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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Ткачук Богдан Русланович

УДК 631.331:633.63

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення комплексу машин для вирощування озимого ріпаку 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 _____ Ткачук Б.Р.

Керівник роботи
Білецький В.Р.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Ткачук Богдан Русланович. Удосконалення комплексу машин для вирощування озимого ріпаку 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 удосконалення комплексу машин для виробництва озимого ріпаку з детальною розробкою технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту. Обґрунтовано актуальність вирощування озимого ріпаку в умовах Житомирської області та визначено основні чинники, що впливають на формування стабільної врожайності культури. Проаналізовано технологію вирощування озимого ріпаку, агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту та перспективні напрями її вдосконалення. У роботі спроєктовано технологію вирощування культури, розроблено технологічну карту та підібрано машинно-тракторні агрегати для виконання основних виробничих операцій. Особливу увагу приділено агрегату у складі трактора ХТЗ-150 і двох культиваторів КПС-4, який використовується для суцільної культивації перед сівбою озимого ріпаку. Запропоновано модернізацію культиватора КПС-4 з метою підвищення якості розпушування, вирівнювання та прикочування ґрунту. Виконано конструктивні, технологічні й техніко-економічні розрахунки, які підтверджують доцільність упровадження запропонованого технічного рішення. Розглянуто питання охорони праці під час виконання польових робіт і доведено, що запропоновані рішення сприяють підвищенню продуктивності, зниженню витрат та покращенню умов формування сходів озимого ріпаку.

Ключові слова: озимий ріпак, передпосівний обробіток, комплекс машин, культиватор КПС-4, ХТЗ-150.

ANNOTATION

Bogdan Ruslanovich Tkachuk. Improvements to the machinery package for growing winter rapeseed, 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 improvement of machinery for winter rapeseed production, with a detailed analysis of the pre-sowing soil preparation process. It justifies the relevance of growing winter rapeseed in the Zhytomyr region and identifies the main factors influencing the achievement of stable crop yields. The technology for growing winter rapeseed, the agronomic requirements for pre-sowing soil preparation and promising avenues for its improvement are analysed. The thesis outlines a cultivation strategy for the crop, develops a technological flowchart and selects machinery and tractor combinations for carrying out the main production operations. Particular attention is paid to the combination comprising an HTZ-150 tractor and two KPS-4 cultivators, which is used for full-depth cultivation prior to sowing winter rapeseed. A modernisation of the KPS-4 cultivator is proposed with the aim of improving the quality of soil loosening, levelling and rolling. Design, technological and technical-economic calculations have been carried out, confirming the feasibility of implementing the proposed technical solution. Occupational health and safety issues during field work have been considered, and it has been demonstrated that the proposed solutions contribute to increased productivity, reduced costs and improved conditions for the emergence of winter rapeseed seedlings.

Keywords: winter rapeseed, pre-sowing tillage, machine combination, KPS-4 cultivator, HTZ-150.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО РІПАКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ…….9
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО РІПАКУ……..……17
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА КПС-4 ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ОЗИМИЙ РІПАК……...29
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ…….……..44
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……..53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…….……62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….……..…..64

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Озимий ріпак є однією з найбільш важливих технічних культур сучасного аграрного виробництва. Його вирощування має велике господарське значення, оскільки насіння ріпаку використовується для виробництва рослинної олії, білкових кормів, біопалива та інших продуктів переробки. Завдяки високій рентабельності, стабільному попиту на продукцію та важливій ролі у сівозміні озимий ріпак займає помітне місце в структурі посівних площ сільськогосподарських підприємств України. Крім того, ця культура сприяє поліпшенню фітосанітарного стану полів, є добрим попередником для зернових культур і забезпечує раціональніше використання машинно-тракторного парку в осінній та весняний періоди.

Водночас озимий ріпак належить до культур, які висувають підвищені вимоги до технології вирощування. Особливо важливе значення має якісне виконання передпосівного обробітку ґрунту, оскільки насіння ріпаку є дрібним і потребує рівномірного загортання на невелику глибину. Для одержання дружних сходів необхідно сформувати вирівняне, дрібногрудочкувате, достатньо ущільнене посівне ложе з оптимальним вмістом вологи у верхньому шарі ґрунту. Недостатня якість підготовки поля може призвести до нерівномірної глибини сівби, зрідженості посівів, слабкого розвитку рослин восени та зниження їх зимостійкості.

В умовах Житомирської області ефективність вирощування озимого ріпаку значною мірою залежить від правильного врахування ґрунтово-кліматичних умов, строків виконання технологічних операцій, стану машинно-тракторного парку та рівня технічного забезпечення господарств.

Поширеними проблемами залишаються надмірна кількість проходів агрегатів по полю, ущільнення ґрунту, підвищені витрати пального, недостатнє подрібнення грудок і нерівномірне вирівнювання поверхні. У зв’язку з цим актуальним є удосконалення комплексу машин для виробництва

озимого ріпаку, зокрема машин і робочих органів, які використовуються під час передпосівного обробітку.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення якості передпосівної підготовки ґрунту під озимий ріпак, зменшення енергетичних і експлуатаційних витрат, а також забезпечення кращих умов для проростання насіння та розвитку рослин в осінній період. Удосконалення культиватора КПС-4, який використовується в агрегаті з трактором ХТЗ-150, дає можливість підвищити ефективність суцільної культивації, поєднати розпушування, вирівнювання та часткове прикочування ґрунту, а також зменшити кількість додаткових технологічних операцій.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виробництва озимого ріпаку шляхом удосконалення комплексу машин і детальної розробки технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати технологію вирощування озимого ріпаку та визначити перспективні напрями її вдосконалення для умов Житомирської області; спроєктувати технологію вирощування культури та розробити технологічну карту; обґрунтувати склад машинно-тракторних агрегатів для виконання основних технологічних операцій; розробити технічне рішення з удосконалення культиватора КПС-4 для передпосівного обробітку ґрунту; виконати необхідні конструктивні та технологічні розрахунки; розглянути питання охорони праці під час виконання польових робіт; провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих проєктних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес виробництва озимого ріпаку в умовах сільськогосподарського підприємства Житомирської області.

Предметом дослідження є машинно-тракторний агрегат для передпосівного обробітку ґрунту під озимий ріпак та конструктивно-технологічні параметри удосконаленого культиватора КПС-4.

У процесі виконання роботи використано методи аналізу технологічних процесів, порівняння машинно-тракторних агрегатів, агротехнічного

обґрунтування операцій, інженерних розрахунків, розрахунку продуктивності агрегатів, визначення експлуатаційних витрат та оцінювання економічної ефективності проєктних рішень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. . Білецький В.Р., Словінський А.Й., Ткачук Б.Р. Оптимізація машинно-тракторних агрегатів для основного обробітку ґрунту в умовах мінливого зволоження. 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. 89-91.

2. Дерев'янко Д. А., Отвивінський В. А., Олійник А. В., Кравченко А. Ю., Ткачук Б. Р. Способи підвищення зносостійкості стрілчастих лап культиваторів. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026. С. 123-126.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані технологічні та конструктивні рішення можуть бути використані в господарствах, які вирощують озимий ріпак, для підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту, зменшення витрат пального і робочого часу, покращення умов проростання насіння та формування рівномірних сходів. Удосконалення культиватора КПС-4 дозволяє більш повно використовувати можливості агрегату ХТЗ-150 + два КПС-4 та підвищити ефективність виконання суцільної культивації перед сівбою озимого ріпаку.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи є актуальною, має практичне виробниче значення і спрямована на вирішення важливого завдання – підвищення технологічної, енергетичної та економічної

ефективності виробництва озимого ріпаку за рахунок удосконалення комплексу машин і покращення якості передпосівного обробітку ґрунту.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 25 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок комп'ютерного тексту, містить 5 рисунків, 12 таблиць та 3 додатки

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО РІПАКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У розділі виконано аналіз технології вирощування озимого ріпаку, природно-кліматичних умов Житомирської області, вимог культури до передпосівного обробітку ґрунту та складу машинного комплексу. Основну увагу приділено операціям, що визначають якість насіннєвого ложа, дружність сходів і передумови доброї перезимівлі посівів.

1.1. Значення озимого ріпаку та технологічні вимоги культури

Озимий ріпак є однією з найважливіших олійних культур для сучасного землеробства України. Його вирощують для одержання рослинної олії, білкового шроту, кормових компонентів і сировини для переробної промисловості. Для господарств Полісся та Лісостепу культура цінна тим, що рано звільняє поле, дає змогу раціональніше завантажити машинно-тракторний парк і є добрим попередником для багатьох зернових культур за умови дотримання сівозміни.

Біологічна особливість озимого ріпаку полягає у потребі сформувати до зими міцну розетку, достатньо розвинену кореневу шийку та стрижневу кореневу систему. Восени рослини мають увійти у стан загартування, але не перерости, оскільки перерослі або ослаблені посіви гірше перезимовують. Нерівномірні сходи, загущення, нестача вологи в посівному шарі, пізні строки сівби та ущільнення ґрунту знижують зимостійкість і майбутню продуктивність культури.

Ріпак належить до дрібнонасінних культур, тому потребує вирівняного поля, твердого вологого ложа і дрібногрудкуватого верхнього шару. Насіння повинно бути розміщене на однаковій глибині, переважно 2-3 см, із добрим контактом із ґрунтом. Отже, передпосівний обробіток є однією з

найвідповідальніших операцій у технології, бо саме він забезпечує рівномірне загортання насіння, швидку появу сходів і нормальний розвиток кореня.

1.2. Природно-кліматичні умови Житомирської області

Житомирська область розташована в зоні Полісся і частково Лісостепу, що зумовлює різноманітність ґрунтового покриву та неоднакові умови зволоження. Клімат області помірно континентальний, з вологим літом і порівняно м’якою зимою. За регіональними характеристиками, середня температура січня становить близько -5,7 °C, липня – близько +18,9 °C, а річна сума опадів змінюється орієнтовно від 570 мм на півдні до 600 мм на півночі області [1]. Такі умови загалом сприятливі для вирощування озимого ріпаку, але результат значною мірою залежить від вологи у серпні-вересні.

Ґрунтовий покрив області неоднорідний. На півночі поширені дерново-підзолисті піщані, супіщані й суглинкові ґрунти, місцями оглеєні різновиди, а в південній частині трапляються сірі лісові та чорноземні відміни [2]. Для озимого ріпаку найкращими є родючі, структурні, добре окультурені ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією. На кислих дерново-підзолистих ґрунтах важливо передбачати вапнування, системне внесення добрив і недопущення ущільнення орного шару.

Для умов Житомирщини основними ризиками під час вирощування озимого ріпаку є пересихання верхнього шару на легких ґрунтах, утворення кірки після інтенсивних опадів, нерівномірне розкладання пожнивних решток і короткий період між збиранням попередника та оптимальними строками сівби. Тому технологія має бути спрямована на збереження вологи, своєчасне вирівнювання поля та скорочення кількості проходів машин по поверхні ґрунту.

Таблиця 1.1 – Вплив умов Житомирської області на технологію вирощування озимого ріпаку

Чинник	Характеристика	Технологічне значення
Клімат	Помірно континентальний, вологе літо, м’яка зима	Загалом сприятливі умови для зимівлі за доброї осінньої підготовки рослин
Опади	Близько 570-600 мм на рік, значна частина у теплий період	Потрібне збереження вологи в посівному шарі та запобігання кірці
Ґрунти Полісся	Дерново-підзолисті, супіщані, місцями оглеєні	Потрібні ощадний обробіток, контроль кислотності та ущільнення
Південні райони	Сірі лісові та чорноземні відміни	Краща родючість, але важливе вирівнювання й недопущення брилуватості

Технологія вирощування озимого ріпаку починається з правильного вибору попередника. Найкращими є культури, які рано звільняють поле і залишають час для якісного обробітку: озимий ячмінь, ранні зернові, зернобобові, рання картопля, однорічні трави або зайняті пари. Небажаним є розміщення ріпаку після культур родини капустяних або часте повернення його на те саме поле, оскільки це підвищує ризик хвороб, шкідників і забур’янення.

Після збирання попередника виконують подрібнення та рівномірний розподіл соломи, лущення стерні, провокування проростання падалиці й бур’янів. За рекомендаціями щодо підготовки ґрунту під ріпак, лущення може проводитися на 8-10 см, а за великої кількості решток або ущільненого шару застосовують глибше дискування на 14-16 см [3]. У традиційній системі після цього виконують оранку на 20-25 см з боронуванням або коткуванням, а в ресурсозберігальних системах - дисковий, лаповий або чизельний обробіток без обороту пласта.

Передпосівна підготовка має забезпечити однорідний посівний шар. У рекомендаціях з технології ріпаку підкреслюється важливість мілкої культивації на 3-5 см і коткування, оскільки ріпак краще розвивається у

ґрунті, де збережена волога, сформоване тверде ложе і дрібногрудкуватий верхній шар [4]. Сівбу виконують зерновими, зерно-трав’яними або спеціальними пневматичними сівалками з подальшим прикочуванням, особливо на легких ґрунтах і за нестачі вологи.

Догляд за посівами включає захист від бур’янів, шкідників і хвороб, осінню регуляцію росту, весняне підживлення та захист у період бутонізації і цвітіння. Останніми роками зростає роль інтегрованого захисту, бо порушення сівозміни сприяє поширенню гнилей, в’янення, снігової плісняви, чорної ніжки та інших хвороб ріпаку [5]. Отже, удосконалення технології має охоплювати не лише машини, а й організацію сівозміни, контроль решток і точне дотримання строків.

