.7)$$

Отримане значення показує, що агрегат може працювати з трактором тягового класу, який має достатній запас тягового зусилля для руху зі швидкістю 8–10 км/год. З урахуванням короткочасних перевантажень і нерівномірності поля бажано мати запас не менше 20–25 %.

Навантаження, яке припадає на один робочий орган, визначаємо за формулою:

$$Q_i = R / n \quad (3.8)$$

де Q_i – середнє горизонтальне навантаження на одну лапу, кН; n – кількість лап. За n = 21:

$$Q_i = 14,15 / 21 = 0,674 \text{ кН} \quad (3.9)$$

Значення 0,674 кН є середнім. У реальних умовах лапи першого ряду сприймають більшу частину навантаження, оскільки працюють з менш порушеним шаром ґрунту. Для запобіжного механізму застосовують коефіцієнт запасу kз = 1,5. Тоді сила, за якої робочий орган має почати виглиблюватися, становить:

$$Q_з = k_з \cdot Q_i = 1,5 \cdot 0,674 = 1,01 \text{ кН} \quad (3.10)$$

Таблиця 3.3 – Вихідні дані та результати тягового розрахунку

Параметр	Позначення	Значення
Питомий опір ґрунту	q	3,0 кН/м
Ширина захвату агрегату	B	4,2 м

Продовження таблиці 3.3.

Коефіцієнт впливу глибини	K_h	1,05
Коефіцієнт впливу швидкості	K_v	1,07
Кількість робочих органів	n	21 шт.
Загальний тяговий опір	R	14,15 кН
Середнє навантаження на лапу	Q_i	0,674 кН
Сила початку спрацювання запобіжника	$Q_з$	1,01 кН

3.6. Розрахунок пружинного запобіжного механізму

Пружинний запобіжний механізм призначений для захисту стійки, лапи і рами від ударних перевантажень. Він не повинен спрацьовувати під час звичайної культивації, інакше глибина обробітку стане нестійкою. Одночасно він має надійно відхиляти лапу при зустрічі з перешкодою. Тому початкове зусилля пружини вибирають так, щоб воно перевищувало середній опір ґрунту, але було нижчим від руйнівного навантаження на стійку.

Розрахункова схема ґрунтується на рівновазі моментів від сили опору робочого органу і сили стиску пружини. Для модернізованої конструкції приймаємо плече сили опору h = 0,58 м, плече дії пружини l = 0,18 м. Зусилля пружини у момент початку спрацювання визначаємо за формулою:

$$F_0 = Q_з \cdot h / l \qquad (3.11)$$

Підставляючи прийняті величини, отримаємо:

$$F_0 = 1{,}01 \cdot 0{,}58 / 0{,}18 = 3{,}25 \text{ кН} \qquad (3.12)$$

Для практичного регулювання приймаємо початкове зусилля попереднього стискання F_0 = 3,3 кН. Максимальне робоче зусилля під час короткочасного відхилення лапи приймаємо F_{max} = 3,6 кН. Таке співвідношення забезпечує запас для поглинання удару без переходу пружини у небезпечну область напружень.

Для гвинтової циліндричної пружини стиску умову міцності записуємо так:

$$\tau = (8 \cdot F_{max} \cdot D \cdot K_\tau) / (\pi \cdot d^3) \le [\tau] \qquad (3.13)$$

де τ – найбільше дотичне напруження у витку, МПа; Fmax – максимальне стискальне зусилля, Н; D – середній діаметр пружини, мм; d – діаметр дроту, мм; Kτ – коефіцієнт, що враховує кривизну витків і поперечну силу; [τ] – допустиме дотичне напруження матеріалу пружини.

Індекс пружини дорівнює:

$$c = D / d = 63 / 11 = 5{,}73 \quad (3.14)$$

Коефіцієнт Kτ для такого індексу становить орієнтовно 1,27. Підставляємо Fmax = 3600 Н, D = 63 мм, d = 11 мм:

$$\tau = (8 \cdot 3600 \cdot 63 \cdot 1{,}27) / (3{,}14 \cdot 11^3) = 549 \text{ МПа} \quad (3.15)$$

Для пружинної сталі допустиме дотичне напруження приймаємо [τ] = 610 МПа. Умова міцності виконується, оскільки 549 МПа < 610 МПа. Коефіцієнт запасу за напруженнями становить:

$$n_\tau = [\tau] / \tau = 610 / 549 = 1{,}11 \quad (3.16)$$

Деформація пружини за максимального зусилля визначається формулою:

$$\lambda = (8 \cdot F_{max} \cdot D^3 \cdot i) / (G \cdot d^4) \quad (3.17)$$

де i – кількість робочих витків; G – модуль зсуву матеріалу пружини. За i = 8 та G = 8·10⁴ МПа отримаємо λ ≈ 49 мм. Вільну довжину пружини приймаємо 180 мм, що забезпечує достатній робочий хід і не допускає змикання витків у штатному режимі.

