

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з
модернізацією культиватора**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Шеремет В. Р.

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Шеремету Владиславу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з модернізацією культиватора

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. Аналіз літературних джерел, сучасних конструкцій культиваторів суцільного обробітку ґрунту та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Теоретичні основи технології вирощування кукурудзи на зерно. 2. Технологія вирощування кукурудзи на зерно та технічне забезпечення технологічних процесів. 3. Удосконалення конструкції культиватора. Охорона праці. Економічна частина. Загальні висновки. Бібліографічний список.

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

1. КПП-8,2 (А1). 2. Прикочувальна секція (А1). 3. Деталь корпусу №3 (А3). 4. Опора осі котка (А3) 5. Кріпильний кутник (А3). 6. Кріплення осі котка (А3).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

Шеремет В.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Деркач О.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Шеремет В.Р. Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з модернізацією культиватора / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є підвищення ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно шляхом удосконалення передпосівного обробітку ґрунту та модернізації культиватора КПГ-8.2 встановленням додаткового прикочувального котка.

У ході виконання дипломної роботи проведено аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на зерно, розглянуто біологічні особливості культури, основні агротехнічні заходи та фактори, що впливають на формування врожайності.

У конструктивній частині роботи виконано аналіз конструкції культиватора КПГ-8.2 та визначено основні недоліки його роботи під час передпосівного обробітку ґрунту. Запропоновано модернізацію культиватора шляхом встановлення прикочувального котка, який забезпечує додаткове подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту для покращення умов проростання насіння кукурудзи. Розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно. Встановлено, що використання модернізованого культиватора дозволяє покращити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити втрати продуктивної вологи та підвищити ефективність використання машинно-тракторного агрегату.

Економічний аналіз підтверджує доцільність впровадження запропонованої модернізації культиватора у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: кукурудза, технологія вирощування, передпосівний обробіток ґрунту, культиватор КПГ-8.2, модернізація культиватора, прикочувальний коток, машинно-тракторний агрегат, продуктивність, технологічна карта, ефективність обробітку ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	9
1.1. Значення кукурудзи у сучасному аграрному виробництві	9
1.2. Біологічні особливості кукурудзи та вимоги до умов вирощування	12
1.3. Вплив агротехнічних заходів на формування врожайності кукурудзи	15
1.4. Висновки до розділу	20
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	22
2.1. Машинно-тракторне забезпечення технологічного процесу	22
2.2. Аналіз роботи культиватора при вирощуванні кукурудзи	27
2.3. Розрахунок показників для технологічної карти на вирощування кукурудзи на зерно	31
2.4. Висновки до розділу	32
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА	33
3.1. Аналіз конструкції культиватора КПГ-8.2	33
3.2. Обґрунтування модернізації культиватора	38
3.3. Розробка модернізованого вузла культиватора. Інженерні розрахунки	40
3.4. Висновок до розділу	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1. Загальні вимоги охорони праці під час виконання передпосівного обробітку ґрунту	50
4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час роботи культиватора	51
4.3. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту	53
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	59
ДОДАТКИ	62

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває підвищення ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур та вдосконалення технічних засобів, що використовуються для виконання польових робіт. Однією з найбільш важливих зернових культур в Україні є кукурудза, яка займає провідне місце у структурі посівних площ та має важливе значення для продовольчої, кормової та переробної галузей агропромислового комплексу.

Кукурудза характеризується високим потенціалом урожайності та широкими можливостями використання у сільському господарстві. Разом із тим ефективність її вирощування значною мірою залежить від дотримання агротехнічних вимог, своєчасності виконання технологічних операцій та якості обробітку ґрунту. В умовах зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, мінеральних добрив та технічного обслуговування машин особливо актуальним є впровадження технічних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів і зниження експлуатаційних витрат [14].

Одним із важливих етапів технології вирощування кукурудзи є передпосівний обробіток ґрунту, від якого значною мірою залежить якість підготовки посівного шару, рівномірність загортання насіння, накопичення та збереження продуктивної вологи, а також подальший розвиток рослин. Недостатня якість передпосівного обробітку може призводити до утворення великих грудок ґрунту, нерівномірної глибини посіву, погіршення польової схожості насіння та зниження врожайності культури.

Для виконання передпосівного обробітку ґрунту у сучасному аграрному виробництві широко застосовуються культиватори суцільного обробітку, серед яких значного поширення набув культиватор КПП-8.2. Даний агрегат забезпечує розпушування верхнього шару ґрунту, підрізання бур'янів та вирівнювання поверхні поля. Разом із тим у процесі експлуатації виникають

проблеми недостатнього подрібнення грудок ґрунту, нестабільності глибини обробітку та підвищених втрат вологи після проходу агрегату [9].

У сучасних умовах важливим напрямом удосконалення ґрунтообробної техніки є поєднання декількох технологічних операцій за один прохід машинно-тракторного агрегату. Це дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, знизити ущільнення ґрунту, скоротити витрати пального та підвищити ефективність використання технічних засобів. Одним із перспективних напрямів є модернізація культиватора шляхом встановлення прикочувального котка, який забезпечує додаткове подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно шляхом модернізації культиватора КПГ-8.2 для підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту та ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на зерно;
- дослідити особливості машинно-тракторного забезпечення технологічних процесів;
- виконати аналіз роботи культиватора КПГ-8.2;
- обґрунтувати доцільність модернізації культиватора;
- розробити конструкцію модернізованого прикочувального котка;
- виконати технологічні та інженерні розрахунки;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованого удосконалення.

Запропоноване у дипломній роботі технічне рішення спрямоване на покращення якості передпосівного обробітку ґрунту, зменшення втрат продуктивної вологи, підвищення стабільності роботи культиватора та ефективності вирощування кукурудзи на зерно в умовах сучасного аграрного виробництва.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

1.1. Значення кукурудзи у сучасному аграрному виробництві

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур у світовому сільському господарстві та займає провідне місце серед високопродуктивних культур універсального призначення. Завдяки високому потенціалу врожайності, добрим кормовим властивостям і широким можливостям використання у харчовій, технічній та енергетичній галузях кукурудза має важливе економічне значення для аграрного сектору України.

Зерно кукурудзи використовується для виробництва комбікормів, крохмалю, спирту, біоетанолу, харчових продуктів та різноманітної технічної продукції. У тваринництві кукурудза є однією з основних кормових культур завдяки високому вмісту вуглеводів та значній енергетичній цінності. Крім того, кукурудза є важливою експортною культурою, що формує значну частину валютних надходжень аграрного сектору держави [14].

Для сучасного агровиробництва характерне постійне зростання вимог до ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур. У зв'язку зі збільшенням вартості паливно-мастильних матеріалів, добрив, засобів захисту рослин та технічного обслуговування машин особливого значення набуває удосконалення технологічних процесів вирощування кукурудзи, спрямоване на зниження виробничих витрат і підвищення врожайності.