Таблиця 1.2 – Узагальнена технологічна схема вирощування озимого ріпаку

Етап	Операції	Машини	Критерії якості
Після попередника	Подрібнення соломи, лущення стерні	Комбайн, дискова борона, лущильник	Рівномірні рештки, закриття вологи
Основний обробіток	Оранка, глибоке розпушення або мінімальний обробіток	Плуг, чизель, дисколаповий агрегат	Відсутність ущільнення, вирівняний шар
Передпосівна підготовка	Культивація, вирівнювання, прикочування	Комбінований агрегат, культиватор, коток	Глибина 3-5 см, тверде ложе
Сівба і догляд	Сівба, коткування, захист, підживлення	Сівалка, котки, обприскувач, розкидач	Дружні сходи, здорова розетка
Збирання	Пряме комбайнування або роздільне збирання	Комбайн з ріпаковим столом	Мінімальні втрати насіння

1.4. Передпосівний обробіток ґрунту як об’єкт удосконалення

Передпосівний обробіток ґрунту під озимий ріпак є завершальною операцією підготовки поля до сівби. Його завданням є створення дрібногрудкуватого верхнього шару і вологого ущільненого ложа, на яке буде покладене насіння. Для дрібнонасінної культури неприпустимими є брили, колії, гребені, неоднакова глибина розпушення та пересушений посівний шар. Навіть незначне погіршення якості цієї операції призводить до нерівномірних сходів і зменшення зимостійкості рослин.

Передпосівний обробіток повинен виконуватися на мінімально необхідну глибину, переважно 3-5 см, із максимально коротким проміжком до сівби. Якщо культивацію провести задовго до сівби, підготовлений шар швидко втрачає вологу. Якщо виконувати її по перезволоженому ґрунту, утворюються грудки й ущільнені ділянки. Тому найкращим організаційним рішенням є виконання обробітку і сівби в один день або застосування ґрунтообробно-посівного комплексу.

В умовах Житомирської області потрібно диференціювати глибину та інтенсивність обробітку. На легких супіщаних ґрунтах слід зменшувати кількість проходів і ширше застосовувати прикочування, щоб зберегти вологу. На важчих суглинках важливо завчасно виконувати основний обробіток, уникати пізньої оранки перед сівбою і застосовувати робочі органи, які добре вирівнюють поле та не створюють брил. На ущільнених ділянках доцільне періодичне глибоке розпушення.

Перспективним технічним рішенням є комбінований передпосівний агрегат, який у одному проході виконує вирівнювання, мілке розпушення, подрібнення грудок і прикочування. Такий агрегат зменшує кількість проходів, скорочує витрати палива, зберігає вологу і забезпечує однорідні умови для роботи сівалки. Саме тому його доцільно розглядати як основний об’єкт удосконалення у подальших розділах кваліфікаційної роботи.

Таблиця 1.3 – Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту

Показник	Рекомендована вимога	Наслідки порушення
Глибина	Переважно 3-5 см, рівномірно по ширині захвату	Нерівномірна глибина сівби, затримка сходів
Поверхня поля	Вирівняна, без брил, колій і гребенів	Погане копіювання сівалкою, втрати насіння
Структура шару	Дрібногрудкувата, без надмірного пилення	Кірка після дощу, слабке проростання
Насіннєве ложе	Вологе, помірно ущільнене	Низька польова схожість
Кількість проходів	Мінімальна, бажано 1-2 проходи	Ущільнення, перевитрата палива, втрати вологи

1.5. Аналіз комплексу машин і напрями його модернізації

Комплекс машин для виробництва озимого ріпаку включає техніку для збирання попередника, подрібнення і розподілу соломи, лущення стерні, основного та передпосівного обробітку, внесення добрив, сівби, коткування, захисту рослин і збирання врожаю. У межах теми роботи найбільше значення має ґрунтообробна частина комплексу, оскільки вона визначає якість посівного шару та умови для проростання насіння.

Традиційний комплекс, що передбачає окреме виконання дискування, оранки, боронування, культивації, коткування і сівби, є технологічно зрозумілим, але енергоємним. Його недоліками є велика кількість проходів, ущільнення ґрунту, втрати вологи і залежність від тривалості агротехнічного строку. Для господарств Житомирщини це суттєво, бо в роки з нестійкою погодою підготовка поля може затягуватися, а посівний шар пересихає.

Ресурсозберігальний комплекс доцільно формувати на основі дискових, лапових, чизельних і комбінованих агрегатів. Найперспективнішим є поєднання передпосівного агрегату з вирівнювальною планкою, пружинними або лаповими робочими органами та котками. За правильного агрегатування з трактором та налаштування глибини такий комплекс забезпечує високу продуктивність, менші витрати палива і кращу якість насіннєвого ложа.

Таблиця 1.4 – Порівняння варіантів комплексу машин

Варіант	Склад машин	Переваги	Недоліки
Традиційний	Лущильник, плуг, борона, культиватор, коток, сівалка	Добре загортання решток, ефективне знищення бур’янів	Багато проходів, високі витрати, ризик пересушування
Мінімальний	Дискова борона, стерньовий культиватор, сівалка	Швидка підготовка, менші витрати, збереження вологи	Потребує рівномірних решток і контролю ущільнення
Комбінований	Передпосівний агрегат з вирівнювачем, лапами і котками	Формування ложа за один прохід, висока якість сівби	Потребує точного налаштування і достатньої потужності трактора
Ґрунтообробно-посівний	Комбінований агрегат із сівалкою	Мінімальний розрив між обробітком і сівбою	Вища вартість і складніше обслуговування

1.6. Перспективні шляхи вдосконалення технології для умов області

Першим перспективним напрямом є скорочення кількості проходів машин завдяки комбінованому передпосівному обробітку. Це дає змогу зменшити ущільнення, зберегти вологу і швидше підготувати поле в оптимальний строк. Для озимого ріпаку така перевага особливо важлива, бо дружність сходів прямо залежить від стану верхніх 3-5 см ґрунту.

Другим напрямом є диференційований обробіток залежно від типу ґрунту. На легких ґрунтах Полісся технологія має бути ощадною, із мінімальним перемішуванням і обов’язковим прикочуванням. На важчих ґрунтах необхідно забезпечити завчасне розпушення, вирівнювання та недопущення брилуватості. На ущільнених полях доцільно періодично застосовувати глибокорозпушувачі або чизельні агрегати.

Третім напрямом є покращення управління пожнивними рештками. Солома після зернових попередників має бути подрібнена і рівномірно розподілена, інакше вона заважає роботі культиватора та сошників сівалки. Якісне лущення стерні одразу після збирання попередника сприяє збереженню вологи, проростанню падалиці та полегшує наступний обробіток.

Четвертим напрямом є точне налаштування машин і впровадження елементів точного землеробства. Контроль глибини, швидкості руху, тиску котків, прямолінійності проходів і перекриттів підвищує якість операцій та зменшує витрати. Для полів Житомирської області, де ґрунтові умови часто неоднорідні, корисними є навігація, агрохімічне картування і періодичний контроль ущільнення.

Висновки по розділу

Озимий ріпак є перспективною культурою для господарств Житомирської області, але його продуктивність значною мірою залежить від якості осінньої підготовки поля та стану рослин перед зимівлею. Природні

умови області загалом сприятливі для культури, однак строкатість ґрунтів, ризик пересихання посівного шару і перезволоження окремих ділянок потребують диференційованого обробітку. Найважливішою операцією є передпосівний обробіток, який має сформувати вологе ущільнене насіннєве ложе і дрібногрудкуватий верхній шар на глибину 3-5 см. Традиційний багатопрохідний комплекс машин має високу енергоємність і збільшує ризик втрат вологи, тому потребує модернізації. Найдоцільнішим напрямом удосконалення є застосування комбінованого передпосівного агрегату або ґрунтообробно-посівного комплексу, що скорочує проходи, підвищує якість сівби і створює кращі

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО РІПАКУ

2.1. Вихідні дані та агротехнічна мета проєктування

Проєктування технології вирощування озимого ріпаку для умов Житомирської області виконується з урахуванням зональних особливостей Полісся і перехідної лісостепової частини області. Для цієї території характерні достатні запаси атмосферної вологи, однак розподіл опадів протягом серпня-вересня нерівномірний, що суттєво впливає на якість передпосівного обробітку та появу дружних сходів. Озимий ріпак формує дрібне насіння, тому потребує дрібногрудкуватого, вирівняного, ущільненого знизу і розпушеного зверху посівного шару. Найбільш критичними операціями у технології є швидке закриття вологи після збирання попередника, основний обробіток без утворення брил, якісна суцільна культивація на задану глибину, своєчасна сівба та захист молодих рослин від бур’янів, шкідників і переростання.

Метою розроблення другого розділу є формування раціональної технологічної схеми вирощування озимого ріпаку, добір комплексу машин і тракторів, а також розрахунок технологічної карти для умов умовного виробничого поля площею 100 га. Така площа прийнята як базова розрахункова одиниця, оскільки вона зручна для визначення норм витрат палива, трудових витрат, потреби в агрегатах і строків виконання польових робіт. У разі зміни площі господарства показники технологічної карти можуть бути перераховані пропорційно до фактичної площі.

Проєктована технологія орієнтована на одержання стабільної врожайності 3,0-3,5 т/га за умови дотримання строків сівби, забезпечення оптимальної густоти рослин перед входженням у зиму, збереження вологи в посівному шарі та своєчасного внесення мінеральних добрив. Для розрахунків прийнято планову врожайність 3,2 т/га, що відповідає

середньоінтенсивному рівню виробництва для господарств із достатнім технічним забезпеченням. Передбачається розміщення озимого ріпаку після озимої пшениці або ранніх зернових культур, які рано звільняють поле і дають можливість виконати комплекс операцій до оптимальних строків сівби.

Під час добору машин перевагу надано сучасним високопродуктивним агрегатам із системами точного землеробства, автоматичного водіння, контролю норми висіву, секційного відключення і можливістю роботи за електронними картами-завданнями. Водночас, згідно із завданням кваліфікаційної роботи, операція суцільної передпосівної культивації виконується агрегатом ХТЗ-150 з двома культиваторами КПС-4. Саме цей культиватор приймається базовою машиною для подальшого удосконалення у третьому розділі, тому в технологічній карті його параметри виділено окремо.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проєктування технології

Показник	Прийняте значення	Обґрунтування
Площа посіву	100 га	Базова площа для розрахунку технологічної карти
Попередник	озима пшениця або ранній ячмінь	Рано звільняють поле і дають час для підготовки ґрунту
Планова врожайність	3,2 т/га	Реалістичний рівень для інтенсивної технології в умовах Житомирщини
Гібрид/сорт	сучасний зимостійкий гібрид 00-типу	Стійкість до розтріскування стручків і хвороб
Норма висіву	3,0-4,0 кг/га	Забезпечення 40-55 рослин/м² перед зимівлею
Ширина міжрядь	12,5 см	Суцільний рядковий спосіб сівби сучасною сівалкою
Глибина загортання насіння	2-3 см	Для дрібного насіння і достатньої вологості посівного шару
Основне удобрення	NPK 8:20:30, 300 кг/га	Коригується за агрохімічним аналізом ґрунту
Азотне підживлення	100-140 кг д.р. N/га за два строки	Залежить від густоти, стану посіву і запасів вологи

2.2. Обґрунтування послідовності технологічних операцій

Технологічний процес вирощування озимого ріпаку починається відразу після збирання попередника. Запізнення з першим обробітком стерні призводить до втрати вологи, ущільнення верхнього шару, гіршого проростання падалиці та бур’янів. Тому першим заходом передбачено

поверхневе дискування або лущення стерні на глибину 6-8 см. Воно подрібнює рослинні рештки, провокує проростання бур’янів, частково знищує шкідників і створює умови для якісного виконання наступних операцій.

Основний обробіток ґрунту для озимого ріпаку повинен забезпечити глибокий водо- і повітропроникний шар, адже культура формує стрижневий корінь і дуже чутлива до ущільнення. В умовах Житомирської області доцільним є застосування глибокого розпушування на 25-30 см або комбінованого чизельного обробітку. Такий спосіб менше висушує ґрунт порівняно з оранкою, зберігає частину рослинних решток на поверхні і сприяє накопиченню продуктивної вологи. Якщо поле сильно забур’янене або має значну кількість післяжнивних решток, допускається попереднє дискування в два сліди.

Після основного обробітку проводять вирівнювання поверхні, внесення основних мінеральних добрив і формування посівного шару. Вирівнювання є особливо важливим, оскільки насіння ріпаку дрібне і за нерівномірної глибини загортання частина рослин сходить пізніше, слабше розвивається восени та погано зимує. Передпосівний обробіток повинен проводитися безпосередньо перед сівбою, щоб не допустити пересихання верхнього шару. У проєкті ця операція виконується агрегатом ХТЗ-150 + два КПС-4 із сумарною шириною захвату 8 м.

Сівба виконується в оптимальні строки для північних і центральних районів України – орієнтовно з 10 до 25 серпня, залежно від запасів вологи і прогнозу температур. Ранній посів може спричинити переростання рослин, утворення видовженої кореневої шийки і зниження зимостійкості. Запізнілий посів, навпаки, не забезпечує формування 6-8 справжніх листків, діаметра кореневої шийки 8-10 мм і достатнього запасу пластичних речовин перед зимівлею. Тому технологічна карта орієнтована на високу продуктивність машин у короткому агротехнічному вікні.

Догляд за посівами включає досходове або ранньопісляхсходове внесення гербіциду, осінній фунгіцидно-інсектицидний захист із регуляцією росту, весняне підживлення азотом у два строки, моніторинг шкідників і хвороб, а за потреби - десикацію перед збиранням. Збирання доцільно проводити прямим комбайнуванням із використанням ріпакового столу та бокових ножів, оскільки стручки легко розтріскуються і втрати насіння можуть швидко зростати при затримці робіт.

У схемі центральною операцією для теми кваліфікаційної роботи є суцільна передпосівна культивація. Вона визначає якість посівного ложа, рівномірність глибини загортання насіння і дружність сходів. Тому подальша модернізація культиватора КПС-4 має бути спрямована на стабілізацію глибини ходу робочих органів, покращення кришення ґрунту, вирівнювання поверхні поля та зменшення енергетичних витрат агрегату.

2.3. Добір сучасного комплексу машин і тракторів

Для інтенсивної технології вирощування озимого ріпаку доцільно застосовувати машинно-тракторний парк, здатний виконувати операції у стислий строк і забезпечувати високу точність. У сучасних умовах найбільш ефективними є трактори тягового класу 3-5 із потужністю 250-450 к.с., які працюють з широкозахватними ґрунтообробними агрегатами, пневматичними сівалками та високопродуктивними розкидачами добрив. На важких операціях рекомендовано використовувати John Deere 8R, CLAAS AXION 900, Fendt 900 Vario або аналоги. Для допоміжних операцій, внесення добрив і транспортування можуть застосовуватися трактори потужністю 220-300 к.с.