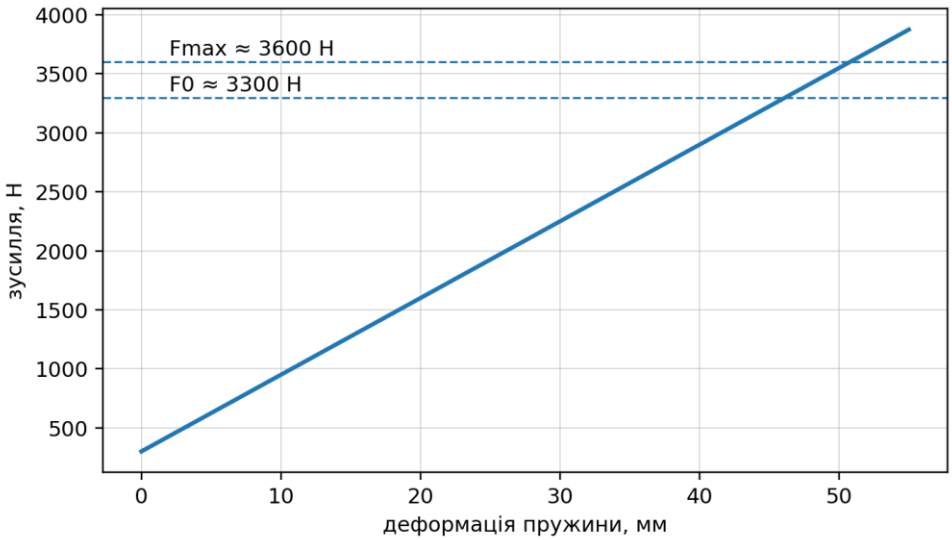


Рис. 3.5. Розрахункова характеристика пружинного запобіжного механізму

Таблиця 3.4 – Розрахункові параметри пружини

Параметр	Позначення	Значення
Діаметр дроту	d	11 мм
Середній діаметр пружини	D	63 мм
Індекс пружини	c	5,73
Кількість робочих витків	i	8
Початкове зусилля	F_0	3,3 кН
Максимальне робоче зусилля	F_{max}	3,6 кН
Максимальне дотичне напруження	τ	549 МПа
Допустиме напруження	[τ]	610 МПа
Розрахункова деформація	λ	≈ 49 мм
Вільна довжина	L_0	180 мм

3.7. Перевірка міцності стійки та змінних елементів

Найбільш навантаженим елементом робочого органу є стійка, оскільки вона сприймає згин від горизонтального опору лапи та додаткові динамічні навантаження. Перевірку виконуємо для моменту, що виникає при початку спрацювання запобіжного вузла. Розрахункове плече сили приймаємо h = 0,58 м, сила $Q_з$ = 1,01 кН. Згинальний момент дорівнює:

$$M = Qз \cdot h = 1,01 \cdot 0,58 = 0,586 \text{ кН·м} \quad (3.18)$$

Для стійки прямокутного перерізу 50 × 12 мм момент опору відносно небезпечної осі можна орієнтовно визначити як:

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 12 \cdot 50^2 / 6 = 5000 \text{ мм}^3 \quad (3.19)$$

Напруження згину становить:

$$\sigma = M / W = 586000 / 5000 = 117 \text{ МПа} \quad (3.20)$$

Для пружинної або ресорної сталі після відповідної термічної обробки допустимі напруження значно перевищують отримане значення. Навіть за динамічного коефіцієнта 1,5 розрахункове напруження не перевищує 176 МПа, що свідчить про достатній запас міцності. Запобіжний механізм додатково

обмежує пікові навантаження і зменшує ймовірність втомної поломки у зоні кріплення стійки до рами.