Одним із ключових елементів технології вирощування кукурудзи є якісний передпосівний обробіток ґрунту. Від якості виконання даної операції значною мірою залежать:

- створення оптимального насіннєвого ложа;
- вирівнювання поверхні поля;
- накопичення та збереження продуктивної вологи;

- подрібнення грудок ґрунту;
- покращення структури верхнього шару ґрунту;
- забезпечення рівномірної глибини загортання насіння.

Під час передпосівного обробітку важливе значення має стабільність підтримання заданої глибини роботи культиватора, якість розпушування ґрунту та ефективність вирівнювання поверхні поля. Недостатня якість роботи ґрунтообробного агрегату може призводити до утворення великих грудок ґрунту, нерівномірної глибини висіву насіння, погіршення польової схожості та збільшення втрат продуктивної вологи [16].

Сучасні тенденції розвитку аграрного виробництва передбачають удосконалення конструкцій ґрунтообробних машин з метою поєднання декількох технологічних операцій за один прохід агрегату. Одним із перспективних напрямів є модернізація культиваторів суцільного обробітку шляхом встановлення додаткових прикочувальних котків, які забезпечують подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту. Такі технічні рішення дозволяють підвищити якість передпосівної підготовки ґрунту, зменшити кількість проходів техніки по полю та знизити енерговитрати при виконанні технологічних операцій [18].

Для умов України кукурудза є особливо перспективною культурою завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам значної частини території держави. Найбільші площі посівів кукурудзи зосереджені у Лісостеповій та Степовій зонах, де культура забезпечує високі показники продуктивності за умови дотримання сучасних агротехнологій.

Водночас вирощування кукурудзи супроводжується рядом виробничих проблем, серед яких:

- ущільнення ґрунту;
- нестача продуктивної вологи;
- інтенсивний розвиток бур'янів;
- значні енерговитрати;

- нерівномірність виконання технологічних операцій;
- зношення робочих органів ґрунтообробних машин.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення існуючих технологій вирощування кукурудзи на зерно та модернізації технічних засобів, що використовуються для догляду за посівами. Одним із перспективних напрямів є модернізація культиватора з метою покращення якості обробітку ґрунту, підвищення стабільності роботи робочих органів та зниження експлуатаційних витрат.

Особливо актуальним дане питання є в умовах сучасного аграрного виробництва, де постійно зростають вимоги до енергоефективності, продуктивності машинно-тракторних агрегатів та якості виконання технологічних операцій. Під час вирощування кукурудзи на зерно важливе місце займає передпосівний обробіток ґрунту, оскільки саме від якості підготовки посівного шару значною мірою залежать рівномірність висіву насіння, польова схожість та подальший розвиток рослин.

Якісне виконання передпосівної культивації забезпечує розпушування верхнього шару ґрунту, подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та створення оптимального насіннєвого ложа. Це сприяє накопиченню і збереженню продуктивної вологи, покращує водно-повітряний режим ґрунту та створює сприятливі умови для проростання насіння кукурудзи. Водночас порушення технологічних параметрів обробітку може призводити до утворення великих грудок ґрунту, нерівномірної глибини загортання насіння, погіршення польової схожості та збільшення витрат пального.

Однією з основних проблем експлуатації культиваторів суцільного обробітку є недостатня якість подрібнення ґрунту та вирівнювання поверхні поля після проходження агрегату. У процесі роботи можуть залишатися грудки значних розмірів, що негативно впливають на якість посівного шару та подальше проведення сівби. Крім того, після обробітку спостерігаються додаткові втрати продуктивної вологи внаслідок надмірної пухкості верхнього шару ґрунту.

Значний вплив на ефективність роботи культиватора мають конструкція робочих органів, технічний стан агрегату, а також наявність додаткових пристроїв для вирівнювання та ущільнення поверхневого шару ґрунту. Недосконалість окремих конструктивних елементів призводить до зниження якості передпосівної підготовки поля, збільшення кількості технологічних проходів та підвищення експлуатаційних витрат [4].

У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського машинобудування значна увага приділяється вдосконаленню культиваторів суцільного обробітку шляхом впровадження додаткових прикочувальних котків. Такі технічні рішення забезпечують подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару, що сприяє збереженню продуктивної вологи та покращенню умов для проростання насіння.

Удосконалення конструкції культиватора КПГ-8.2 шляхом встановлення додаткового прикочувального котка є перспективним напрямом підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту та потребує детального теоретичного й інженерного обґрунтування.

1.2. Біологічні особливості кукурудзи та вимоги до умов вирощування

Кукурудза є однорічною теплолюбною рослиною родини тонконогових, яка характеризується високим потенціалом урожайності та значною адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. Завдяки добре розвиненій кореневій системі та високій інтенсивності фотосинтезу культура здатна формувати значну кількість органічної маси та забезпечувати високі показники продуктивності за умови дотримання оптимальної технології вирощування [9].

Однією з важливих біологічних особливостей кукурудзи є підвищена потреба у теплі протягом усього періоду вегетації. Насіння починає проростати при температурі ґрунту близько $+8...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, однак для отримання

дружних та рівномірних сходів оптимальною вважається температура $+10...+12$ °С на глибині загортання насіння. Найбільш сприятлива температура повітря для росту та розвитку рослин кукурудзи становить $+20...+28$ °С. При зниженні температури ріст рослин сповільнюється, а весняні заморозки можуть спричиняти пошкодження молодих сходів [9].

Кукурудза належить до світлолюбних культур короткого дня. Для нормального росту рослини потребують достатнього рівня сонячного освітлення, особливо у період формування качанів та наливу зерна. Загущення посівів або надмірна забур'яненість призводять до погіршення освітлення нижніх ярусів рослин, що негативно впливає на процес фотосинтезу та рівень урожайності.

Важливе значення для формування високого врожаю має забезпечення рослин вологою. Найбільша потреба кукурудзи у воді спостерігається у період від викидання волоті до молочної стиглості зерна. Недостатня кількість продуктивної вологи у цей період може призводити до неповного запилення качанів, погіршення наливу зерна та суттєвого зниження врожайності. Водночас завдяки потужній кореневій системі кукурудза здатна ефективніше використовувати запаси ґрунтової вологи порівняно з багатьма іншими зерновими культурами [11].

Для вирощування кукурудзи найбільш придатними є родючі ґрунти з добрими водно-фізичними властивостями та достатнім вмістом поживних речовин. Оптимальними вважаються чорноземи середнього та легкого механічного складу з нейтральною або слабнокислою реакцією ґрунтового розчину. Надмірне ущільнення ґрунту негативно впливає на розвиток кореневої системи, погіршує повітряний режим та знижує ефективність засвоєння вологи й елементів живлення.

Кукурудза характеризується високою потребою в елементах мінерального живлення. Для формування врожаю рослини споживають значну кількість азоту, фосфору та калію. Азот необхідний для активного росту вегетативної маси та формування зерна, фосфор сприяє розвитку

кореневої системи та прискорює досягання, а калій підвищує стійкість рослин до посухи та хвороб. Недостатнє забезпечення рослин поживними речовинами призводить до зниження інтенсивності росту та погіршення структури врожаю [11].