Вибір сучасної сівалки має особливе значення, оскільки озимий ріпак реагує на нерівномірність висіву значно сильніше, ніж зернові культури. У проєкті рекомендовано сівалку Väderstad Rapid A 600C, яка поєднує передпосівний обробіток, ущільнення, точне розміщення насіння та можливість внесення стартового добрива. Робоча ширина 6 м, міжряддя 12,5

см і значна місткість бункера дають можливість швидко засівати великі площі у короткі строки. За наявності системи змінної норми висіву така сівалка може працювати з електронними картами поля, змінюючи норму залежно від родючості ґрунту та рельєфу.

Для захисту рослин доцільно застосовувати самохідний або причіпний обприскувач із шириною штанги 24-36 м, стабілізацією штанги, GPS-контролем перекриттів і можливістю точного внесення робочої рідини. Це зменшує перевитрати препаратів і знижує ризик фітотоксичності, що особливо важливо для ріпаку на ранніх фазах розвитку. Для збирання доцільним є використання сучасного зернозбирального комбайна CLAAS LEXION, John Deere X9, Case IH Axial-Flow або аналогічної машини з ріпаковим столом і боковими ножами.

Окремо слід зазначити, що агрегат ХТЗ-150 + два КПС-4 не належить до найновіших машин, однак його включення в технологічну карту є цільовою умовою проєкту. Це дає змогу показати, як на базі наявної в господарствах техніки можна сформувати робочий агрегат для передпосівного обробітку, а в наступному розділі обґрунтувати модернізацію культиватора. Застосування двох культиваторів КПС-4 збільшує сумарну ширину захвату до 8 м і дає змогу ефективно використовувати тягові можливості трактора ХТЗ-150 у легкому та середньому за опором ґрунті.

Таблиця 2.2 – Проєктний комплекс машин для вирощування озимого ріпаку

Операція	Рекомендований агрегат	Робоча ширина, м	Швидкість, км/год	Переваги
Дискування стерні	John Deere 8R 410 + HORSCH Joker 8 RT	8,0	10-14	Швидке подрібнення решток і закриття вологи
Глибоке розпушування	John Deere 8R 410 + Bednar Terraland TO 6000	6,0	6-8	Руйнування ущільненого шару без надмірного висушування
Внесення добрив	Fendt 724 Vario + Amazone ZG-TS 10001	до 36	10-14	Точна норма і висока продуктивність

Продовження таблиці 2.2.

Передпосівна культивація	ХТЗ-150 + два КПС-4	8,0	8-10	Базова операція для подальшого удосконалення КПС-4
Сівба	John Deere 8R 410 + Väderstad Rapid A 600C	6,0	8-12	Точне розміщення насіння і стартового добрива
Захист рослин	John Deere R4040i / Amazone UX 6201 Super	24-36	12-16	Секційне відключення, стабілізація штанги
Збирання	CLAAS LEXION 8900 + ріпаковий стіл	10,8	4-6	Зменшення втрат від розтріскування стручків

2.4. Розрахунок параметрів технологічної карти

Розрахунок технологічної карти виконується за єдиною методикою для всіх польових операцій. Основними вихідними показниками є площа посіву, робоча ширина захвату агрегату, робоча швидкість, коефіцієнт використання змінного часу, тривалість зміни, норма витрати палива і склад обслуговуючого персоналу. Для більшості операцій прийнято тривалість зміни 8 год, що відповідає типовій організації польових робіт. У період сівби та збирання за сприятливих умов можливе подовження роботи до 10-12 год, але в розрахунку прийнято стандартну зміну, щоб не завищувати продуктивність.

Змінна продуктивність агрегату визначається за формулою:

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot К_ч \cdot T_{зм}, \quad (2.1)$$

де $W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм; $B_р$ – робоча ширина захвату, м; $V_р$ – робоча швидкість руху, км/год; $К_ч$ – коефіцієнт використання часу зміни; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год; 0,1 - коефіцієнт переведення одиниць вимірювання.

Кількість змін для виконання операції визначається за формулою:

$$n_{зм} = F / W_{зм}, \quad (2.2)$$

де F – площа поля, га.

Машинний час обчислюється як добуток кількості змін на тривалість зміни, а трудові витрати – як добуток машинного часу на кількість працівників, що обслуговують агрегат. Загальна витрата палива визначається множенням питомої норми на площу виконання операції.

Для базової операції передпосівної культивації прийнято агрегат ХТЗ-150 + два культиватори КПС-4. Робоча ширина одного КПС-4 становить 4 м, тому сумарна ширина агрегату становить 8 м. Робоча швидкість прийнята 8 км/год, коефіцієнт використання часу – 0,70, тривалість зміни – 8 год. Тоді змінна продуктивність становить:

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 0{,}70 \cdot 8 = 35{,}8 \text{ га/зм}.$$

Для площі 100 га кількість змін становитиме: $n_{зм} = 100 / 35{,}8 = 2{,}79$ зміни. Машинний час дорівнює $2{,}79 \cdot 8 = 22{,}32$ год. За питомої витрати палива 8 л/га загальна витрата на цю операцію становить 800 л. Отриманий результат показує, що агрегат може виконати передпосівну культивацію за 2-3 робочі зміни, тобто вкладається в агротехнічний строк перед сівбою, але має резерв для модернізації за рахунок підвищення стабільності глибини і зменшення енергомісткості.

Таблиця 2.3 – Приклад розрахунку продуктивності основних агрегатів

Операція	$B_р$, м	$V_р$, км/год	$K_ч$	$W_{зм}$, га/зм	$n_{зм}$	Паливо, л
Лущення стерні	8.0	12.0	0.75	57.6	1.74	650
Глибоке розпушування основного шару ґрунту	6.0	7.0	0.72	24.2	4.13	1600
Суцільна передпосівна культивація	8.0	8.0	0.70	35.8	2.79	800
Сівба озимого ріпаку з локальним внесенням стартового добрива	6.0	10.0	0.65	31.2	3.21	650
Збирання прямим комбайнуванням	10.8	5.0	0.55	23.8	4.21	1200

За результатами попередніх розрахунків сумарна витрата дизельного палива на польові операції становить близько 7410 л на 100 га, або 74.1 л/га. Сумарна трудомісткість становить близько 285.5 люд.-год, що відповідає 2.86

люд.-год/га. Сумарний машинний час польових агрегатів - близько 210.2 маш.-год. Найбільші витрати палива припадають на глибоке розпушування, передпосівну культивацію та збирання, тому саме ці операції мають найбільший потенціал для технічного і технологічного удосконалення.

2.5. Розроблена технологічна карта вирощування озимого ріпаку

Технологічна карта наведена для площі 100 га (табл. 2.4). У ній враховано послідовність виконання операцій, рекомендовані агрегати, продуктивність, витрати палива і трудові витрати. Питомі витрати палива прийнято орієнтовно за довідковими нормами та з урахуванням робочої ширини, швидкості й опору ґрунту. Для фактичного господарства норми уточнюють за паспортами машин, станом ґрунту, довжиною гонів і відстанню перевезень.

2.6. Організація робіт і оцінка проєктної технології

Розроблена технологічна карта показує, що технологію вирощування озимого ріпаку можна організувати у встановлені агротехнічні строки за умови чіткого планування робіт. Найбільш напруженим періодом є серпень, коли потрібно виконати вирівнювання поля, внесення добрив, передпосівну культивацію, сівбу та післяпосівне коткування. Для зменшення ризику запізнення доцільно заздалегідь підготувати насіння, добрива, засоби захисту, налаштувати сівалку і перевірити справність культиваторного агрегату.

Таблиця 2.4 – Технологічна карта вирощування озимого ріпаку на площі 100 га

№	Операція	Строк	Обсяг	Агрегат	В, м	V, км/год	$W_{зм}$	$n_{зм}$	Паливо, л	Праця, люд.-год	Примітка
1	Лущення стерні та поверхневе дискування після попередника	липень	100 га	John Deere 8R 410 + HORSCH Joker 8 RT	8.0	12.0	57.6	1.74	650	13.9	Глибина 6-8 см, подрібнення решток і закриття вологи
2	Глибоке розпушування основного шару ґрунту	липень-серпень	100 га	John Deere 8R 410 + Bednar Terraland TO 6000	6.0	7.0	24.2	4.13	1600	33.1	Глибина 25-30 см, руйнування плужної підошви без вивертання вологих шарів
3	Вирівнювання та закриття вологи комбінованим агрегатом	серпень	100 га	CLAAS AXION 930 + Väderstad Carrier 925	9.2	12.0	66.6	1.50	550	12.0	Дрібногрудкувата структура посівного шару
4	Внесення основного мінерального добрива	серпень	100 га	Fendt 724 Vario + Amazone ZG-TS 10001	36.0	12.0	224.6	0.45	150	3.6	NPK 8:20:30 або аналог, 300 кг/га, за даними агрохіманалізу
5	Суцільна передпосівна культивація	за 1-2 доби до сівби	100 га	ХТЗ-150 + два культиватори КПС-4	8.0	8.0	35.8	2.79	800	22.3	Глибина 4-5 см. Саме культиватор КПС-4 приймається базою для подальшого удосконалення
6	Передпосівне коткування за потреби	серпень	100 га	CLAAS AXION 850 + Dal-Bo MaxiRoll 1230	12.3	10.0	73.8	1.36	300	10.8	Застосовується на легких ґрунтах для вирівнювання глибини загортання насіння
7	Сівба озимого ріпаку з локальним внесенням стартового добрива	10-25 серпня	100 га	John Deere 8R 410 + Väderstad Rapid A 600C	6.0	10.0	31.2	3.21	650	51.3	Норма 3,0-4,0 кг/га, міжрядля 12,5 см, глибина 2-3 см
8	Післяпосівне коткування	після сівби	100 га	CLAAS AXION 850 + Dal-Bo MaxiRoll 1230	12.3	10.0	73.8	1.36	300	10.8	Покращення контакту насіння з ґрунтом, особливо за дефіциту вологи
9	Досходове внесення гербіциду	0-3 доби після сівби	100 га	John Deere R4040i або Amazone UX 6201 Super	36.0	14.0	241.9	0.41	90	3.3	Робоча рідина 150-200 л/га; контроль падалиці та злакових бур’янів
10	Осінній інсектицидно-фунгіцидний обробіток і регуляція росту	фаза 4-6 листків	100 га	John Deere R4040i або Amazone UX 6201 Super	36.0	14.0	241.9	0.41	90	3.3	Захист точки росту, зниження ризику перерostання перед зимівлею
11	Весняне підживлення азотом N1	відновлення вегетації	100 га	Fendt 724 Vario + Amazone ZG-TS 10001	36.0	12.0	224.6	0.45	150	3.6	60-80 кг д.р. N/га залежно від густоти і стану посіву
12	Весняне підживлення азотом N2	бутонізація	100 га	Fendt 724 Vario + Amazone ZG-TS 10001	36.0	12.0	224.6	0.45	150	3.6	40-60 кг д.р. N/га, коригування за вологозабезпеченням
13	Весняний захист від шкідників і хвороб	стеблування-бутонізація	100 га	John Deere R4040i або Amazone UX 6201 Super	36.0	14.0	241.9	0.41	90	3.3	Інсектицид + фунгіцид за результатами моніторингу посівів
14	Передзбиральна десикація за нерівномірного достигання	побуріння 70 % стручків	100 га	John Deere R4040i або Amazone UX 6201 Super	36.0	14.0	241.9	0.41	90	3.3	Виконується лише за потреби, щоб зменшити втрати під час збирання
15	Збирання прямим комбайнуванням	липень	100 га	CLAAS LEXION 8900 + ріпаковий стіл 10,8 м	10.8	5.0	23.8	4.21	1200	67.3	Вологість насіння 8-10 %, ріпаковий стіл і бокові ножі обов’язкові
16	Транспортування насіння від комбайнів	липень	320 т	MAN TGS/зерновоз або трактор Fendt 724 + причепи 2ПТС-12			50.0	2.00	350	32.0	Розраховано для планової врожайності 3,2 т/га і відстані перевезення до 8 км
17	Первинне очищення та доведення насіння до базисних кондицій	після збирання	320 т	ЗАВ/БЦС або сучасний зерноочисний комплекс PETKUS			100.0	1.00	200	8.0	Очистка до домішок не більше 2 %, досушування за потреби

Операція суцільної культивації має виконуватися після внесення основного добрива і не раніше ніж за 1-2 доби до сівби. Основна вимога - забезпечити однакову глибину 4-5 см по всій ширині захвату, не допустити витягування вологого ґрунту на поверхню, сформувати рівне посівне ложе і знищити проростлі бур’яни. Агрегат ХТЗ-150 + два КПС-4 у базовому варіанті має достатню продуктивність, однак під час роботи на нерівному полі можливі коливання глибини, забивання робочих органів рослинними рештками і недостатнє вирівнювання поверхні. Тому подальше удосконалення КПС-4 доцільно спрямувати на встановлення вирівнювально-прикочувального вузла, покращення системи копіювання рельєфу та використання більш зносостійких лап.

Для сівби рекомендовано використовувати пневматичну сівалку з точним дозуванням і контролем висіву. Перед початком роботи необхідно перевірити фактичну норму висіву, калібрувати висівний апарат, встановити глибину 2-3 см і забезпечити рівномірний тиск сошників. На легких ґрунтах Житомирського Полісся після сівби бажане коткування, яке покращує контакт насіння з ґрунтом і підвищує дружність сходів. На перезволожених полях коткування не виконують, щоб не допустити утворення кірки і ущільнення верхнього шару.

Догляд за посівами повинен базуватися не лише на календарних строках, а й на моніторингу фактичного стану поля. Рішення про осінній регулятор росту приймають за фазою розвитку рослин, густотою стояння, температурним режимом і прогнозом перезимівлі. Весняне підживлення розділяють на два строки, щоб уникнути надмірного раннього наростання вегетативної маси і водночас забезпечити рослини азотом у період формування генеративних органів. Захист від шкідників, особливо прихованохоботників і квіткоїда, виконують за економічними порогами шкодочинності.