Змінна лапа повинна мати зносостійку різальну кромку. Для неї доцільно застосовувати боровану або пружинну сталь із локальним зміцненням леза. Товщина лапи вибирається так, щоб вона витримувала абразивне зношування протягом сезону та не деформувалася при зустрічі з ущільненнями. Кріплення лапи болтами має забезпечувати швидку заміну без демонтажу стійки. Для цього отвори виконують з достатнім запасом точності, а різьбові з’єднання захищають від самовідгвинчування пружинними шайбами або стопорними гайками.

Стрижень змінного перерізу перевіряється на сумісну дію осьової сили та згину. У зоні передавання зусилля від лапи діаметр або висота перерізу збільшується, щоб уникнути концентрації напружень. Поверхні тертя у стакані повинні мати гладку обробку і захист від корозії. Доцільно передбачити мастильний отвір або періодичне змащування під час сезонного технічного обслуговування.

Таблиця 3.5 – Рекомендовані матеріали та способи зміцнення деталей

Деталь	Матеріал або виконання	Вид обробки / вимоги
Рама агрегату	конструкційна низьковуглецева або низьколегована сталь	зварна конструкція, контроль швів, антикорозійне покриття
Стійка	ресорна або пружинна сталь	термічна обробка для підвищення пружності та втомної міцності
Стрілчаста лапа	зносостійка сталь, можлива борована сталь	загартування різальної кромки, змінне болтове кріплення
Стрижень	легована конструкційна сталь	механічна обробка посадочних поверхонь, захист від корозії
Пружина	пружинна сталь	термообробка, контроль висоти та жорсткості
Кріпильні елементи	болти підвищеної міцності	стопоріння, регулярна перевірка затягування

3.8. Регулювання агрегату під час експлуатації

Ефективність модернізованого агрегату значною мірою залежить від правильного регулювання. Перед виїздом у поле перевіряють горизонтальність рами, симетричність навішування, тиск у шинах опорних коліс, справність котка, наявність тріщин у стійках і ступінь зношування лап. Після цього на рівному майданчику встановлюють початкову глибину обробітку. Остаточне регулювання виконують у полі після пробного проходу довжиною 30–50 м.

Глибина обробітку регулюється положенням опорних коліс і центральною тягою навісної системи трактора. Рама повинна бути паралельною до поверхні поля. Якщо передній ряд лап працює глибше, агрегат збільшує тяговий опір і формує хвилястий профіль. Якщо глибше працює задній ряд, можливе недостатнє підрізання бур’янів у передній зоні та накопичення ґрунту перед вирівнювачем.

Попереднє стискання пружини регулюється гайкою. Для легкого вологого ґрунту зусилля можна дещо зменшити, щоб лапа краще обходила перешкоди. Для сухішого або ущільненого ґрунту попереднє стискання збільшують, інакше лапа буде часто відхилятися та залишати необроблені смуги. Після зміни регулювання обов’язково перевіряють, чи не зменшився робочий хід пружини до небезпечного значення.

Вирівнювальна планка встановлюється так, щоб вона зрізала гребені, але не накопичувала перед собою вал ґрунту. Коток повинен працювати без забивання і не залишати надто глибоких відбитків. Для вівса бажане помірне прикочування, яке ущільнює насіннєве ложе, але не створює кірки після дощу. Якщо ґрунт надмірно вологий, прикочування зменшують або переносять операцію на пізніший строк, щоб уникнути замазування поверхні.

Після завершення зміни агрегат очищують від ґрунту, особливо пружинні стакани, шарнірні місця, кріплення лап і коток. Один раз за сезон доцільно перевірити фактичну жорсткість пружин шляхом контрольного навантаження. Пружини, які мають залишкову деформацію, тріщини або нерівномірний крок

витків, замінюють. Лапи замінюють у разі зменшення ширини захвату, притуплення леза або порушення симетрії.

Таблиця 3.6 – Регулювальні параметри агрегату

Параметр	Нормальне значення	Ознака неправильного регулювання	Спосіб усунення
Глибина культивації	60–80 мм	насіння потрапляє в неоднорідний шар, поверхня хвиляста	змінити положення опорних коліс і центральної тяги
Перекриття лап	70–80 мм	залишаються необроблені смуги	перевірити поперечний крок і стан кріплень
Попереднє стискання пружини	близько 3,3 кН	лапи часто виглиблюються або не обходять перешкоди	відрегулювати гайку та зафіксувати її
Положення вирівнювача	мінімальне накопичення ґрунту	утворюється вал перед планкою або залишаються гребені	змінити висоту й кут нахилу
Робота котка	помірне ущільнення без налипання	замазування поверхні, грудки не ущільнюються	відрегулювати тиск/положення або змінити строк роботи

3.9. Оцінка очікуваної ефективності модернізації

Модернізація ґрунтообробного агрегату має технологічний, експлуатаційний і економічний ефект. Технологічний ефект полягає в отриманні рівнішого посівного ложа, кращому підрізанні бур'янів і зменшенні кількості великих грудок. Експлуатаційний ефект пов'язаний із захистом робочих органів від перевантажень, зменшенням простоїв на ремонт і підвищенням стабільності роботи на полях з неоднорідним механічним складом ґрунту. Економічний ефект формується за рахунок скорочення кількості проходів і зменшення витрат пального.