Однією з важливих умов отримання високих урожаїв кукурудзи є якісна підготовка ґрунту перед сівбою. Від стану посівного шару значною мірою залежать рівномірність загортання насіння, дружність сходів та подальший розвиток рослин. Саме тому особливого значення набуває своєчасне та якісне виконання операцій основного і передпосівного обробітку ґрунту.

Для забезпечення високої ефективності вирощування кукурудзи необхідно дотримуватися оптимальних агротехнічних строків виконання технологічних операцій. Порушення строків обробітку ґрунту, внесення добрив або сівби може негативно впливати на польову схожість насіння, розвиток рослин та кінцеву врожайність культури.

Важливим елементом технології вирощування кукурудзи є створення вирівняного та дрібногрудкуватого посівного шару. Наявність великих грудок ґрунту, нерівностей поверхні поля або надмірно розпушеного верхнього шару може призводити до нерівномірної глибини висіву насіння та погіршення умов його проростання. Оптимальний стан ґрунту забезпечує рівномірне розміщення насіння, покращує контакт із ґрунтом та сприяє дружній появі сходів [18].

У сучасних технологіях вирощування кукурудзи значна увага приділяється збереженню структури ґрунту та накопиченню продуктивної вологи. Багаторазові проходи техніки по полю збільшують ущільнення ґрунту та підвищують виробничі витрати. Тому одним із важливих напрямів удосконалення технології є поєднання декількох операцій за один прохід машинно-тракторного агрегату.

Особливого значення набуває передпосівний обробіток ґрунту, основними завданнями якого є:

- розпушування верхнього шару ґрунту;

- подрібнення грудок;
- вирівнювання поверхні поля;
- збереження продуктивної вологи;
- створення оптимального насінневого ложа для висіву кукурудзи.

Якість виконання передпосівного обробітку значною мірою залежить від конструктивних особливостей культиватора, технічного стану його робочих органів та наявності додаткових пристроїв для остаточного вирівнювання й ущільнення поверхневого шару ґрунту. Недостатня ефективність роботи агрегату може призводити до нерівномірного розпушування ґрунту, утворення великих грудок та погіршення якості підготовки поля до сівби [18].

Крім агротехнічних вимог, сучасні технології вирощування кукурудзи передбачають підвищення економічної ефективності виробництва. Це досягається шляхом зменшення витрат пального, скорочення кількості технологічних проходів, підвищення продуктивності агрегатів та впровадження більш досконалих конструкцій ґрунтообробних машин.

Біологічні особливості кукурудзи та вимоги культури до умов проростання насіння обумовлюють необхідність застосування сучасних високоефективних технологій передпосівного обробітку ґрунту. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності вирощування кукурудзи є удосконалення конструкції культиватора КПГ-8.2 шляхом встановлення прикочувального котка, що забезпечує покращення якості підготовки посівного шару та підвищення агротехнічних показників виконання технологічного процесу.

1.3. Вплив агротехнічних заходів на формування врожайності кукурудзи

Рівень урожайності кукурудзи на зерно значною мірою залежить від правильності та своєчасності виконання агротехнічних заходів протягом

усього періоду вирощування культури. Навіть за високого потенціалу сучасних гібридів недотримання окремих елементів технології може призводити до суттєвого зниження продуктивності посівів та погіршення якості зерна.

Одним із найважливіших факторів формування високого врожаю є правильний вибір попередника. Найкращими попередниками для кукурудзи вважаються озимі зернові культури, зернобобові та технічні культури, після яких поле залишається відносно чистим від бур'янів і має сприятливий водно-фізичний стан ґрунту. Небажаним є повторне вирощування кукурудзи на одному полі протягом кількох років поспіль, оскільки це сприяє накопиченню шкідників, хвороб та виснаженню ґрунту [16].

Важливе значення для розвитку рослин має система обробітку ґрунту. Основний обробіток спрямований на накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, покращення структури ґрунту та створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи. Недостатній або неякісний обробіток може призводити до ущільнення орного шару, погіршення аерації ґрунту та зниження польової схожості насіння [18].

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва застосовуються різні системи обробітку ґрунту:

- традиційна;
- мінімальна;
- смугова;
- нульова технологія.

Кожна з них має свої переваги та особливості використання залежно від природно-кліматичних умов і рівня технічного забезпечення господарства. При цьому незалежно від обраної технології важливим завданням залишається забезпечення оптимального стану ґрунту для росту та розвитку рослин кукурудзи.

Суттєвий вплив на врожайність культури має система удобрення. Кукурудза характеризується високою потребою в поживних речовинах,

особливо в азоті, фосфорі та калії. Азотні добрива забезпечують інтенсивний ріст вегетативної маси та формування зерна, фосфор сприяє розвитку кореневої системи, а калій підвищує стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища [20].

Недостатнє забезпечення рослин елементами живлення призводить до:

- уповільнення росту;
- погіршення розвитку качанів;
- зниження маси зерна;
- зменшення врожайності.

Разом із тим надлишкове внесення добрив може спричиняти нераціональне використання матеріальних ресурсів та погіршення екологічного стану ґрунтів.

Важливим агротехнічним заходом є дотримання оптимальних строків сівби. Запізнення з посівом часто призводить до недостатнього використання весняної вологи, нерівномірних сходів та зниження продуктивності рослин. Надто ранній посів у недостатньо прогрітий ґрунт також негативно впливає на польову схожість насіння та енергію проростання [16].

Одним із ключових факторів формування високої врожайності кукурудзи є якісна підготовка ґрунту перед сівбою. Саме від стану посівного шару значною мірою залежать рівномірність висіву насіння, польова схожість, розвиток кореневої системи та подальша продуктивність рослин. Недостатньо підготовлений ґрунт може призводити до нерівномірних сходів, погіршення умов росту культури та зниження врожайності.

Для створення оптимальних умов проростання насіння застосовують комплекс агротехнічних заходів, серед яких важливе місце займають:

- основний обробіток ґрунту;
- передпосівний обробіток;
- внесення мінеральних добрив;
- вирівнювання поверхні поля;
- підготовка насіннєвого ложа.

Особливе значення має передпосівний обробіток ґрунту, який забезпечує розпушування верхнього шару, подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та створення сприятливих умов для рівномірного загортання насіння. Основні агротехнічні заходи при вирощуванні кукурудзи на зерно наведено на рисунку 1.1.



Рис. 1.1. – Основні агротехнічні заходи при вирощуванні кукурудзи на зерно

Якість виконання передпосівного обробітку значною мірою впливає на подальший розвиток рослин кукурудзи. Недостатня якість розпушування або наявність великих грудок ґрунту можуть спричиняти нерівномірну глибину загортання насіння та погіршення польової схожості. Водночас надмірно інтенсивний обробіток може призводити до зайвого розпушування верхнього шару та збільшення втрат продуктивної вологою [8].