Збирання ріпаку має бути організоване з мінімальними втратами. Для цього комбайн обладнують ріпаковим столом, боковими ножами і

налаштовують молотильний апарат на обережний обмолот. Транспортні засоби повинні працювати без простоїв комбайна, оскільки затримка збирання у фазі повної стиглості підвищує втрати від обсипання. Після надходження насіння на тік необхідно провести первинне очищення, визначити вологість і, за потреби, досушити партію до кондиційного стану.

Отже, запропонована технологія поєднує сучасні високопродуктивні машини для основних операцій і базовий культиваторний агрегат ХТЗ-150 + два КПС-4 для передпосівної культивації. Такий підхід відповідає темі кваліфікаційної роботи, оскільки дозволяє не лише спроєктувати технологію вирощування озимого ріпаку, а й виділити конкретну технологічну операцію, яка потребує конструктивного удосконалення. Розрахована технологічна карта підтверджує, що передпосівний обробіток є енергоємною і відповідальною операцією, якість якої безпосередньо впливає на польову схожість, рівномірність розвитку рослин і майбутню врожайність.

Висновки по розділу

1. У другому розділі спроєктовано технологію вирощування озимого ріпаку для умов Житомирської області з урахуванням вимог культури до попередника, ґрунтової вологи, якості посівного шару, строків сівби та захисту рослин.

2. Розроблено послідовність технологічних операцій від лущення стерні до первинної доробки насіння після збирання. Центральною операцією для подальшої деталізації прийнято суцільну передпосівну культивацію агрегатом ХТЗ-150 + два КПС-4.

3. Для більшості операцій підібрано сучасні високопродуктивні агрегати: трактори John Deere 8R, CLAAS AXION і Fendt Vario, сівалку Väderstad Rapid A 600C, обприскувачі з GPS-контролем, розкидач Amazone ZG-TS та комбайн CLAAS LEXION із ріпаковим столом.

4. Розрахована технологічна карта для площі 100 га показала, що сумарна витрата палива становить близько 7410 л, або 74,1 л/га, а сумарна

трудомісткість - близько 285,5 люд.-год. Для передпосівної культивації змінна продуктивність агрегату ХТЗ-150 + два КПС-4 становить 35,8 га/зм, що забезпечує виконання операції за 2-3 робочі зміни.

5. Установлено, що культиватор КПС-4 має достатню базову продуктивність, але потребує конструктивного удосконалення для стабілізації глибини обробітку, поліпшення вирівнювання поверхні поля і зниження втрат вологи перед сівбою озимого ріпаку.

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА КПС-4 ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ОЗИМИЙ РІПАК

Передпосівний обробіток ґрунту під озимий ріпак є однією з найбільш відповідальних операцій у всій технології вирощування культури. Насіння ріпаку має малі розміри, тому для дружного проростання воно потребує рівномірного, дрібногрудочкуватого і достатньо ущільненого посівного ложа. За недостатнього вирівнювання поля сівалка не може стабільно витримувати глибину загортання насіння, а за надмірного розпушення верхнього шару погіршується контакт насіння з вологою ґрунту. Тому конструкція машинного агрегату, який виконує суцільну культивацію, повинна забезпечувати не лише підрізання бур'янів і розпушення, а й остаточне вирівнювання та прикочування поверхні.

У технологічній карті вирощування озимого ріпаку для виконання суцільної культивації передбачено агрегат у складі трактора ХТЗ-150 та двох культиваторів КПС-4. Такий варіант є доцільним з погляду наявності машин у господарствах, достатньої продуктивності та можливості роботи на полях середнього розміру. Водночас базова конструкція культиватора КПС-4 не завжди забезпечує потрібний стан поверхні після проходу, особливо за наявності післяжнивних решток, нерівномірної вологості та ущільнених грудок у верхньому горизонті. У зв'язку з цим у розділі запропоновано модернізацію культиватора шляхом встановлення прикочуючо-розпушувального пристрою, який виконує завершальне формування посівного шару.

Основна ідея удосконалення полягає у поєднанні традиційного лапового обробітку з дією секційного планчастого котка. Лапи культиватора розпушують ґрунт і підрізають бур'яни, вирівнювальний брус розподіляє грудки по ширині захвату, а коток додатково кришить верхній шар, ущільнює посівне ложе і створює на поверхні мульчувальний шар. Завдяки

цьому за один прохід агрегату можна підготувати поле до сівби озимого ріпаку без додаткового проходу борін або окремих котків, що зменшує витрати пального, трудомісткість і небезпеку пересушування ґрунту.

3.1. Обґрунтування необхідності модернізації робочого органу

У базових технологіях передпосівного обробітку ґрунту часто використовують послідовне виконання кількох операцій: культивації, боронування, шлейфування та прикочування. Така схема дає змогу поліпшити якість підготовки поля, однак вона збільшує кількість проходів агрегатів, спричиняє додаткове ущільнення ґрунту ходовими системами тракторів і підвищує енергетичні витрати. Для умов вирощування озимого ріпаку це особливо небажано, оскільки сівбу потрібно провести в стислі агротехнічні строки, а після збирання попередника волога швидко втрачається з верхнього шару.

Культиватор КПС-4 належить до універсальних машин для суцільного обробітку ґрунту. Його перевагою є простота конструкції, достатня ремонтопридатність і можливість агрегатування в широкозахватні зчіпки. Проте за роботою лише стрілчастих лап у полі часто залишаються гребені, локально переущільнені ділянки, недорозбиті грудки та нерівномірний шар розпушення. Для дрібнонасінних культур, до яких належить ріпак, такі недоліки безпосередньо впливають на якість сівби та польову схожість.

Удосконалення культиватора доцільно виконати без складної перебудови його базової рами, оскільки головним завданням є збереження технологічної простоти та доступності модернізації для господарства. Найбільш раціональним напрямом є встановлення заднього прикочуючого пристрою у вигляді секційного планчастого котка з регульованим навантаженням. Такий вузол не змінює принципу дії культиватора, але розширює його функціональні можливості: після підрізання і розпушення ґрунту машина одночасно вирівнює, кришить і ущільнює посівний шар.

Під час аналізу ґрунтообробних котків встановлено, що для передпосівної підготовки найбільше значення мають три показники: інтенсивність подрібнення грудок, рівномірність ущільнення по ширині захвату та здатність робочого органу не забиватися ґрунтом і рослинними рештками. Кільчасті котки добре ущільнюють ґрунт, але можуть надмірно заглиблюватися на пухких ділянках. Суцільні гладкі котки формують рівну поверхню, однак за підвищеної вологості створюють кірку. Планчасті котки працюють м'якше, краще самоочищуються, частково подрібнюють грудки ударно-зсувною дією і залишають на поверхні дрібну мульчу.

Таблиця 3.1 – Порівняння базового та модернізованого варіанта культиватора

Показник	Базовий культиватор КПС-4	Модернізований варіант
Кількість операцій за один прохід	Розпушення і підрізання бур'янів	Розпушення, вирівнювання, кришення, прикочування
Стан поверхні після проходу	Можливі гребені та грудки	Вирівняний дрібногрудочкуватий шар
Утримання вологи	Залежить від додаткового прикочування	Поліпшується завдяки ущільненому посівному ложу
Придатність для озимого ріпаку	Обмежена без додаткових операцій	Підвищена за рахунок стабільної глибини сівби
Витрати часу	Зростають через потребу в додатковому проході	Зменшуються завдяки суміщенню операцій

3.2. Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку під озимий ріпак

Передпосівний обробіток під озимий ріпак повинен бути поверхневим, точним і рівномірним. Глибина розпушення має відповідати майбутній глибині загортання насіння та стану ґрунту після основного обробітку. У більшості випадків достатнім є обробіток на глибину 4-6 см, оскільки надмірне розпушення глибших шарів призводить до втрати капілярного підтягування вологи. Для ріпаку важливо сформувати щільніше ложе під насінням і пухкіший мульчувальний шар над ним.

Поверхня поля після проходу агрегату повинна бути вирівняною, без різких гребенів і борозен. Відхилення глибини обробітку по ширині захвату

має бути мінімальним, адже навіть невеликі перепади глибини ускладнюють роботу сівалки та погіршують рівномірність сходів. Для дрібного насіння небажаними є грудки діаметром понад 25-30 мм у зоні рядка, тому робочий орган має виконувати не тільки розпушення, а й додаткове подрібнення.

Умови Житомирської області характеризуються значною строкатістю ґрунтів, поширенням дерново-підзолистих, сірих лісових і легкосуглинкових ґрунтів, а також періодами надмірного зволоження. Тому робочий орган не повинен активно налипати ґрунтом і забиватися рослинними рештками. Конструкція планчастого котка з проміжками між планками є кращою за гладку поверхню, оскільки забезпечує самоочищення та не створює суцільного ущільненого шару на поверхні.

Оптимальна щільність посівного шару для озимого ріпаку має забезпечувати добрий контакт насіння з ґрунтом, але не перешкоджати доступу повітря та росту корінця. Тому прикочування повинно бути помірним. За надмірного тиску ущільнюється верхній шар, посилюється ризик утворення кірки після дощу, а за недостатнього - насіння розміщується у пухкому шарі й втрачає доступ до капілярної вологи. Регулювання навантаження на коток є необхідною умовою універсального використання модернізованого агрегату.

Таблиця 3.2 – Основні вимоги до якості роботи модернізованого агрегату

Агротехнічний показник	Рекомендоване значення для проекту
Глибина передпосівної культивації	4-6 см
Робоча швидкість агрегату	7-9 км/год
Діаметр переважної частини грудок	до 25 мм
Щільність посівного ложа	орієнтовно 1,10-1,25 г/см^3
Питомий тиск прикочуючого органу	0,8-1,2 кН/м
Допустиме забивання рослинними рештками	не допускається в межах безперервної роботи на загінці
Рівномірність обробітку по ширині	без видимих гребенів і необроблених смуг

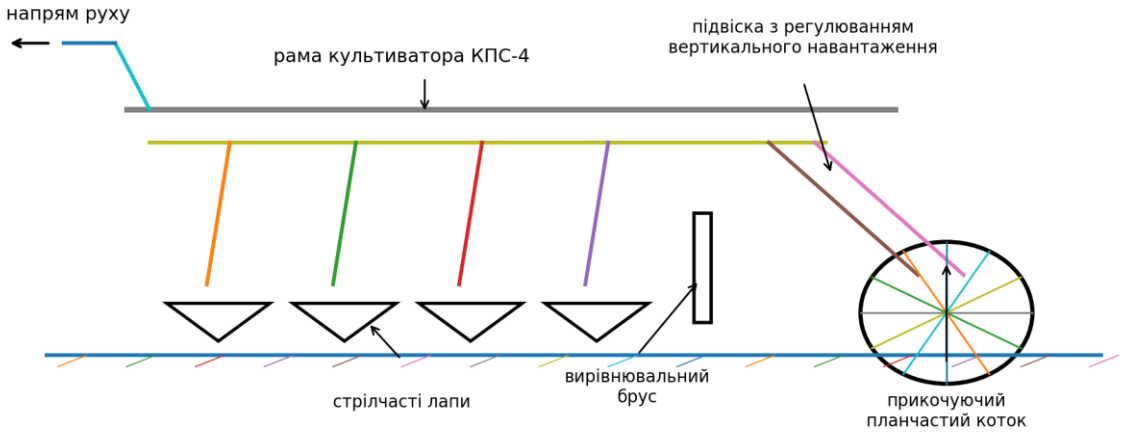
3.3. Конструктивна схема запропонованого удосконалення

Для підвищення якості передпосівного обробітку пропонується встановити на кожний культиватор КПС-4 задній прикочуючий пристрій. Пристрій виконується секційним, що дає змогу копіювати мікрорельєф поля, зменшити навантаження на окремі деталі та спростити технічне обслуговування. Кожна секція містить раму, шарнірне кріплення до заднього бруса культиватора, вал з планчастими робочими елементами, підшипникові вузли та регулювальний механізм притискного зусилля.

Робоча частина котка складається з циліндричного вала, на якому закріплено планки або ребра з кроком, що забезпечує одночасне кришення грудок і самоочищення. Під час перекочування планки періодично входять у контакт із ґрунтом, створюючи ударно-притискну дію. За рахунок цього грудки руйнуються по природних тріщинах, а дрібна фракція частково переміщується в нижню частину посівного шару. Такий характер дії є доцільним для ріпаку, оскільки він не перетворює верхній шар на пил, а формує структурну поверхню.

Підвіска прикочуючого пристрою передбачає можливість зміни вертикального навантаження. У легких ґрунтових умовах тиск котка зменшують, щоб уникнути переущільнення; на грудкуватих або сухих ділянках тиск збільшують для кращого подрібнення. Крім того, секційне виконання поліпшує копіювання поверхні, тому якість роботи зберігається навіть на полях зі слабко вираженим мікрорельєфом.

У модернізованому агрегаті технологічний процес відбувається послідовно. Спочатку стрілчасті лапи культиватора підрізають бур'яни і розпушують верхній шар. Далі вирівнювальний елемент перерозподіляє ґрунтову масу та зменшує гребенистість. Завершальною ланкою є прикочуючий коток, який ущільнює нижню частину посівного шару, кришить грудки і залишає зверху мульчувальну поверхню. Схему розміщення основних елементів наведено на рис. 3.1.



Рису. 3.1. Схема модернізованого культиватора КПС-4 з прикочуючим пристроєм.

3.4. Вибір основних параметрів прикочуючого пристрою

Під час вибору параметрів котка враховано вимоги до передпосівного обробітку, робочу ширину культиватора КПС-4, тягові можливості трактора ХТЗ-150 та необхідність подальшої експлуатації агрегату в умовах господарства. Для одного культиватора робоча ширина становить 4 м. Оскільки в агрегаті застосовуються два культиватори, загальна ширина захвату дорівнює 8 м. Прикочуючий пристрій доцільно виконати у вигляді двох секцій на кожний культиватор, що зменшує довжину вала та підвищує його жорсткість.

Діаметр котка приймаємо 0,38 м. Такий розмір забезпечує стійке перекочування через дрібні нерівності та не створює надмірного опору руху. Зменшення діаметра призвело б до інтенсивного заглиблення планок і збільшення тягового опору, а надмірне збільшення - до ускладнення конструкції та зростання маси. Крок розміщення планок приймаємо 70 мм, що забезпечує достатню частоту контакту з ґрунтом за робочої швидкості 7-9 км/год.