У порівнянні з типовим культиватором без пружно-запобіжної стійки запропонована конструкція краще адаптується до змін опору ґрунту. Автоколивальний рух лапи зменшує налипання, а пружинний вузол обмежує ударні навантаження. Завдяки наявності вирівнювача та котка один прохід може замінити окреме вирівнювання і частково окреме прикочування. Це

особливо важливо під час весняної сівби вівса, коли строки робіт короткі, а зайві проходи швидко пересушують верхній шар.

Орієнтовну зміну основних показників наведено на рис. 3.6. Значення є розрахунково-оцінними і можуть уточнюватися за результатами польових випробувань. На практиці ефект залежить від вологості ґрунту, попередника, кількості рослинних решток, технічного стану лап і кваліфікації механізатора.

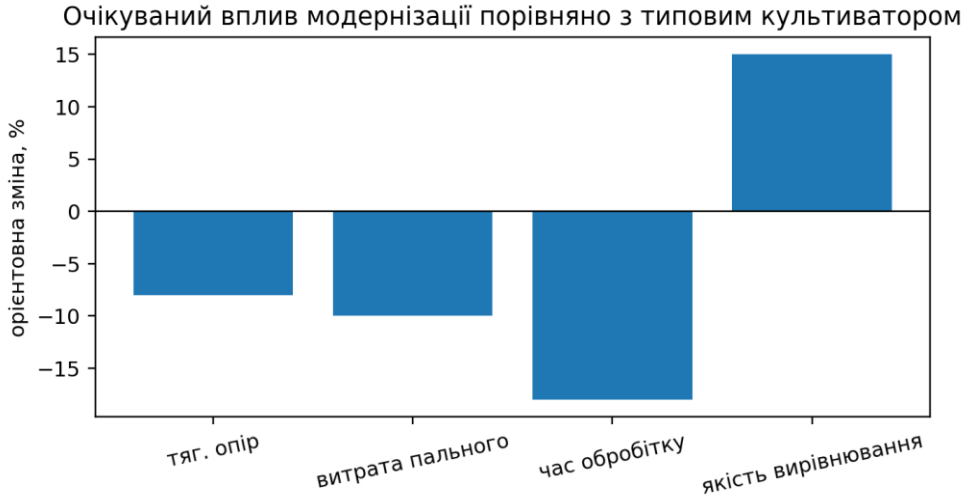


Рис. 3.6. Оцінка впливу модернізації на основні експлуатаційні показники

Таблиця 3.7 – Порівняння базового та модернізованого агрегату

Критерій	Базовий культиватор	Модернізований агрегат
Кількість операцій після проходу	потрібне додаткове вирівнювання або прикочування	культивація, вирівнювання і прикочування виконуються одночасно
Захист робочого органу	переважно жорстке кріплення, висока ударність	пружинний запобіжний вузол з регулюванням
Стабільність глибини	знижується на ущільнених ділянках	підвищується завдяки пружній компенсації та опорним колесам
Схильність до забивання	зростає за наявності рослинних решток	зменшується завдяки куту леза і коливальному режиму
Якість посівного ложа	залежить від додаткових операцій	формується за один прохід
Придатність для вівса	задовільна за оптимальних умов	підвищена в умовах коротких строків весняної сівби

3.10. Технічні вимоги до виготовлення і складання

Під час виготовлення модернізованого вузла особливу увагу слід приділяти точності взаємного розміщення стійки, стакана і лапи. Перекіс

стакана призводить до заїдання стрижня, нерівномірного стиску пружини та прискореного зношування напрямних поверхонь. Зварні шви рами виконують суцільними або переривчастими залежно від навантаження, але в місцях кріплення стійок потрібна підвищена жорсткість і відсутність непроварів. Після зварювання раму перевіряють на скручування, а посадочні поверхні очищують від напливів металу.