Саме тому важливим напрямом удосконалення технології вирощування кукурудзи є підвищення ефективності культиваторів суцільного обробітку, які забезпечують якісну підготовку ґрунту до сівби та створення оптимальних умов для формування майбутнього врожаю.

Суттєвий вплив на ефективність агротехнічних заходів має рівень технічного забезпечення господарства та технічний стан машинно-тракторного парку. Використання сучасної сільськогосподарської техніки дозволяє забезпечити більш точне дотримання технологічних параметрів, підвищити продуктивність виконання операцій та знизити експлуатаційні витрати. Вплив основних агротехнічних заходів на формування врожайності кукурудзи на зерно наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вплив основних агротехнічних заходів на формування врожайності кукурудзи на зерно

Агротехнічний захід	Основне призначення	Вплив на рослини кукурудзи	Можливі наслідки при порушенні технології
Вибір попередника	Поліпшення фітосанітарного стану поля та забезпечення оптимальних умов для росту культури	Зменшення забур'яненості, покращення структури ґрунту, підвищення забезпечення вологою	Поширення хвороб і шкідників, виснаження ґрунту, зниження врожайності
Основний обробіток ґрунту	Розпушування ґрунту, накопичення та збереження вологи	Покращення розвитку кореневої системи та водно-повітряного режиму ґрунту	Ущільнення ґрунту, погіршення аерації, нерівномірні сходи
Передпосівний обробіток	Створення оптимального насіннєвого ложа	Забезпечення рівномірної глибини загортання насіння та дружних сходів	Нерівномірне проростання насіння, зрідження посівів
Внесення мінеральних добрив	Забезпечення рослин поживними речовинами	Активний ріст рослин, формування качанів та зерна	Сповільнення росту, погіршення структури врожаю
Дотримання строків сівби	Створення оптимальних умов для проростання насіння	Підвищення польової схожості та рівномірності розвитку рослин	Зниження густоти стояння, нерівномірний розвиток рослин
Вибір оптимальної густоти посіву	Раціональне використання площі живлення	Покращення освітлення та забезпечення рослин вологою і поживними речовинами	Надмірна конкуренція між рослинами або недовикористання площі
Своєчасне збирання врожаю	Мінімізація втрат зерна	Збереження кількісних та якісних показників урожаю	Втрати зерна, підвищення вологості та погіршення якості продукції

Рівень урожайності кукурудзи на зерно значною мірою залежить від комплексного та своєчасного виконання агротехнічних заходів. Важливе значення мають система обробітку ґрунту, внесення добрив, якість передпосівної підготовки поля та дотримання технологічних строків виконання польових робіт. Ефективність виконання цих операцій безпосередньо пов'язана з технічним станом і конструктивними особливостями ґрунтообробних машин, зокрема культиваторів суцільного обробітку. Саме тому удосконалення конструкції культиватора КПП-8.2 шляхом встановлення прикочувального котка є перспективним напрямом підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту, покращення умов проростання насіння та підвищення ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно.

1.4. Висновки до розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні основи технології вирощування кукурудзи на зерно, її значення у сучасному аграрному виробництві, біологічні особливості та основні фактори, що впливають на формування врожайності культури. Встановлено, що кукурудза є однією з найбільш продуктивних зернових культур та має важливе економічне значення для аграрного сектору України.

Проаналізовано основні вимоги кукурудзи до умов вирощування, зокрема до температурного режиму, забезпечення вологою, стану ґрунту та рівня мінерального живлення. Визначено, що важливу роль у формуванні високої врожайності відіграє своєчасне та якісне виконання агротехнічних заходів, серед яких особливе значення має обробіток ґрунту та догляд за посівами.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що ефективність виконання технологічних операцій значною мірою залежить від конструктивних особливостей та технічного стану культиватора. Недостатня

стабільність роботи робочих органів і нерівномірність глибини обробітку можуть негативно впливати на агротехнічні показники та знижувати ефективність технології вирощування кукурудзи.

Удосконалення конструкції культиватора є актуальним напрямом підвищення якості обробітку ґрунту та ефективності вирощування кукурудзи на зерно, що обумовлює необхідність подальшого аналізу технології вирощування культури та обґрунтування модернізації культиватора у наступних розділах роботи.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Машинно-тракторне забезпечення технологічного процесу

Ефективність технології вирощування кукурудзи на зерно значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення господарства та правильного підбору машинно-тракторних агрегатів для виконання технологічних операцій. Використання сучасної сільськогосподарської техніки дозволяє своєчасно та якісно проводити обробіток ґрунту, посів, внесення добрив, догляд за посівами та збирання врожаю, що безпосередньо впливає на рівень урожайності культури та економічну ефективність виробництва.

При вирощуванні кукурудзи на зерно застосовується комплекс взаємопов'язаних машин і знарядь, які забезпечують послідовне виконання технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог. До складу машинно-тракторного забезпечення входять:

- трактори різних тягових класів;
- ґрунтообробні машини;
- посівні агрегати;
- машини для внесення добрив;
- обприскувачі;
- культиватори;
- зернозбиральні комбайни;
- транспортні засоби.

Важливе значення має правильний вибір енергетичних засобів для агрегування з технологічними машинами. Для виконання енергоємних

операцій, таких як основний обробіток ґрунту, використовуються трактори високої потужності, які забезпечують необхідне тягове зусилля та стабільність роботи агрегатів. Для передпосівного обробітку, міжрядної культивації та інших операцій можуть застосовуватись трактори меншого тягового класу [8].

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу проводиться з метою розпушування орного шару, знищення бур'янів, загортання рослинних решток та накопичення вологи. Для виконання даної операції використовуються плуги, глибокорозпушувачі, дискові борони та комбіновані ґрунтообробні агрегати. Якість виконання основного обробітку значною мірою впливає на водно-повітряний режим ґрунту та умови розвитку кореневої системи рослин [5].

Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на створення вирівняного та дрібногрудкуватого посівного шару. Для цього використовують культиватори, борони та комбіновані агрегати, які забезпечують підготовку оптимального насінневого ложа для рівномірного висіву насіння кукурудзи.

Однією з найбільш відповідальних операцій є посів кукурудзи. Для виконання даного технологічного процесу застосовують сучасні просапні сівалки точного висіву, які забезпечують:

- рівномірне розміщення насіння;
- дотримання заданої глибини загортання;
- стабільну густоту посіву;
- мінімальні пошкодження насінневого матеріалу.

Сучасні сівалки можуть обладнуватися електронними системами контролю висіву, навігаційними системами та обладнанням для локального внесення мінеральних добрив.

У період вегетації кукурудзи важливе значення має догляд за посівами, який включає внесення засобів захисту рослин та міжрядний обробіток ґрунту. Для внесення гербіцидів, фунгіцидів та рідких добрив використовуються

штангові обприскувачі, які забезпечують рівномірне розподілення робочого розчину по поверхні рослин [16].