Маса однієї прикочуючої секції приймається 220 кг. За довжини секції 2 м питоме вертикальне навантаження становитиме близько 1,08 кН/м. Таке значення перебуває в межах, які забезпечують ефективне ущільнення

посівного ложа без надмірного переущільнення. У разі потреби навантаження можна змінювати перестановкою регулювальних тяг або зміною попереднього натягу пружинного елемента.

Вал котка пропонується виготовити з труби круглого перерізу, що дозволяє зменшити масу без істотної втрати міцності. Опори вала виконуються у вигляді підшипників ковзання з бронзовими або металополімерними втулками, захищеними від потрапляння абразивних частинок. Таке рішення є простішим і надійнішим у запиленому середовищі порівняно з відкритими підшипниками кочення, які потребують ретельнішого ущільнення.

Таблиця 3.3 – Прийняті конструктивні параметри модернізованого вузла

Параметр	Прийняте значення	Обґрунтування
Кількість культиваторів в агрегаті	2 шт.	забезпечення ширини захвату 8 м
Ширина одного культиватора	4,0 м	відповідає КПС-4
Кількість прикочуючих секцій на один культиватор	2 шт.	краще копіювання рельєфу, менші згинальні моменти
Довжина однієї секції	2,0 м	узгоджена з шириною культиватора
Діаметр котка	0,38 м	стабільне перекочування і помірний опір
Маса однієї секції	220 кг	забезпечення питомого навантаження близько 1,08 кН/м
Крок планок	70 мм	достатнє кришення та самоочищення
Матеріал вала	сталева труба 70×6 мм	необхідна міцність за помірної маси

3.5. Розрахунок продуктивності та тягового опору агрегату

Розрахунок виконуємо для агрегату ХТЗ-150 + 2КПС-4 з урахуванням встановлення прикочуючих секцій. Загальна робоча ширина захвату становить B = 8 м. Робочу швидкість для передпосівної культивації приймаємо v = 8 км/год, оскільки за більшої швидкості може погіршуватися стабільність глибини обробітку, а за меншої - зменшується продуктивність. Коефіцієнт використання часу зміни приймаємо $K_ч$ = 0,75 з урахуванням поворотів, технологічних зупинок і регулювань.

Теоретична годинна продуктивність визначається за формулою: $W_т = 0,1 \cdot B \cdot v$. Після підстановки прийнятих значень одержимо $W_т = 0,1 \cdot 8 \cdot 8 = 6,4$ га/год. Експлуатаційна продуктивність з урахуванням коефіцієнта

використання часу становитиме: $W_е = W_т \cdot K_ч = 6,4 \cdot 0,75 = 4,8$ га/год. Отже, за одну 8-годинну зміну агрегат може якісно підготувати приблизно 38-39 га поля.

Додатковий тяговий опір прикочуючого пристрою визначається як опір коченню. Для однієї секції приймаємо масу m = 220 кг, тоді вага $G = m \cdot g = 220 \cdot 9,81 = 2158$ Н. Коефіцієнт опору коченню для планчастого котка в розпушеному ґрунті приймаємо f = 0,25. Тоді опір коченню однієї секції: $R = f \cdot G = 0,25 \cdot 2158 = 540$ Н.

На двох культиваторах встановлюється чотири секції, тому сумарний додатковий опір становитиме $R_Σ = 4 \cdot 540 = 2160$ Н, або 2,16 кН. Це значення є помірним порівняно з тяговими можливостями трактора ХТЗ-150 і не перевищує резерву, який є під час роботи з двома культиваторами на передпосівній глибині. Таким чином, встановлення прикочуючого пристрою не потребує зміни енергетичного засобу, але дає змогу сумістити дві технологічні операції.

Питоме навантаження на ґрунт для однієї секції визначимо за співвідношенням q = G / L, де L - довжина секції. За L = 2 м маємо q = 2158 / 2 = 1079 Н/м, або 1,08 кН/м. Таке навантаження відповідає вимогам до формування ущільненого посівного ложа під озимий ріпак. При цьому поверхня не ущільнюється суцільно, оскільки контакт із ґрунтом здійснюють планки, між якими зберігаються проміжки для самоочищення.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку продуктивності та додаткового опору

Показник	Позначення	Значення
Загальна ширина захвату	B	8,0 м
Робоча швидкість	v	8,0 км/год
Коефіцієнт використання часу	$K_ч$	0,75
Теоретична продуктивність	$W_т$	6,4 га/год
Експлуатаційна продуктивність	$W_е$	4,8 га/год
Маса однієї коткової секції	m	220 кг
Опір коченню однієї секції	R	0,54 кН
Сумарний додатковий опір	$R_Σ$	2,16 кН
Питоме вертикальне навантаження	q	1,08 кН/м

3.6. Розрахунок елементів кріплення прикочуючого пристрою

Під час руху агрегату з'єднувальні елементи прикочуючого пристрою сприймають тягове зусилля, вертикальні реакції, поштовхи від нерівностей поля та знакозмінні навантаження. Тому перевірку виконуємо за найбільш навантаженими деталями: пальцем шарнірного з'єднання, кронштейном підвіски, зварним швом і підшипниковим вузлом. Для розрахунку приймаємо максимальне поздовжнє зусилля на вузол $F_т = 13{,}2$ кН. Такий підхід створює запас на випадок короткочасних перевантажень.

Перевіримо палець шарнірного з'єднання на зминання. Приймаємо діаметр пальця $d = 30$ мм, довжину поверхні контакту $\delta = 60$ мм. Напруження зминання визначаємо за формулою $p_{зм} = F_т / (d \cdot \delta)$. Після підстановки одержимо $p_{зм} = 13200 / (30 \cdot 60) = 7{,}33$ МПа. Допустиме напруження зминання для сталевих деталей за таких умов значно більше розрахункового, тому палець має достатній запас міцності.

Додатково перевіримо палець на зріз. Оскільки палець працює у двох площинах зрізу, площа зрізу дорівнює $A = 2 \cdot \pi d^2 / 4$. Для $d = 30$ мм маємо $A = 1413$ мм^2. Розрахункове напруження зрізу $\tau = F_т / A = 13200 / 1413 = 9{,}34$ МПа. Отримане значення менше допустимого для конструкційної сталі, тому руйнування пальця за зрізом не очікується.

Кронштейн підвіски приймаємо у вигляді двох щік товщиною $s = 8$ мм і шириною небезпечного перерізу $a = 50$ мм. Площа розрахункового перерізу становить $A = 2 \cdot a \cdot s = 2 \cdot 50 \cdot 8 = 800$ мм2. Напруження розтягу $\sigma = F_т / A = 13200 / 800 = 16{,}5$ МПа. Для сталевої деталі це значення є невеликим, отже кронштейн може сприймати робоче зусилля з достатнім запасом.

Зварне з'єднання кронштейна з рамою перевіряємо на зріз. Приймаємо два кутові шви довжиною по 160 мм, катет шва $k = 4$ мм. Розрахункова площа шва становить $A_ш = 0{,}7 \cdot k \cdot \Sigma l = 0{,}7 \cdot 4 \cdot 320 = 896$ мм^2. Напруження зрізу у шві $\tau_ш = F_т / A_ш = 13200 / 896 = 14{,}7$ МПа. Допустиме напруження для такого типу шва приймають у межах 75-80 МПа, тому зварне з'єднання є працездатним.

Підшипниковий вузол працює в запиленому середовищі, тому для нього важлива не тільки міцність, а й стійкість до абразивного зношування. Замість дерев'яних або відкритих підшипників доцільно застосувати бронзові втулки або сучасні металополімерні підшипники ковзання. Перевіримо питомий тиск для втулки діаметром $d_в$ = 40 мм і довжиною $l_в$ = 50 мм. За вертикального навантаження від однієї секції G = 2158 Н на дві опори отримаємо $p = G / (2 \cdot d_в \cdot l_в) = 2158 / (2 \cdot 40 \cdot 50) = 0{,}54$ МПа. Навіть з урахуванням динамічного коефіцієнта 2,5 питомий тиск становитиме 1,35 МПа, що значно менше допустимого для бронзових втулок.

Таблиця 3.5 – Підсумок перевірки елементів кріплення

Елемент	Розрахункова умова	Отримане значення	Висновок
Палець шарніра	$p_{зм} = F/(d \cdot \delta)$	7,33 МПа	міцність забезпечена
Палець на зріз	$\tau = F/A$	9,34 МПа	запас достатній
Кронштейн підвіски	$\sigma = F/(2as)$	16,5 МПа	працездатний
Зварний шов	$\tau_ш = F/A_ш$	14,7 МПа	менше допустимого
Втулка підшипника	$p = G/(2dl)$	0,54 МПа	допустимий тиск не перевищено

3.7. Розрахунок вала прикочуючої секції на міцність

Вал прикочуючої секції є відповідальним елементом, оскільки сприймає вагу робочих органів, реакцію ґрунту та горизонтальну складову опору коченню. Для зменшення маси і забезпечення достатньої жорсткості приймаємо вал у вигляді сталевої труби зовнішнім діаметром D = 70 мм і товщиною стінки 6 мм. Внутрішній діаметр труби становить d = 58 мм. Відстань між опорами приймаємо l = 1,75 м.

Розрахункову схему вала подаємо як балку на двох опорах, навантажену посередині вертикальною силою G і горизонтальною силою R. Така схема є спрощеною, але вона достатньо точно відображає найбільш небезпечний режим, коли навантаження від ґрунту концентрується на середній частині секції. Схему навантаження наведено на рисунку 3.2.

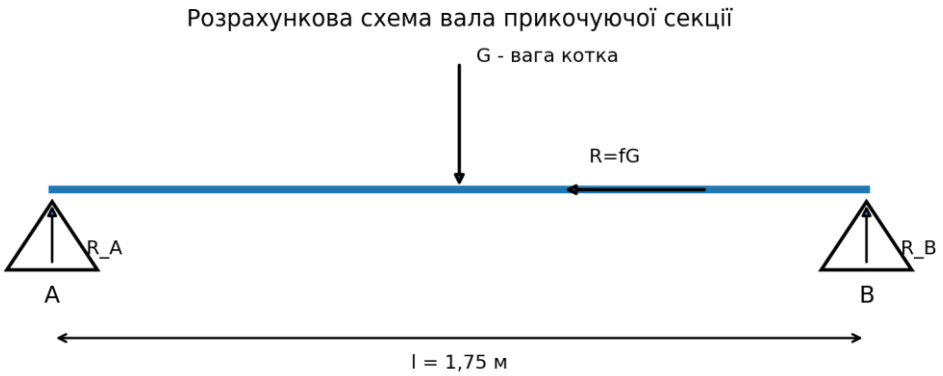


Рис. 3.2ю Розрахункова схема вала прикочуючої секції.

Вертикальний згинальний момент у середині прольоту визначаємо за формулою $M_v = G \cdot l / 4$. Підставляючи G = 2158 Н і l = 1,75 м, одержуємо $M_v = 2158 \cdot 1{,}75 / 4 = 944$ Н·м. Горизонтальний згинальний момент від опору коченню становить $M_h = R \cdot l / 4 = 540 \cdot 1{,}75 / 4 = 236$ Н·м.

Сумарний згинальний момент визначаємо як геометричну суму моментів у двох взаємно перпендикулярних площинах: $M = \sqrt{(M_v^2 + M_h^2)}$. Після підстановки маємо $M = \sqrt{(9442 + 2362)} = 973$ Н·м. Саме це значення використовуємо для перевірки нормальних напружень у небезпечному перерізі.

Момент опору круглого трубчастого перерізу визначається за формулою $W = \pi \cdot (D^4 - d^4) / (32 \cdot D)$. Для D = 70 мм і d = 58 мм маємо $W = 17803$ мм^3. Розрахункове напруження згину дорівнює $\sigma = M / W = 973000 / 17803 = 54{,}7$ МПа. Для сталевої труби це значення є меншим від допустимого напруження, тому прийнятий переріз вала забезпечує міцність.

Окрім міцності, важливо забезпечити жорсткість вала. Надмірний прогин призводив би до нерівномірного контакту планок із ґрунтом і погіршення прикочування по ширині секції. Застосування трубчастого перерізу діаметром 70 мм підвищує жорсткість порівняно з трубою меншого діаметра та не спричиняє істотного збільшення маси. Отже, вибраний вал є раціональним для секції шириною 2 м.

Кутова швидкість обертання котка залежить від поступальної швидкості агрегату. За v = 8 км/год, або 2,22 м/с, і діаметра котка $D_к = 0{,}38$ м

частота обертання становить n = v / (πD_к) = 2,22 / (3,14 · 0,38) = 1,86 об/с, або приблизно 112 об/хв. Така частота є прийнятною для планчастого котка і не спричиняє ударних перевантажень, якщо робоча швидкість не перевищує рекомендованих меж.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку вала прикочуючої секції

Показник	Позначення	Значення
Вага секції	G	2158 Н
Опір коченню	R	540 Н
Відстань між опорами	l	1,75 м
Вертикальний момент	M_v	944 Н·м
Горизонтальний момент	M_h	236 Н·м
Сумарний момент	M	973 Н·м
Момент опору труби 70 х 6 мм	W	17803 мм^3
Розрахункове напруження	σ	54,7 МПа
Частота обертання котка	n	112 об/хв

3.8. Технологічні особливості роботи модернізованого агрегату

Перед початком роботи агрегат необхідно відрегулювати за глибиною культивації, положенням лап і притискним зусиллям прикочуючого пристрою. Глибину обробітку встановлюють відповідно до стану поля та строку сівби. Для озимого ріпаку рекомендується не допускати надмірного заглиблення лап, оскільки це може пересушити посівний шар. Після встановлення глибини перевіряють рівномірність роботи на пробному проході довжиною 50-100 м.

Притискне зусилля котка регулюють залежно від вологості та грудкуватості ґрунту. Якщо ґрунт сухий і грудкуватий, тиск збільшують, щоб посилити кришення. Якщо ґрунт достатньо вологий або має ризик налипання, тиск зменшують, а робочу швидкість підтримують у нижній частині рекомендованого діапазону. За надмірної вологості виконання операції слід перенести, оскільки навіть модернізований коток не усуває ризику замазування поверхні.