Робочі органи повинні мати однакову висоту встановлення. Допустиме відхилення по нижніх кромках лап не повинно перевищувати кількох міліметрів, інакше частина лап працюватиме глибше, а частина лише дряпатиме поверхню. Пружини підбирають попарно за жорсткістю, щоб у рядку не було значної різниці порогів спрацювання. Перед складанням різьбові частини очищують і змащують, а після регулювання гайки фіксують шплінтом або іншим стопорним елементом.

Захисне покриття має витримувати абразивну дію ґрунту, вологу та залишки добрив. Неробочі поверхні доцільно фарбувати антикорозійною емаллю, а рухомі з’єднання захищати мастилом. Різальні кромки лап не фарбують у зоні контакту з ґрунтом, але перед зберіганням їх покривають консерваційним матеріалом. У міжсезоння агрегат зберігають під навісом або на майданчику з твердим покриттям, пружини розвантажують, а лапи очищують від налиплого ґрунту.

Висновки по розділу

У конструкторській частині обґрунтовано модернізацію ґрунтообробного агрегату для технології вирощування вівса. Запропоновано комбіновану конструкцію, яка поєднує стрілчасті лапи, вирівнювальну планку та прикочувальний коток. Основним удосконаленням є пружно-запобіжний робочий орган з регульованою пружиною, стрижнем змінного перерізу і змінною лапою. Такий орган здатний працювати у режимі малих автоколивань, що підвищує якість кришення ґрунту, сприяє самоочищенню леза і зменшує ударні навантаження.

Виконано геометричне обґрунтування стрілчастої лапи та схеми її розміщення. За коефіцієнта тертя рослинних решток по лезу f = 0,82 прийнято кут розхилу лез 2γ = 90°, що забезпечує ковзальне різання і зменшує ймовірність обмотування коріння. Для ширини лапи 270 мм і поздовжньої відстані між рядами 550 мм розраховано перекриття близько 77 мм. Кількість робочих органів прийнято 21 шт., що забезпечує суцільне підрізання бур'янів при ширині захвату 4,2 м.

Розрахований тяговий опір агрегату становить 14,15 кН. Середнє навантаження на один робочий орган дорівнює 0,674 кН, а сила початку спрацювання запобіжного механізму з урахуванням коефіцієнта запасу становить 1,01 кН. За прийнятою схемою важелів попереднє зусилля пружини складає приблизно 3,3 кН, максимальне робоче зусилля – 3,6 кН. Перевірка пружини з діаметром дроту 11 мм і середнім діаметром 63 мм показала, що максимальне дотичне напруження 549 МПа не перевищує допустиме 610 МПа.

Перевірка стійки на згин підтвердила достатній запас міцності при розрахунковому моменті 0,586 кН·м. Запропоновано матеріали, способи зміцнення і вимоги до складання основних деталей. Очікуваний результат модернізації полягає у зменшенні тягового опору і витрат пального, підвищенні якості передпосівного обробітку, скороченні кількості проходів по полю та підвищенні надійності агрегату у разі зустрічі з перешкодами. Отже, модернізований ґрунтообробний агрегат є доцільним елементом комплексу машин для вирощування вівса.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто комплекс питань, пов’язаних із підвищенням ефективності механізованої технології вирощування вівса в умовах Лісостепу Житомирської області. Встановлено, що овес є важливою зерновою культурою продовольчого, кормового та агротехнічного призначення, а ефективність його вирощування значною мірою залежить від якості підготовки ґрунту, своєчасності сівби, раціонального захисту посівів, оптимального використання техніки та дотримання агротехнічних строків виконання робіт.

У першому розділі проаналізовано існуючі технології вирощування вівса, динаміку посівних площ в Україні та світі, сучасний рівень механізації виробничих процесів, а також перспективи впровадження роботизованих систем і штучного інтелекту в аграрне виробництво. Визначено, що традиційні технології вирощування вівса потребують удосконалення через високі витрати пального, значну кількість проходів техніки полем, ризик ущільнення ґрунту, нерівномірність виконання окремих операцій та недостатній рівень оперативного контролю за станом посівів. Обґрунтовано доцільність використання сучасних засобів точного землеробства, зокрема БПЛА зі штучним інтелектом для моніторингу стану посівів, виявлення проблемних ділянок, оцінювання густоти рослин, забур’яненості, проявів хвороб і нестачі елементів живлення.