Машинно-тракторне забезпечення технології вирощування кукурудзи на зерно наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Машинно-тракторне забезпечення технології вирощування кукурудзи на зерно

Технологічна операція	Марка трактора	Марка сільськогосподарської машини	Призначення агрегату
Лущення стерні	John Deere 8345R	Case IH True-Tandem 335	Подрібнення рослинних решток та поверхневий обробіток ґрунту
Основний обробіток ґрунту	Case IH Steiger 400	KUHN Challenger	Глибокий обробіток ґрунту та загортання рослинних решток
Глибоке розпушування	John Deere 8370R	BEDNAR Terraland	Руйнування ущільнених шарів ґрунту
Передпосівний обробіток	John Deere 6125M	Köckerling Allrounder	Вирівнювання поверхні поля та підготовка посівного шару
Внесення мінеральних добрив	New Holland T6.180	AMAZONE ZA-TS	Рівномірне внесення мінеральних добрив
Посів кукурудзи	John Deere 6195M	Väderstad Tempo V	Точний висів насіння кукурудзи
Внесення засобів захисту рослин	Massey Ferguson 6713	Hardi Navigator	Обробка посівів гербіцидами та фунгіцидами
Міжрядний обробіток ґрунту	John Deere 6125M	KPH-5,6	Розпушування ґрунту та знищення бур'янів
Транспортування зерна	MT3-1221	2ПТС-6	Перевезення зерна та технологічних матеріалів
Збирання врожаю	CLAAS LEXION 770	CLAAS Conspeed	Збирання кукурудзи на зерно

Для механічного догляду за посівами застосовуються культиватори, основними завданнями яких є:

- знищення бур'янів;
- розпушування верхнього шару ґрунту;
- руйнування ґрунтової кірки;
- покращення аерації ґрунту;

- збереження продуктивної вологи.

Ефективність роботи культиватора значною мірою залежить від конструкції робочих органів, стабільності підтримання глибини обробітку та якості копіювання рельєфу поверхні поля. При недостатній стабільності роботи секцій можуть виникати нерівномірний обробіток ґрунту, пошкодження рослин та підвищення тягового опору агрегату.



а)

б)

Рис. 2.1. – а) John Deere 8345R, б) Case IH True-Tandem 335

Збирання кукурудзи на зерно здійснюється зернозбиральними комбайнами, обладнаними спеціальними кукурудзяними жатками. Сучасні комбайни забезпечують високий рівень продуктивності, мінімізацію втрат зерна та автоматизацію основних процесів збирання врожаю.



Рис. 2.2. - BEDNAR Terraland



Рис. 2.3. - AMAZONE ZA-TS



Рис. 2.4. - Väderstad Tempo V

Важливим елементом машинно-тракторного забезпечення є використання сучасних систем автоматизації та точного землеробства. Навігаційні системи, автопілотування та електронний контроль технологічних параметрів дозволяють:

- зменшити перекриття при виконанні операцій;
- знизити витрати пального;
- підвищити точність виконання технологічних процесів;
- покращити якість обробки ґрунту та догляду за посівами.

Машинно-тракторне забезпечення є важливою складовою технології вирощування кукурудзи на зерно. Раціональний підбір машин та агрегатів дозволяє підвищити продуктивність виконання технологічних операцій,

забезпечити дотримання агротехнічних вимог та створити умови для отримання високої врожайності культури [20].

2.2. Аналіз роботи культиватора при вирощуванні кукурудзи

Однією з важливих операцій технології вирощування кукурудзи на зерно є передпосівний обробіток ґрунту, який виконується з метою створення оптимальної структури посівного шару, вирівнювання поверхні поля, знищення бур'янів та збереження продуктивної вологи. Якість виконання даної операції безпосередньо впливає на рівномірність висіву насіння, дружність сходів та подальший розвиток рослин кукурудзи [8].

Для виконання передпосівного обробітку ґрунту у сучасних господарствах використовуються культиватори суцільного обробітку, серед яких поширення набули КПС-4, КПС-8, КПГ-8,2, Köckerling Allrounder та Horsch Tiger. Дані агрегати забезпечують розпушування верхнього шару ґрунту, подрібнення грудок та вирівнювання поверхні поля перед посівом.

Сучасні культиватори мають ширину захвату від 4 до 12 м та дозволяють виконувати обробіток на швидкості 8–15 км/год. Робоча глибина передпосівної культивації зазвичай становить 6–12 см залежно від стану ґрунту, рівня ущільнення та агротехнічних вимог до підготовки посівного шару [8].

Основними агротехнічними вимогами до роботи культиватора є:

- стабільне підтримання заданої глибини обробітку;
- повне підрізання бур'янів;
- рівномірне розпушування ґрунту;
- якісне подрібнення грудок ґрунту;
- вирівнювання поверхні поля;
- висока продуктивність агрегату.

При роботі культиватора на нерівній поверхні поля виникають вертикальні коливання робочих секцій, які негативно впливають на стабільність глибини обробітку. У процесі експлуатації амплітуда коливань окремих секцій може досягати 20–50 мм, що призводить до нерівномірного заглиблення робочих органів у ґрунт.

У результаті цього спостерігаються:

- нерівномірне розпушування ґрунту;
- погіршення структури посівного шару;
- збільшення втрат вологи;
- недостатнє подрібнення грудок ґрунту;
- погіршення вирівнювання поверхні поля.

Особливо суттєво дана проблема проявляється при збільшенні швидкості руху агрегату понад 12 км/год. На високих швидкостях зростають динамічні навантаження на стійки та елементи кріплення робочих секцій, що призводить до погіршення копіювання рельєфу поверхні поля та нестабільності роботи культиватора [1].

Теоретична продуктивність культиватора визначається за формулою:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V \quad (2.1)$$

де:

- W — продуктивність агрегату, га/год;
- B — ширина захвату культиватора, м;
- V — робоча швидкість руху, км/год.

Для культиватора шириною захвату 8 м при швидкості руху 10 км/год продуктивність становить:

$$W = 0,1 \cdot 8 \cdot 10 = 8 \text{ га/год}$$

- 8 м — ширина захвату культиватора;
- 10 км/год — робоча швидкість руху агрегату;

Формула фактичної продуктивності

$$W_{\phi} = W \cdot \tau \quad (2.2)$$

де:

- W_{ϕ} — фактична продуктивність агрегату, га/год;
- W — теоретична продуктивність, га/год;
- τ — коефіцієнт використання часу зміни.

Приклад розрахунку фактичної продуктивності

$$W_{\phi} = 8 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ га/год}$$

де:

- 0,8 — коефіцієнт використання часу зміни.

З урахуванням коефіцієнта використання часу зміни 0,8 фактична продуктивність агрегату становить близько 6,4 га/год.