Під час роботи механізатор повинен контролювати відсутність забивання між планками та біля підшипникових вузлів. У разі накопичення рослинних решток агрегат зупиняють і очищують робочі органи. Особливу

увагу приділяють крайнім секціям, які частіше працюють на межі обробленої та необробленої смуги. Для зменшення перекриття і необроблених просвітів бажано використовувати систему паралельного водіння або маркерні орієнтири.

Модернізований агрегат доцільно застосовувати після основного або післяжнивного обробітку, коли поле вже має попередньо розпушений шар. Його завданням є не глибоке розпушення, а остаточне формування посівного горизонту. Якщо поле після попередника має значні ущільнення або колії, передпосівна культивація не повинна замінювати основний обробіток. У такому випадку спочатку виконують вирівнювання або глибше розпушення, а модернізований культиватор використовують завершальною операцією перед сівбою.

3.9. Очікувана ефективність запропонованого удосконалення

Установлення прикочуючого пристрою на культиватор КПС-4 забезпечує технологічний ефект за рахунок суміщення кількох операцій. Замість окремого проходу котка або борони господарство отримує готове до сівби поле після однієї культивації. Це скорочує витрати пального, зменшує кількість проходів трактора по полю та знижує ущільнення ґрунту ходовими системами. Для озимого ріпаку це також дає змогу швидше провести сівбу в оптимальний строк.

Якісний ефект полягає у поліпшенні структури посівного шару. Нижня частина шару стає щільнішою і краще проводить вологу до насіння, а верхня залишається дрібногрудочкуватою і виконує мульчувальну функцію. За таких умов насіння розміщується на більш однаковій глибині, сходи з'являються дружніше, а рослини краще входять у зимовий період. Вирівняна поверхня також полегшує подальше внесення засобів захисту рослин і збирання врожаю.

Конструктивний ефект полягає в тому, що модернізація не вимагає заміни базової машини. Культиватор КПС-4 залишається основою агрегату, а

прикочуючий пристрій може виготовлятися у ремонтній майстерні або встановлюватися як навісний модуль. Використання секційної схеми зменшує навантаження на вал, полегшує транспортування і спрощує ремонт. За потреби окрему секцію можна зняти без повного демонтажу всього пристрою.

Розрахунки показали, що додатковий тяговий опір становить близько 2,16 кН для всього агрегату, тобто не потребує переходу на потужніший трактор. Експлуатаційна продуктивність на рівні 4,8 га/год залишається достатньою для виконання передпосівного обробітку в агротехнічні строки. Міцність пальця, кронштейна, зварного шва, підшипникових вузлів і вала забезпечена з запасом, що підтверджує працездатність запропонованої конструкції.

Таблиця 3.7 – Очікувані переваги модернізованого культиватора

Напрям ефекту	Очікуваний результат
Агротехнічний	краще вирівнювання поля, стабільніше посівне ложе, дрібногрудочкувата поверхня
Енергетичний	зменшення потреби в окремому проході котка або борони
Експлуатаційний	збереження агрегатування з трактором ХТЗ-150 і двома КПС-4
Конструктивний	модульна секційна будова, просте обслуговування і можливість регулювання навантаження
Економічний	скорочення витрат пального, робочого часу і зношування техніки
Агрономічний	підвищення рівномірності сходів озимого ріпаку та кращі умови перезимівлі

Висновки по розділу

У розділі обґрунтовано необхідність удосконалення культиватора КПС-4, який використовується у складі агрегату ХТЗ-150 + 2КПС-4 для суцільної передпосівної культивації під озимий ріпак. Встановлено, що базова машина забезпечує розпушення і підрізання бур'янів, але потребує доповнення робочим органом, який виконує вирівнювання, кришення грудок і помірне прикочування посівного шару.

Запропоновано встановити на культиватор секційний планчастий прикочуючий пристрій з регулюванням вертикального навантаження.

Прийнято діаметр котка 0,38 м, довжину секції 2 м, масу секції 220 кг і питоме навантаження 1,08 кН/м. Такі параметри відповідають вимогам до підготовки ґрунту під дрібнонасінну культуру та забезпечують формування ущільненого посівного ложа з мульчувальним верхнім шаром.

Розрахунки показали, що додатковий опір коченню чотирьох секцій становить близько 2,16 кН, а продуктивність агрегату при ширині захвату 8 м і швидкості 8 км/год дорівнює приблизно 4,8 га/год. Перевірка пальця, кронштейна, зварного шва, підшипникових вузлів і вала засвідчила достатній запас міцності. Отже, запропоноване удосконалення є технічно обґрунтованим, конструктивно простим і доцільним для використання у технології вирощування озимого ріпаку в умовах Житомирської області.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці під час виробництва озимого ріпаку

Охорона праці у проєкті удосконалення комплексу машин для виробництва озимого ріпаку розглядається як система організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя та здоров’я працівників під час виконання механізованих польових робіт. Вирощування озимого ріпаку включає лущення стерні, основний і передпосівний обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, захист рослин, збирання та транспортування врожаю. Кожна з цих операцій виконується із застосуванням тракторів, ґрунтообробних машин, сівалок, розкидачів добрив, обприскувачів, комбайнів і транспортних засобів, тому безпечність виробництва залежить від технічного стану машин, кваліфікації персоналу та правильної організації робочого процесу.

Особливу увагу в кваліфікаційній роботі приділено технологічній операції передпосівного обробітку ґрунту, оскільки саме вона безпосередньо пов’язана з темою модернізації культиватора КПС-4. Для суцільної культивації прийнято агрегат у складі трактора ХТЗ-150 та двох культиваторів КПС-4, що дає змогу збільшити ширину захвату, скоротити кількість проходів по полю та підвищити продуктивність роботи. Разом із тим зростають вимоги до безпечного агрегатування, виконання розворотів на краях поля, контролю за робочими органами, перевірки кріплень і дотримання допустимих швидкісних режимів.

Удосконалення культиватора має забезпечувати не лише агротехнічний ефект, а й зменшення фізичного навантаження на механізатора, зниження ризику травмування під час налаштування та обслуговування робочих органів.

Нормативною основою організації безпечних умов праці є Закон України «Про охорону праці», Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, чинні правила пожежної безпеки, інструкції з експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин, а також локальні інструкції підприємства. Роботодавець зобов’язаний забезпечити працівників справною технікою, засобами індивідуального захисту, провести навчання та інструктажі, організувати медичний контроль і не допускати до роботи осіб, які не мають відповідної підготовки або перебувають у стані втоми. Механізатор повинен дотримуватися технологічної дисципліни, не усувати несправності під час руху агрегату, не перевозити сторонніх осіб на машині та зупиняти роботу у разі появи небезпечної ситуації.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання технологічних операцій з вирощування озимого ріпаку працівники можуть зазнавати дії механічних, фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних факторів. Найбільш характерними є ризики наїзду та перекидання машин, защемлення у місцях з’єднання трактора з причіпними знаряддями, травмування робочими органами культиваторів, вплив пилу, шуму, вібрації, підвищеної або зниженої температури повітря, а також контакт із мінеральними добривами та засобами захисту рослин. Для умов Житомирської області додаткове значення мають весняні та осінні періоди з підвищеною вологістю ґрунту, що може погіршувати зчеплення коліс із поверхнею поля та підвищувати ризик буксування чи некерованого зміщення агрегату на схилах.

Небезпечні фактори доцільно розглядати за етапами технологічного процесу. Під час підготовки агрегату виникає небезпека падіння важких деталей, защемлення пальців у навісних і зчіпних механізмах, травмування під час регулювання глибини ходу лап культиватора. На полі основними загрозами є рух агрегату з великою шириною захвату, обмежена оглядовість, нерівності рельєфу, раптова поява людей або перешкод у робочій зоні. При

внесенні добрив і виконанні хімічного захисту з’являються фактори, пов’язані з пилом, аерозолями та подразнювальною дією речовин. Під час збирання ріпаку збільшується пожежна небезпека через суху рослинну масу, підвищену температуру вузлів машин і накопичення пилу біля двигуна та приводів.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори під час вирощування озимого ріпаку

Технологічна операція	Можливий небезпечний фактор	Наслідок	Профілактичний захід
Підготовка трактора і культиватора	Защемлення у зчіпному пристрої, падіння робочих органів	Травмування рук і ніг, забої	Зчіпку виконувати за командою однієї особи; використовувати справні пальці, упори та фіксатори
Суцільна культивація агрегатом ХТЗ-150 + 2КПС-4	Рух широкозахватного агрегату, розвороти, нерівності поля	Наїзд, перекидання, пошкодження агрегату	Дотримуватися швидкості, мати вільну розворотну смугу, не допускати людей у небезпечну зону
Внесення добрив	Пил, контакт із гранулами і тарою	Подразнення шкіри, очей, органів дихання	Застосовувати рукавиці, окуляри, респіратор; проводити завантаження з навітряного боку
Хімічний захист посівів	Аерозолі робочого розчину, забруднення одягу	Отруєння, алергічні реакції	Працювати у ЗІЗ, дотримуватися інструкції препарату, не виконувати обробку при сильному вітрі
Збирання озимого ріпаку	Суха рослинна маса, пил, нагрівання вузлів	Пожежа, опіки, пошкодження техніки	Очищати вузли від пилу, мати вогнегасники, контролювати стан електропроводки та паливної системи
Транспортування урожаю	Рух дорогами, обмежена видимість, гальмівний шлях	ДТП, травмування працівників	Перевіряти освітлення, гальма, фіксацію бортів; не перевозити людей у кузові

4.3. Вимоги безпеки під час передпосівного обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту під озимий ріпак має виконуватися у стислі агротехнічні строки, тому механізовані роботи часто проводяться інтенсивно і в умовах підвищеного організаційного навантаження. Це

вимагає чіткого планування маршрутів руху, забезпечення справності техніки та встановлення відповідальності за кожну операцію. Перед виїздом у поле трактор ХТЗ-150 і два культиватори КПС-4 оглядають, перевіряють стан шин або гусеничних елементів, рульового керування, гальм, освітлення, зчіпних пристроїв, гідросистеми, захисних кожухів і кріплень робочих органів. Несправні вузли не допускаються до роботи, а регулювання лап, котків або вирівнювальних пристроїв виконують тільки після повної зупинки агрегату та вимкнення двигуна.

Під час агрегатування двох культиваторів КПС-4 необхідно забезпечити симетричність зчіпки, однакову глибину ходу робочих органів і відсутність перекосів рами. Механізатор повинен починати рух плавно, без ривків, щоб уникнути руйнування зчіпного пристрою або травмування працівника, який виконує контрольну перевірку. Перебування людей між трактором і культиваторами під час подавання трактора назад забороняється. Команди подає одна призначена особа, яка перебуває у полі зору механізатора. Після завершення зчіпки перевіряють фіксацію пальців, шплінтів, кронштейнів, тягових елементів і гідравлічних шлангів.

У робочому положенні агрегат має значну ширину захвату, тому небезпечно виконувати розвороти біля людей, транспортних засобів, ліній електропередач, канав або дерев. Краї поля потрібно підготувати так, щоб ширина розворотної смуги відповідала габаритам агрегату. Робоча швидкість вибирається з урахуванням стану ґрунту, рельєфу, вологості та технічного стану культиваторів. Під час руху не дозволяється ставати на раму, очищати лапи від рослинних решток, підтягувати болти або наближатися до котків і шлейфів. Якщо робочі органи забилися ґрунтом чи рослинними рештками, агрегат зупиняють у безпечному місці, робочі органи опускають на землю, двигун вимикають, а після цього виконують очищення спеціальним інструментом.

4.4. Розрахункова оцінка виробничих ризиків

Для обґрунтування ефективності запропонованих заходів проведемо орієнтовну оцінку виробничого ризику за трьома показниками: імовірність виникнення небезпечної події P, тяжкість можливих наслідків S та частота перебування працівника у зоні дії небезпечного фактора E. Кожен показник приймаємо за умовною шкалою: P - від 1 до 5, S - від 1 до 5, E - від 1 до 3. Інтегральний показник ризику визначимо за формулою:

$$R = P \cdot S \cdot E, \quad (4.1)$$

де R - умовний рівень виробничого ризику; P - імовірність небезпечної події; S - тяжкість наслідків; E - частота перебування працівника у небезпечній зоні. Ризик вважаємо допустимим при R до 10, помірним при R від 11 до 30 і високим при R понад 30. Після впровадження заходів безпеки імовірність або частота контакту з небезпечним фактором повинні зменшуватися, що знижує загальний рівень ризику.

Таблиця 4.2 – Оцінка виробничих ризиків для технології вирощування озимого ріпаку

Небезпечна ситуація	R до заходів	R після заходів	Основний захід контролю
Перекидання або занесення агрегату на нерівній ділянці поля	30	10	Підготовка розворотних смуг, вибір безпечної швидкості
Защемлення під час зчіпки трактора з культиваторами	32	16	Команди однієї особи, справні фіксатори і пальці
Травмування робочими органами під час очищення КПС-4	16	8	Зупинка агрегату, опускання робочих органів, використання інструменту
Вплив пилу, шуму та вібрації на механізатора	36	18	Справна кабіна, фільтрація повітря, перерви та ЗІЗ
Контакт із добривами або робочими розчинами засобів захисту	24	8	ЗІЗ, контроль напрямку вітру, безпечне завантаження
Пожежонебезпечна ситуація під час збирання ріпаку	20	10	Очищення вузлів, справна електропроводка, вогнегасники

Сумарний умовний показник ризику до впровадження заходів становить $\Sigma R_1 = 158$, після впровадження заходів – $\Sigma R_2 = 70$. Відносне зменшення ризику визначимо за формулою:

$$\eta = ((\Sigma R_1 - \Sigma R_2) / \Sigma R_1) \cdot 100\ \%, \quad (4.2)$$

Підставивши значення, отримаємо: $\eta = ((158 - 70) / 158) \cdot 100 = 55.7$ %. Отже, запропонована система заходів дає змогу знизити умовний рівень виробничого ризику приблизно на 56 %, що є достатнім для переходу більшості операцій із високої або помірної категорії ризику до допустимої чи контрольованої.