У другому розділі розроблено технологію вирощування вівса на площі 100 га для умов Лісостепу Житомирської області. Складено технологічну карту, у якій передбачено виконання основного та передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, моніторинг, обприскування агродроном, збирання врожаю та транспортування зерна. Для виконання технологічних операцій підібрано сучасний комплекс машин, який забезпечує високу продуктивність, якість робіт, зменшення витрат праці та ефективне використання машинно-тракторного парку. Розроблений графік завантаження

техніки дав змогу узгодити строки виконання операцій, уникнути простоїв і забезпечити раціональний розподіл технічних ресурсів протягом виробничого сезону.

У конструкторській частині роботи обґрунтовано модернізацію ґрунтообробного агрегату, спрямовану на підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту під овес. Запропоноване конструктивне рішення дає змогу поєднати розпушування, вирівнювання та прикочування ґрунту, що сприяє формуванню рівномірного посівного шару, збереженню вологи, покращенню контакту насіння з ґрунтом і створенню сприятливих умов для появи дружних сходів. Проведені розрахунки тягового опору, розміщення робочих органів і параметрів запобіжної пружини підтверджують працездатність запропонованої модернізації та її відповідність умовам експлуатації.

У результаті виконання роботи встановлено, що впровадження обґрунтованого комплексу машин, застосування БПЛА для моніторингу посівів, використання агродрона для обприскування та модернізованого ґрунтообробного агрегату дозволяє підвищити технологічну надійність вирощування вівса. Запропоновані рішення сприяють зменшенню витрат пального, скороченню кількості проходів техніки по полю, зниженню ущільнення ґрунту, підвищенню рівномірності обробітку та покращенню екологічної безпеки виробництва. Практичне значення роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані аграрними підприємствами для вдосконалення механізованої технології вирощування вівса, раціонального комплектування машинно-тракторного парку та підвищення ефективності виробництва зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заєць М. Л. Оцінка рівномірності розподілення насіння для розкидного способу сівби сільськогосподарських культур. Наукові читання–2020: Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, Житомир: ЖНАЕУ, 2020. с. 59-62.

2. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. 2-ге вид., випр. Київ : Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.

3. Каленська С. М., Мокрієнко В. А., Антал Т. В. Рослинництво : навч. посіб. Київ : Прінтеко, 2024. 562 с.

4. Зінченко О. І. Рослинництво : підручник. 3-тє вид., допов. і перероб. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2016. 612 с.

5. Каленська С. М., Дмитришак М. Я., Мокрієнко В. А. Зернові та зернобобові культури : навч. посіб. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 356 с.

6. Рослинництво : підручник / С. М. Каленська, О. Я. Шевчук, М. Я. Дмитришак та ін. ; за ред. О. Я. Шевчука. Київ : НАУ, 2005. 502 с.

7. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. 2-ге вид. Київ : Каравела, 2017. 552 с.

8. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Університетська книга, 2008. 543 с.

9. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015.

10. Марченко В. В. Механізація технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. Київ : Кондор, 2007. 334 с.

11. Кобець О. М., Науменко О. А., Іщенко Т. Д. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : навч. посіб. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2009.

12. Державна служба статистики України. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур : офіційна державна статистична інформація. URL: https://data.gov.ua/dataset/e1b16ae7-9ab0-45e8-99c4-4cce58f0e60c (дата звернення: 25.06.2026).

13. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні / Міністерство економіки України. URL: https://me.gov.ua/Documents/Detail/c5e26c83-ac95-43b8-8d53-a5f8f907099f (дата звернення: 25.06.2026).

14. FAOSTAT. Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (date of access: 25.06.2026).

15. E-agriculture in action: Drones for agriculture. Bangkok : FAO and ITU, 2018. URL: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8494en (date of access: 25.06.2026).

16. DJI Mavic 3 Multispectral. Specifications. DJI Agriculture. URL: https://ag.dji.com/mavic-3-m/specs (date of access: 25.06.2026).

17. DJI Agras T50. Specifications. DJI Agriculture. URL: https://ag.dji.com/t50/specs (date of access: 25.06.2026).

18. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture. 2012. Vol. 13. P. 693–712.

19. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

20. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.

21. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.

22. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

23. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

24. Duckett T., Pearson S., Blackmore S., Grieve B., Chen W.-H., Cielniak G. et al. Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. UK-RAS White Papers. 2018. URL: https://arxiv.org/abs/1806.06762 (date of access: 25.06.2026).