Витрата дизельного пального при виконанні культивації залежить від типу ґрунту, глибини обробітку та швидкості руху агрегату. Для сучасних культиваторів середня витрата пального становить 5–8 л/га. При збільшенні глибини обробітку до 12 см витрати пального можуть зростати до 9–10 л/га.

У господарствах для передпосівного обробітку ґрунту широко застосовуються культиватори типу КПП-8,2. Дані агрегати відзначаються простотою конструкції, високою ремонтпридатністю та можливістю агрегування з тракторами різних тягових класів. Разом з тим, у процесі експлуатації виникають проблеми недостатнього подрібнення грудок ґрунту, нерівномірності поверхні поля та підвищених втрат вологи після проходу агрегату.

Суттєвий вплив на ефективність роботи культиватора має технічний стан робочих органів. У процесі роботи відбувається інтенсивне зношування лап, дисків та елементів кріплення секцій. При зношуванні лап більш ніж на 25 % погіршується якість підрізання бур'янів та збільшується тяговий опір агрегату [12].

Під час роботи культиватора значне навантаження припадає на робочі секції та стійки. При русі агрегату по ущільненому ґрунту тяговий опір однієї

секції може становити 1,5–2,5 кН залежно від глибини обробітку та вологості ґрунту [15]. Це призводить до появи додаткових навантажень на раму та елементи кріплення конструкції.

Однією з важливих проблем сучасних культиваторів є недостатня стабільність підтримання глибини обробітку на ділянках із нерівним рельєфом. При цьому окремі секції можуть надмірно заглиблюватися або, навпаки, недостатньо входити у ґрунт. У результаті цього якість виконання технологічної операції погіршується, а ефективність підготовки посівного шару знижується.

Для підвищення ефективності роботи культиваторів сучасні виробники застосовують:

- додаткові опорні колеса;
- удосконалені системи копіювання рельєфу;
- підпружинені стійки;
- гідравлічні системи регулювання;
- посилені елементи кріплення робочих секцій.

Незважаючи на це, у процесі експлуатації залишаються проблеми нерівномірності обробітку, недостатнього подрібнення грудок ґрунту та підвищених динамічних навантажень на робочі органи. У зв'язку з цим виникає необхідність подальшого удосконалення конструкції культиватора з метою підвищення стабільності роботи робочих секцій, покращення якості передпосівного обробітку ґрунту та зниження експлуатаційних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно.

2.3. Розрахунок показників для технологічної карти на вирощування кукурудзи на зерно

Розрахунок показників на операції передпосівної культивуації

Розрахунок виконується для машинно-тракторного агрегату у складі трактора Fendt 936 Vario та культиватора КПП-8.2. Операція виконується на площі 85 га. Годинна продуктивність агрегату за технологічною картою становить 7,2 га/год.

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм} \quad (2.3)$$

$$W_{зм} = 7,2 \cdot 7 = 50,4 \text{ га/зм}$$

Добовий виробіток агрегату:

$$W_{доб} = W_{год} \cdot T_{доб} \quad (2.4)$$

$$W_{доб} = 7,2 \cdot 14 = 100,8 \text{ га/добу}$$

Кількість агрегатів:

$$n = Q / (W_{доб} \cdot D_p) \quad (2.5)$$

$$n = 85 / (100,8 \cdot 2) = 0,42$$

Витрата пального:

$$G = g \cdot Q \quad (2.6)$$

$$G = 6 \cdot 85 = 510 \text{ кг}$$

Затрати праці:

$$З_{п} = (m_{мех} + m_{доп}) / W_{год} \quad (2.7)$$

$$З_{п} = (1 + 1) / 7,2 = 0,28 \text{ люд-год/га}$$

Загальні затрати праці:

$$З_{п.заг} = 0,28 \cdot 85 = 23,8 \text{ люд-год} \quad (2.8)$$

Кількість нормо-змін:

$$H_{зм} = Q / (T_{зм} \cdot W_{год}) \quad (2.9)$$

$$H_{зм} = 85 / (7 \cdot 7,2) = 1,69 \text{ нормо-змін}$$

Обсяг умовних еталонних гектарів:

$$Q_{ум.ет.га} = H_{зм} \cdot W_{год.ет} \cdot T_{зм} \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{ум.ет.га}} = 1,69 \cdot 0,60 \cdot 7 = 7,08 \text{ ум. ет. га}$$

Отже, для виконання передпосівної культивуації на площі 85 га агрегатом Fendt 936 Vario + КПП-8.2 (модернізований) необхідно 510 кг пального. Загальні затрати праці становлять 23,8 люд-год, кількість нормо-змін – 1,69, а обсяг роботи – 7,08 ум. ет. га. Всі наступні розрахунки та перелік операцій зображено у технологічній карті **Додаток А**.

2.4. Висновки до розділу

У другому розділі було проведено аналіз технології вирощування кукурудзи на зерно та особливостей технічного забезпечення технологічних процесів.

У результаті аналізу роботи культиватора встановлено, що при виконанні передпосівного обробітку ґрунту виникають проблеми нерівномірності глибини культивуації, утворення великих грудок ґрунту та підвищених втрат вологи.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність модернізації культиватора КПП-8.2 шляхом встановлення прикочувального котка, що дозволить поєднати операції розпушування, подрібнення грудок та часткового ущільнення ґрунту за один прохід агрегату. Запропоноване удосконалення сприятиме покращенню якості передпосівного обробітку, зменшенню втрат вологи та підвищенню ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

У підрозділі також розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно на площі 85 га та виконано розрахунок показників використання машинно-тракторного агрегату на операції передпосівної культивуації. Встановлено, що використання агрегату Fendt 936 Vario + КПП-8.2 (модернізований) забезпечує продуктивність 7,2 га/год при витраті пального 6 кг/га та дозволяє виконати технологічну операцію у встановлені агротехнічні строки.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА

3.1. Аналіз конструкції культиватора КПГ-8.2

Культиватор КПГ-8.2 належить до причіпних ґрунтообробних машин суцільного обробітку та призначений для передпосівного розпушування ґрунту, знищення бур'янів, вирівнювання поверхні поля та підготовки посівного шару перед висівом сільськогосподарських культур. Даний агрегат широко застосовується у господарствах завдяки простоті конструкції, високій надійності та можливості агрегування з тракторами тягового класу 3 [8].

Основними складовими елементами культиватора КПГ-8.2 є:

- рама;
- причіпний пристрій;
- опорні колеса;
- робочі секції;
- стійки з лапами;
- механізми регулювання глибини обробітку;
- елементи кріплення робочих органів.

Культиватор КПГ-8.2 має ширину захвату 8,2 м і використовується для суцільного передпосівного обробітку ґрунту. Робочі органи розміщені на рамі у декілька рядів, що забезпечує рівномірне розпушування ґрунту по всій ширині захвату. Основними робочими органами є стрілчасті лапи, які виконують підрізання бур'янів, розпушування верхнього шару ґрунту та часткове вирівнювання поверхні поля.