4.5. Організаційні та технічні заходи безпеки

Організаційні заходи охорони праці повинні починатися з планування робіт. Перед початком сезону керівник господарства або відповідальна особа складає графік технічного огляду машин, перевіряє наявність інструкцій, журналів інструктажів, медичних допусків, засобів індивідуального захисту та комплектів першої допомоги. Механізатори проходять вступний, первинний, повторний і позаплановий інструктажі відповідно до характеру виконуваних робіт. Працівники, які залучаються до внесення добрив і хімічного захисту рослин, повинні бути ознайомлені з правилами безпечного поводження з відповідними матеріалами, порядком використання захисного одягу та діями у разі аварійного забруднення.

Технічні заходи безпеки для агрегату ХТЗ-150 + два КПС-4 передбачають справність зчіпного пристрою, наявність фіксаторів, запобіжних елементів, справних гідравлічних шлангів і захисних огороджень. На модернізованому культиваторі доцільно передбачити зручні точки регулювання, які не потребують перебування працівника під піднятою рамою. Кріплення прикочуючого пристрою, котків, лап, пружинних елементів і стійок повинні бути доступними для огляду, але захищеними від самовідгвинчування. Поверхні, що можуть контактувати з руками працівника під час регулювання, не повинні мати гострих кромок, задирок або тріщин.

Під час роботи в полі необхідно дотримуватися безпечної дистанції між агрегатами, уникати руху поперек крутих схилів, не виконувати різких поворотів на підвищеній швидкості та не допускати перевантаження трактора. У темний час доби польові роботи дозволяються лише за справного

освітлення, позначення габаритів агрегату та наявності зв’язку між учасниками виробничого процесу. Рух дорогами загального користування здійснюється у транспортному положенні з надійно зафіксованими секціями культиваторів, справною світловою сигналізацією та дотриманням правил дорожнього руху.

Таблиця 4.3 – Засоби індивідуального захисту для основних робіт

Вид робіт	Основні ЗІЗ	Кількість працівників	Потреба, комплектів
Передпосівний обробіток ґрунту	Спецодяг, захисне взуття, рукавиці, окуляри від пилу	1 механізатор + 1 помічник	2
Внесення мінеральних добрив	Рукавиці, окуляри, респіратор, спецодяг	2 працівники	2
Обприскування посівів	Захисний костюм, рукавиці, окуляри, респіратор	1 механізатор + 1 працівник	2
Технічне обслуговування машин	Рукавиці, окуляри, спецодяг, переносний ліхтар	2 працівники	2

4.6. Санітарно-гігієнічні, пожежні та екологічні вимоги

Санітарно-гігієнічні умови праці механізатора визначаються мікрокліматом кабіни, рівнем шуму і вібрації, запиленістю повітря та тривалістю зміни. Для зниження втоми необхідно підтримувати справність сидіння, амортизаторів, ущільнень кабіни, системи вентиляції та фільтрації повітря. У спекотний період роботи планують так, щоб найбільш напружені операції виконувалися в ранкові або вечірні години, а в середині зміни передбачалися регламентовані перерви. Механізатор повинен мати питну воду, аптечку, засоби зв’язку та можливість швидкого повідомлення відповідальної особи про несправність або погіршення самопочуття.

Орієнтовну потребу в питній воді для польової ланки визначимо за нормою не менше 2 л на одного працівника за зміну. Якщо в ланці працюють чотири особи, мінімальна кількість води становить $Q = 4 \cdot 2 = 8$ л. З урахуванням 25 % резерву приймаємо $Q_р = 8 \cdot 1{,}25 = 10$ л на зміну. Вода повинна зберігатися у чистій закритій тарі, а місце відпочинку працівників розміщують поза зоною руху агрегатів, пилового шлейфу та ділянками зберігання добрив або засобів захисту рослин.

Пожежна безпека особливо важлива під час збирання ріпаку і транспортування сухої рослинної маси. Трактори, комбайни та транспортні засоби повинні бути укомплектовані первинними засобами пожежогасіння, а паливна система, електропроводка, акумуляторні батареї та вихлопна система мають перебувати у справному стані. Перед початком роботи очищають двигун, радіатор, підкапотний простір і рухомі вузли від пилу та рослинних решток. Забороняється експлуатувати машину з підтіканням пального або мастила, з несправною електропроводкою, відсутніми кришками паливних баків і пошкодженими елементами захисту.

Екологічна безпека під час вирощування озимого ріпаку пов’язана з недопущенням забруднення ґрунту, водних об’єктів і повітря. Технічне обслуговування машин не слід проводити безпосередньо на полі у місцях, де можливе потрапляння мастил у ґрунт. Залишки пакувальних матеріалів, фільтри, забруднені ганчірки та тара збираються окремо і передаються на утилізацію відповідно до правил підприємства. При обприскуванні необхідно враховувати напрямок вітру, відстань до населених пунктів, пасік і водойм, а також не допускати знесення робочого розчину на суміжні ділянки.

4.7. Дії працівників у разі аварійної ситуації та висновки до розділу

У разі виявлення несправності трактора або культиватора механізатор повинен негайно зупинити агрегат, опустити робочі органи на землю, вимкнути двигун, увімкнути стоянкове гальмо і повідомити відповідальну особу. Якщо виникла пожежонебезпечна ситуація, працівники повинні припинити роботу, відвести людей на безпечну відстань і застосувати первинні засоби пожежогасіння лише тоді, коли це не створює загрози їхньому життю. При травмуванні працівника необхідно зупинити агрегат, надати домедичну допомогу в межах підготовки, викликати медичну допомогу і зберегти обстановку на місці події для подальшого розслідування, якщо це не загрожує іншим особам.

У розділі проаналізовано умови праці під час виробництва озимого ріпаку та виділено основні небезпечні фактори, характерні для передпосівного обробітку ґрунту агрегатом ХТЗ-150 + два культиватори КПС-4. Запропоновано організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, пожежні та екологічні заходи, спрямовані на зниження виробничого ризику. Проведена розрахункова оцінка показала, що впровадження заходів безпеки зменшує умовний сумарний рівень ризику з 158 до 70 балів, тобто приблизно на 56 %. Найбільш важливими напрямами є справність зчіпного пристрою, безпечне регулювання робочих органів культиватора, дотримання безпечних дистанцій, застосування засобів індивідуального захисту та підтримання пожежної готовності техніки. Таким чином, запропонована система охорони праці забезпечує безпечне виконання технологічних операцій і може бути використана під час практичного впровадження удосконаленого комплексу машин.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета та вихідні умови економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень виконується для визначення доцільності удосконалення комплексу машин, який використовується під час виробництва озимого ріпаку, з особливим акцентом на технологічній операції передпосівного обробітку ґрунту. У попередніх розділах було обґрунтовано застосування агрегату у складі трактора ХТЗ-150 та двох культиваторів КПС-4 для суцільної культивації. У третьому розділі запропоновано модернізацію культиватора, спрямовану на підвищення якості розпушування, вирівнювання та часткового прикочування посівного шару. Тому економічна оцінка має показати, чи компенсують отримані виробничі переваги витрати на виготовлення та впровадження удосконалених робочих органів.

Для умов господарства Житомирської області важливими є не тільки прямі витрати на паливо, оплату праці та ремонт машин, а й здатність технічного рішення забезпечити своєчасне виконання робіт. Озимий ріпак потребує якісного передпосівного обробітку, дрібногрудочкуватої структури верхнього шару, ущільненого насіннєвого ложа і мінімальної втрати ґрунтової вологи. Якщо передпосівна операція виконується кількома розрізненими проходами, зростають витрати палива, ущільнення ґрунту колесами, тривалість підготовки поля та ризик виходу за оптимальні строки сівби. Модернізований культиватор повинен скоротити частину цих втрат за рахунок поєднання розпушування, вирівнювання і прикочування в одному технологічному проході.

Розрахунки виконано для площі озимого ріпаку 100 га. Оскільки культиватор КПС-4 може використовуватися не лише під ріпак, а й під інші культури сівозміни, річне завантаження модернізованого агрегату прийнято на рівні 300 га. Такий підхід дозволяє об’єктивніше оцінити окупність

конструктивного вдосконалення, адже витрати на модернізацію припадають не на одну операцію, а на весь сезонний обсяг передпосівних робіт. Ціни та вартісні показники в розділі прийнято як розрахункові для навчального проєкту; у практичних умовах вони можуть уточнюватися за фактичними цінами господарства.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Площа посіву озимого ріпаку	$F_р$	га	100
Річне завантаження модернізованого культиватора	$F_{річ}$	га	300
Склад агрегату для суцільної культивації	-	-	ХТЗ-150 + 2КПС-4
Робоча ширина захвату двох культиваторів	B	м	8.0
Робоча швидкість базового агрегату	$v_б$	км/год	9.0
Робоча швидкість проєктного агрегату	$v_п$	км/год	8.5
Ціна дизельного пального, прийнята для розрахунку	Цп	грн/л	58
Тарифна ставка механізатора з нарахуваннями	З	грн/год	140 · 1,22
Розрахункова ціна насіння озимого ріпаку	Цр	грн/т	17000
Очікуване підвищення урожайності за рахунок якіснішого посівного ложа	ΔУ	т/га	0.08

5.2. Порівняння базової та проєктної технологічної схеми

У базовій технології передпосівна підготовка ґрунту передбачає суцільну культивацію агрегатом ХТЗ-150 + два культиватори КПС-4, після чого для остаточного вирівнювання й ущільнення посівного шару виконується додатковий прохід прикочуючим або боронувальним агрегатом. Така схема є простою і поширеною, однак вона збільшує кількість проходів по полю. Кожний додатковий прохід потребує палива, робочого часу, оплати праці, технічного обслуговування та створює додаткове ущільнення ґрунту ходовими системами трактора. Крім того, між операціями може виникати розрив у часі, через що верхній шар ґрунту пересихає і втрачає оптимальний стан для сівби дрібного насіння ріпаку.

Проєктна схема передбачає використання того самого енергетичного засобу і пари культиваторів КПС-4, але культиватори обладнуються

удосконаленим прикочуючо-вирівнювальним пристроєм. Він працює безпосередньо після лап культиватора, подрібнює грудки, вирівнює поверхню поля, частково ущільнює насіннєве ложе та зменшує втрати вологи. Тому окремий прохід прикочуючого агрегату після культивації не потрібний. Проєктне рішення не вимагає придбання нового трактора або повної заміни наявних культиваторів, що є важливою перевагою для господарства з обмеженим інвестиційним ресурсом.

Очікуваний економічний результат формується з двох груп ефектів. Перша група - пряме зменшення експлуатаційних витрат завдяки скороченню кількості проходів, економії палива, зменшенню витрат часу та меншому зносу окремих машин. Друга група - технологічний ефект, пов’язаний з підвищенням якості посівного ложа, рівномірнішим загортанням насіння і дружнішими сходами. Для уникнення завищення результатів у розрахунку прийнято помірне підвищення урожайності лише на 0,08 т/га, що відповідає обережній оцінці впливу якіснішої підготовки ґрунту.

Таблиця 5.2 - Порівняльна характеристика базової та проєктної схеми передпосівного обробітку

Показник	Базова схема	Проєктна схема
Основна операція	Культивація агрегатом ХТЗ-150 + 2КПС-4	Культивація агрегатом ХТЗ-150 + 2 модернізовані КПС-4
Додаткова операція	Окреме прикочування або боронування	Не виконується, функція поєднана з культивацією
Кількість проходів по полю	2	1
Стан посівного шару	Залежить від якості наступного прикочування	Формується за один прохід без проміжного пересихання
Витрати часу	Вищі через додатковий прохід	Нижчі за рахунок суміщення операцій
Потреба в інвестиціях	Немає додаткових вкладень	Потрібні витрати на модернізацію двох культиваторів
Очікуваний результат	Задовільна якість за більшої собівартості	Зменшення витрат та підвищення стабільності сходів

5.3. Розрахунок продуктивності та трудомісткості операції

Годинну продуктивність машинно-тракторного агрегату визначимо за загальноприйнятою залежністю:

$$W = 0{,}1 \cdot B \cdot v \cdot \tau, \qquad (5.1)$$

де W – змінна або годинна продуктивність у перерахунку на одну годину чистої роботи, га/год; B – робоча ширина захвату агрегату, м; v –

робоча швидкість руху, км/год; τ - коефіцієнт використання робочого часу. Для двох культиваторів КПС-4 робоча ширина захвату становить 8 м. У базовому варіанті швидкість прийнято 9,0 км/год, а коефіцієнт використання часу – 0,78. У проєктному варіанті через встановлення додаткового прикочуючого пристрою швидкість знижено до 8,5 км/год, але коефіцієнт використання часу підвищено до 0,80 завдяки відсутності окремого проходу прикочування.

$$W_б = 0{,}1 \cdot 8.0 \cdot 9.0 \cdot 0.78 = 5.62 \text{ га/год};$$

$$W_п = 0{,}1 \cdot 8.0 \cdot 8.5 \cdot 0.80 = 5.44 \text{ га/год}.$$

На перший погляд продуктивність власне культивації у проєктному варіанті трохи нижча, оскільки агрегат виконує додаткове ущільнення та вирівнювання ґрунту. Проте базова схема має ще один прохід прикочування. Якщо продуктивність прикочуючого агрегату становить 8.3 га/год, то трудомісткість базової схеми на 1 га дорівнює сумі трудомісткості культивації та прикочування:

$$t_б = 1/5.62 + 1/8.3 = 0.299 \text{ год/га};$$

$$t_п = 1/5.44 = 0.184 \text{ год/га}. \quad (5.2)$$

Отже, суміщення технологічних дій дає змогу знизити трудомісткість передпосівного обробітку з 0.299 до 0.184 год/га, тобто на 38.4 %. Для площі озимого ріпаку 100 га це означає економію приблизно 11.5 людино-годин лише в межах однієї культури. За сезонного використання агрегату на площі 300 га економія робочого часу становитиме 34.4 людино-годин.

Таблиця 5.3 – Розрахунок продуктивності та трудомісткості агрегату

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант	Зміна
Робоча ширина захвату, м	8.0	8.0	без змін
Робоча швидкість, км/год	9.0	8.5	-0,5
Коефіцієнт використання часу	0.78	0.80	+0,02
Продуктивність культивації, га/год	5.62	5.44	-0.18
Додаткова операція прикочування	так	ні	операцію усунено
Трудомісткість передпосівного обробітку, год/га	0.299	0.184	-0.115

5.4. Визначення капітальних вкладень у модернізацію культиваторів КПС-4

Капітальні вкладення у проєктне рішення включають вартість матеріалів, комплектуючих, виготовлення деталей, зварювально-складальних робіт, монтажу, фарбування та організаційних витрат. Оскільки у технологічній схемі застосовується два культиватори КПС-4, модернізацію потрібно виконати для обох знарядь. Основними елементами витрат є металопрокат для рами й кронштейнів, вали котків, планчасті або кільчасто-планчасті робочі елементи, підшипникові вузли, кріплення, витратні матеріали для зварювання та захисного фарбування.

Доцільність модернізації полягає в тому, що господарство не купує новий комбінований передпосівний агрегат, а використовує наявні культиватори, поліпшуючи їх функціональні можливості. Це зменшує обсяг інвестицій і скорочує строк окупності. Водночас конструкція повинна бути достатньо надійною, щоб не викликати частих простоїв, адже будь-яка затримка перед сівбою озимого ріпаку може призвести до втрати оптимального строку і зниження урожайності.

Таблиця 5.4 – Орієнтовний кошторис капітальних вкладень на модернізацію двох культиваторів КПС-4

Стаття витрат	Од.	К-ть	Ціна, грн	Сума, грн
Металопрокат для кронштейнів, рамок, підсилювачів	комплект	2	9800	19600
Вали, планки, елементи прикочуючого пристрою	комплект	2	11200	22400
Підшипникові вузли, втулки, ущільнення	комплект	2	5400	10800
Болти, гайки, стопорні елементи, електроди, фарба	комплект	2	3100	6200
Виготовлення та зварювально-складальні роботи	комплект	2	5400	10800
Монтаж, регулювання та пробний запуск	комплект	2	1750	3500
Разом капітальні вкладення	-	-	-	74300

5.5. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на виконання передпосівного обробітку визначимо як суму витрат на паливо-мастильні матеріали, оплату праці з нарахуваннями, ремонт і технічне обслуговування, амортизацію та інші витрати. Загальна собівартість виконання операції на 1 га має вигляд:

$$C = C_{пмм} + C_{оп} + C_{рто} + C_{а} + C_{ін}, \quad (5.3)$$

де $C_{пмм}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали; $C_{оп}$ – оплата праці з нарахуваннями; $C_{рто}$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування; $C_{а}$ – амортизаційні відрахування; $C_{ін}$ – інші виробничі витрати, пов’язані з організацією роботи агрегату. Витрати на паливо розраховано з урахуванням 10 % додаткових витрат на мастильні матеріали:

$$C_{пмм} = q \cdot Ц_{п} \cdot 1{,}10. \quad (5.4)$$

Для базової схеми сумарна витрата палива на культивацію і окреме прикочування прийнята 6.0 л/га, для проєктної схеми - 4.9 л/га. Тоді витрати на паливо-мастильні матеріали становлять:

$$C_{пмм.б} = 6.0 \cdot 58 \cdot 1{,}10 = 382.8 \text{ грн/га};$$

$$C_{пмм.п} = 4.9 \cdot 58 \cdot 1{,}10 = 312.6 \text{ грн/га}.$$

Оплату праці визначено за трудомісткістю операції та годинною тарифною ставкою 140 грн/год з урахуванням коефіцієнта нарахувань 1,22. Для базового варіанта оплата праці становить 51.0 грн/га, для проєктного – 31.4 грн/га. Витрати на ремонт і технічне обслуговування у проєктному варіанті дещо зростають для самого культиватора через наявність додаткового вузла, але загалом є нижчими, оскільки не використовується окремий прикочуючий агрегат.

За результатами розрахунку собівартість передпосівного обробітку зменшується з 732.8 до 581.0 грн/га. Пряма економія становить 151.8 грн/га, або 20.7 % від витрат базової схеми. Основна частина економії формується за рахунок скорочення витрат палива та робочого часу, а також відмови від окремого проходу прикочування.

Таблиця 5.5 – Порівняння експлуатаційних витрат на передпосівний обробіток ґрунту

Стаття витрат	Базова схема, грн/га	Проєктна схема, грн/га	Економія, грн/га
Паливо-мастильні матеріали	382.8	312.6	70.2
Оплата праці з нарахуваннями	51.0	31.4	19.6
Ремонт і технічне обслуговування	128.0	112.0	16.0
Амортизаційні відрахування	116.0	95.0	21.0
Інші виробничі витрати	55.0	30.0	25.0
Разом	732.8	581.0	151.8

5.6. Розрахунок річного економічного ефекту та строку окупності

Річний економічний ефект від впровадження модернізації складається з прямої економії експлуатаційних витрат і додаткового виробничого ефекту від підвищення якості передпосівної підготовки. Пряму економію визначимо за формулою:

$$E_{пр} = (C_б - C_п) \cdot F_{річ}, \quad (5.5)$$

де $C_б$ і $C_п$ – витрати на 1 га відповідно у базовому та проєктному варіантах; $F_{річ}$ – річне завантаження модернізованого агрегату. Підставивши прийняті значення, отримаємо:

$$E_{пр} = (732.8 - 581.0) \cdot 300 = 45532 \text{ грн.}$$

Технологічний ефект від якіснішого формування посівного ложа проявляється в більш рівномірних сходах, кращому розвитку рослин восени та зменшенні втрат вологи. Для розрахунку прийнято обережне підвищення урожайності озимого ріпаку на 0,08 т/га. Додаткову вартість продукції визначимо за формулою:

$$E_{ур} = \Delta У \cdot Ц_р \cdot F_р \cdot (1 - k_д), \quad (5.6)$$

де $\Delta У$ – приріст урожайності, т/га; $Ц_р$ – розрахункова ціна продукції, грн/т; $F_р$ – площа озимого ріпаку, га; $k_д$ – частка додаткових витрат на збирання, доробку і транспортування приросту урожаю. Приймаємо $k_д = 0,15$. Тоді:

$$Е_{ур} = 0.08 \cdot 17000 \cdot 100 \cdot (1 - 0,15) = 115600 \text{ грн.}$$

Сумарний річний економічний ефект становить:

$$Е_р = Е_{пр} + Е_{ур} = 45532 + 115600 = 161132 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Строк окупності капітальних вкладень визначимо відношенням витрат на модернізацію до річного економічного ефекту:

$$Т_{ок} = К / Е_р. \quad (5.8)$$

$$Т_{ок} = 74300 / 161132 = 0.46 \text{ року.}$$

Для перевірки стійкості результату також розрахуємо окупність лише за прямою економією без урахування приросту урожайності: $Т_{ок.пр} = 74300 / 45532 = 1.63$ року. Отже, навіть за консервативного підходу модернізація окупається менш ніж за два сезони, а з урахуванням очікуваного агротехнічного ефекту - протягом першого року експлуатації.

Таблиця 5.6 – Основні показники економічної ефективності проєктного рішення

Показник	Одиниця	Значення
Капітальні вкладення у модернізацію двох культиваторів КПС-4	грн	74300
Економія експлуатаційних витрат на 1 га	грн/га	151.8
Зниження собівартості передпосівного обробітку	%	20.7
Річний ефект від прямої економії витрат	грн	45532
Чистий ефект від приросту урожайності ріпаку	грн	115600
Сумарний річний економічний ефект	грн	161132
Строк окупності з урахуванням агротехнічного ефекту	року	0.46
Строк окупності лише за прямою економією	року	1.63
Рентабельність капітальних вкладень	%	216.9

Виробниче значення та висновки по розділу

Крім безпосередньої економії витрат, запропоноване технічне рішення має організаційне значення: воно скорочує кількість проходів по полю, зменшує ущільнення ґрунту колесами трактора, прискорює підготовку площі до сівби та знижує залежність від коротких погодних вікон. Модернізований пристрій не змінює базову систему машин господарства, оскільки трактор ХТЗ-150 і два культиватори КПС-4 залишаються основою агрегату, але їх функціональні можливості розширюються.

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень для комплексу машин з виробництва озимого ріпаку. Встановлено, що застосування модернізованого культиватора КПС-4 у складі агрегату ХТЗ-150 + два КПС-4 дає змогу зменшити трудомісткість передпосівного обробітку з 0.299 до 0.184 год/га та скоротити експлуатаційні витрати на 151.8 грн/га. Загальні капітальні вкладення у модернізацію двох культиваторів становлять 74300 грн, річний економічний ефект з урахуванням прямої економії та помірного приросту урожайності - 161132 грн, а строк окупності - 0.46 року. Навіть без урахування приросту урожайності строк окупності не перевищує 1.63 року. Отже, запропоноване удосконалення є технічно обґрунтованим, економічно ефективним і придатним для використання в умовах господарств Житомирської області.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності вирощування озимого ріпаку в умовах Житомирської області. Встановлено, що культура є перспективною та економічно вигідною, проте потребує якісної підготовки ґрунту, дотримання строків технологічних операцій і створення оптимального посівного ложа. Тому удосконалення комплексу машин і передпосівного обробітку має важливе практичне значення.

У першому розділі проаналізовано природно-кліматичні, ґрунтові та організаційно-технологічні умови вирощування озимого ріпаку. Визначено, що Житомирська область загалом придатна для цієї культури, однак урожайність значною мірою залежить від якості розпушування, вирівнювання поверхні поля, збереження вологи та рівномірності загортання насіння. Обґрунтовано доцільність застосування комбінованих агрегатів і зменшення кількості проходів техніки.

У другому розділі розроблено технологію вирощування озимого ріпаку та технологічну карту виробництва. Для виконання передпосівного обробітку запропоновано агрегат у складі трактора ХТЗ-150 і двох культиваторів КПС-4. Розрахунки показали, що такий агрегат забезпечує необхідну продуктивність, але його ефективність залежить від стабільності глибини обробітку, якості вирівнювання ґрунту та формування посівного ложа.

У третьому розділі обґрунтовано модернізацію культиватора КПС-4 шляхом удосконалення робочих органів і прикочуючого пристрою. Запропоноване рішення дає змогу краще подрібнювати грудки, ущільнювати нижній шар посівного ложа, вирівнювати поверхню поля та зберігати ґрунтову вологу. Інженерні розрахунки підтвердили працездатність конструкції та достатній запас міцності її основних елементів.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці під час виконання технологічних операцій з вирощування озимого ріпаку. Визначено основні небезпечні фактори, зокрема рухомі частини машин, шум, вібрацію,

запиленість і ризики під час агрегатування та технічного обслуговування. Запропоновані заходи безпеки спрямовані на зниження виробничих ризиків і створення безпечних умов праці механізаторів.

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. Доведено, що модернізація культиватора КПС-4 є економічно доцільною, оскільки дозволяє підвищити якість передпосівного обробітку, скоротити кількість проходів агрегатів, зменшити витрати пального, часу та експлуатаційні витрати. Покращення умов проростання насіння сприяє формуванню рівномірних сходів і підвищенню потенційної врожайності.

Отже, у роботі досягнуто поставленої мети – обґрунтовано напрями удосконалення комплексу машин для виробництва озимого ріпаку та розроблено технологічну операцію передпосівного обробітку ґрунту. Запропонована модернізація культиватора КПС-4 підвищує якість обробітку, сприяє збереженню вологи, зменшує енергетичні витрати та забезпечує ефективніше використання машинно-тракторного агрегату. Практичне впровадження розроблених рішень сприятиме підвищенню продуктивності праці, економічної ефективності та стабільності врожайності озимого ріпаку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.

2. 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.

3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : навч. посіб. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

4. Заєць М. Л., Куликівський В. Л. Вплив параметрів дискових сошників на здатність прорізання рослинних решток у системі NO-TILL. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2025. № 3 (130). С. 107–112.

5. Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. Робототехнічні засоби в рослинництві. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). Київ. НУБІП України. С. 589-601.

6. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 464 с.

7. Царенко О. М., Несен О. О., Кадацький В. П. Основи землеробства та рослинництва : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2008. 384 с.

8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / редкол.: М. В. Зубець та ін. Київ : Урожай, 2004. 560 с.

9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / редкол.: М. В. Зубець та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 980 с.

10. Технологія вирощування озимого ріпаку. Ерідон. URL: https://www.eridon.ua/viroschuvannya-ozimogo-ripaku (дата звернення: 03.06.2026).

11. Технологія вирощування озимого ріпаку в Україні. Агробізнес. URL: https://aoplatforma.com/blog/technology-of-winter-rape (дата звернення: 03.06.2026).

12. Інститут олійних культур НААН України : каталог наукових розробок і сортів. Запоріжжя : ІОК НААН, 2021. URL: https://imk.zp.ua/images/doc/katalog2_2021.pdf (дата звернення: 03.06.2026).

13. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2004. 552 с.

14. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

15. Ревенко І. І., Роговський І. Л., Мельник В. І. Машини та обладнання для рослинництва : навч. посіб. Київ : Кондор, 2011. 352 с.

16. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.

17. Експлуатація машинно-тракторного парку : навч. посіб. / за ред. В. Ю. Ільченка. Київ : Урожай, 1993. 288 с.

18. Надикто В. Т. Основи агрегатування модульних енергетичних засобів. Мелітополь : КП «Мелітопольська міська друкарня», 2003. 240 с.

19. Погорілий Л. В., Коваль С. М. Машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. Київ : Урожай, 1998. 256 с.

20. Трактор ХТЗ-150К. Технічний опис та інструкція з експлуатації. Харків : ВО «Харківський тракторний завод», 2006. 248 с.

21. Культиватор паровий швидкісний КПС-4. Технічний опис та інструкція з експлуатації. Одеса : ВО «Одесасільмаш», 1991. 64 с.

22. Заєць М. Технологія вертикального обробітоку грунту як спосіб отримання стабільних врожаїв /М. Л. Заєць, О. М. Сергійчук // Матеріали

XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 21-22.