Конструкція культиватора забезпечує одночасне виконання декількох операцій, зокрема розпушування верхнього шару ґрунту, підрізання бур'янів та часткове вирівнювання поверхні поля. Робочими органами культиватора є стрілчасті лапи, які встановлюються на пружинних або жорстких стійках. Під

час руху агрегату лапи заглиблюються у ґрунт та здійснюють його розпушування на задану глибину [3].

Ширина захвату культиватора КПГ-8.2 становить 8 м, що дозволяє забезпечити високу продуктивність агрегату при роботі на великих площах. Робоча швидкість під час виконання передпосівної культивації зазвичай становить 8–12 км/год, а глибина обробітку — 6–12 см залежно від агротехнічних вимог та стану ґрунту.

Рама культиватора є основним несучим елементом конструкції та сприймає основні навантаження, які виникають під час роботи агрегату. На рамі закріплюються робочі секції, опорні колеса та причіпний пристрій. Від жорсткості та міцності рами значною мірою залежить стабільність роботи культиватора та рівномірність обробітку ґрунту.

Опорні колеса виконують функцію регулювання та підтримання глибини обробітку. Зміна положення коліс відносно рами дозволяє встановлювати необхідну глибину заглиблення робочих органів у ґрунт. При роботі на нерівних ділянках поля опорні колеса частково забезпечують копіювання рельєфу поверхні.

Під час роботи культиватора тяговий опір формується сумарною дією всіх робочих органів, що взаємодіють із ґрунтом. Його величина залежить від ширини захвату агрегату, глибини обробітку, вологості та щільності ґрунту, а також швидкості руху машинно-тракторного агрегату. Для культиватора КПГ-8.2 при ширині захвату 8 м і робочій глибині 6–12 см основне навантаження сприймають стійки з лапами, рама, опорні колеса та причіпний пристрій [8].

При збільшенні швидкості руху агрегату понад 10–12 км/год погіршується стабільність підтримання глибини обробітку. Це призводить до нерівномірного розпушування ґрунту, утворення великих грудок та погіршення якості підготовки посівного шару. Особливо суттєво дані недоліки проявляються на важких та ущільнених ґрунтах.

Однією з основних проблем культиватора КПГ-8.2 є недостатнє подрібнення грудок ґрунту після проходження робочих органів. Після виконання

культивуації поверхня поля часто залишається недостатньо вирівняною, що негативно впливає на рівномірність висіву насіння та подальший розвиток рослин кукурудзи [1].

Крім того, після проходу культиватора верхній шар ґрунту залишається надмірно розпушеним, що може призводити до підвищених втрат продуктивної вологи. Для забезпечення якісної підготовки посівного шару у деяких випадках виникає необхідність виконання додаткових операцій вирівнювання або прикочування ґрунту, що збільшує витрати пального та знижує ефективність використання машинно-тракторного агрегату.

Перевагами культиватора КПГ-8.2 є:

- простота конструкції;
- висока ремонтпридатність;
- відносно невелика вартість;
- можливість роботи з тракторами різних тягових класів;
- висока продуктивність при роботі на великих площах.

Разом з тим, у процесі експлуатації виявляються і певні недоліки:

- недостатнє подрібнення грудок ґрунту;
- нерівномірність поверхні поля після обробітку;
- підвищені втрати вологи;
- значні динамічні навантаження на робочі секції;
- необхідність виконання додаткових операцій вирівнювання ґрунту.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення конструкції культиватора КПГ-8.2 шляхом встановлення додаткового прикочувального котка, який забезпечить часткове ущільнення та вирівнювання верхнього шару ґрунту після проходу робочих органів. Запропонована модернізація дозволить покращити якість передпосівного обробітку, зменшити втрати продуктивної

вологи та підвищити ефективність роботи агрегату при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Суттєвий вплив на якість роботи культиватора має правильне регулювання робочих органів та технічний стан елементів конструкції. При неправильному встановленні глибини обробітку або нерівномірному розташуванні лап відносно поверхні поля погіршується якість підготовки посівного шару та збільшується нерівномірність обробітку ґрунту. У результаті цього можуть виникати ділянки з надмірно ущільненим або, навпаки, надмірно розпушеним ґрунтом.

Важливим показником роботи культиватора є рівномірність підтримання глибини обробітку. Відхилення фактичної глибини від заданої не повинно перевищувати $\pm 1-2$ см. При більших відхиленнях погіршується якість передпосівної підготовки ґрунту, що негативно впливає на рівномірність загортання насіння та появу сходів кукурудзи [1].

Тяговий опір культиватора залежить від ширини захвату агрегату, глибини обробітку, вологості ґрунту та швидкості руху [4]. Орієнтовне значення загального тягового опору культиватора визначається за формулою:

$$R = q \cdot B \quad (3.1)$$

де:

- R — загальний тяговий опір культиватора, кН;
- q — питомий тяговий опір, кН/м;
- B — ширина захвату культиватора, м.

Для культиватора КПП-8.2 при питомому тяговому опорі 3,2 кН/м загальний тяговий опір становитиме:

$$R = 3,2 \cdot 8 = 25,6 \text{ кН}$$

Отримане значення тягового опору підтверджує необхідність використання енергетичних засобів тягового класу 3–5 для забезпечення стабільної роботи агрегату у польових умовах.

При роботі культиватора значна частина енергії витрачається на подрібнення грудок ґрунту та переміщення розпушеного шару. За відсутності додаткових прикочувальних або вирівнювальних елементів після проходу агрегату поверхня поля часто залишається нерівномірною, що може ускладнювати виконання наступних технологічних операцій.

Для покращення якості обробітку ґрунту сучасні ґрунтообробні агрегати часто комплектуються додатковими прикочувальними котками, які забезпечують:

- подрібнення грудок ґрунту;
- вирівнювання поверхні поля;
- часткове ущільнення верхнього шару ґрунту;
- зменшення втрат продуктивної вологи;
- покращення умов для висіву насіння.

Встановлення прикочувального котка позаду робочих органів культиватора дозволяє поєднати декілька технологічних операцій за один прохід агрегату. Це сприяє зменшенню кількості проходів техніки по полю, зниженню ущільнення ґрунту та скорочення сумарних витрат пального на комплекс операцій.

Таким чином, проведений аналіз конструкції та особливостей роботи культиватора КПГ-8.2 підтверджує доцільність його модернізації шляхом встановлення додаткового прикочувального котка. Запропоноване удосконалення дозволить покращити якість підготовки посівного шару та підвищити ефективність використання агрегату при вирощуванні кукурудзи на зерно.

3.2. Обґрунтування модернізації культиватора

У процесі аналізу роботи культиватора КПП-8.2 встановлено, що при виконанні передпосівного обробітку ґрунту виникають певні недоліки, які негативно впливають на якість виконання технологічної операції. Основними з них є:

- недостатнє подрібнення грудок ґрунту;
- нерівномірність поверхні поля після проходу агрегату;
- підвищені втрати продуктивної вологи;
- нестабільність підтримання глибини обробітку;
- необхідність виконання додаткових операцій вирівнювання або прикочування ґрунту.

Особливо суттєво дані недоліки проявляються при роботі культиватора на важких та ущільнених ґрунтах, а також при недостатній вологості ґрунту. У таких умовах після проходу лап культиватора утворюються великі грудки, які погіршують якість підготовки посівного шару та ускладнюють виконання наступних технологічних операцій.

Наявність надмірно розпушеного верхнього шару ґрунту також призводить до збільшення випаровування продуктивної вологи. Для кукурудзи, особливо у початковій фазі розвитку, збереження вологи у посівному шарі має важливе значення, оскільки недостатня кількість вологи може негативно впливати на проростання насіння та формування рівномірних сходів.

Для модернізації культиватора КПП-8.2 пропонується встановлення трубчастого прикочувального котка, який розміщується у задній частині агрегату позаду робочих органів. Конструкція котка складається з металевої осі, трубчастих елементів та опорних підшипникових вузлів. Орієнтовний

діаметр котка становить 450 мм, а ширина відповідає ширині захвату культиватора – 8.2 м.

Під час роботи агрегату коток взаємодіє з верхнім шаром ґрунту після проходу лап культиватора, забезпечуючи додаткове подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення посівного шару.

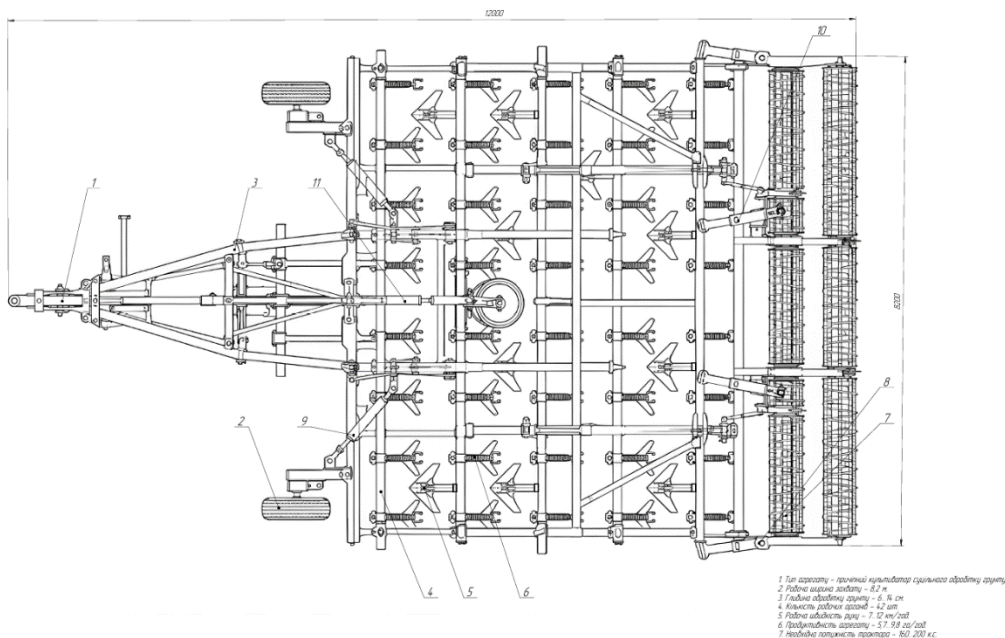


Рис. 3.1 – Модернізована конструкція культиватора КПГ-8.2

Перевагою запропонованої модернізації є можливість поєднання декількох технологічних операцій за один прохід агрегату. Це дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, знизити ущільнення ґрунту колесами машинно-тракторних агрегатів та скоротити сумарні витрати пального на комплекс передпосівних операцій.

Крім цього, встановлення прикочувального котка дозволяє підвищити стабільність роботи культиватора при русі по нерівній поверхні поля. Додатковий опорний елемент частково зменшує коливання робочих секцій та сприяє більш рівномірному підтриманню глибини обробки.

Одним із важливих факторів ефективності модернізованого культиватора є можливість поєднання декількох технологічних операцій за один прохід агрегату. Встановлення прикочувального котка дозволяє одночасно виконувати розпушування, подрібнення грудок та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту. Це дає можливість відмовитися від

виконання окремої операції прикочування або додаткового вирівнювання поверхні поля.

При використанні модернізованого культиватора тяговий опір агрегату дещо збільшується через наявність додаткового робочого органу. Разом з тим, за рахунок скорочення кількості проходів техніки по полю зменшуються сумарні витрати пального на комплекс передпосівних операцій, знижується ущільнення ґрунту та скорочуються затрати часу на виконання технологічного процесу.

Таким чином, модернізація культиватора КПП-8.2 шляхом встановлення прикочувального котка є технічно обґрунтованою та доцільною. Запропоноване удосконалення дозволить покращити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити втрати продуктивної вологи, скоротити сумарні витрати пального на комплекс передпосівних операцій та підвищити ефективність використання машинно-тракторного агрегату при вирощуванні кукурудзи на зерно.

3.3. Розробка модернізованого вузла культиватора. Інженерні розрахунки

Для підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту пропонується модернізувати культиватор КПП-8.2 шляхом встановлення у задній частині рами прикочувального котка. Запропонований вузол призначений для додаткового подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та часткового ущільнення верхнього шару ґрунту після проходження стрілочастих лап культиватора.

Конструктивно модернізований вузол складається з секційного трубчастого котка, осі, підшипникових опор, бокових кронштейнів, розкосів жорсткості та елементів болтового кріплення до заднього бруса рами культиватора. Секційне виконання котка доцільне для культиватора з

шириною захвату 8 м, оскільки воно зменшує навантаження на окремі опори та покращує копіювання поверхні поля.

Для подальших розрахунків приймаємо такі вихідні параметри модернізованого вузла:

- ширина захвату культиватора $B = 8,2$ м;
- кількість секцій котка $z = 3$;
- робоча ширина однієї секції $b_c = 2,7$ м;
- діаметр котка $D_k = 0,45$ м;
- робоча швидкість агрегату $v = 7,2$ км/год $= 2,0$ м/с;
- маса котка з кронштейнами $m_k = 500$ кг;
- глибина передпосівної культивації $a = 0,08$ м;
- коефіцієнт динамічності навантаження $k_d = 1,25$.

Геометричні параметри котка визначаються з урахуванням ширини захвату культиватора та кількості секцій. Ширина однієї секції котка становить:

$$b_c = B / z, \quad (3.3)$$

$$b_c = 8,2 / 3 = 2,73 \text{ м.}$$

Для забезпечення рівномірного прикочування після проходу лап коток повинен перекривати всю робочу ширину агрегату. При секційному виконанні кожна секція сприймає частину вертикального та горизонтального навантаження, що зменшує напруження у валах і кронштейнах.

Кутова швидкість обертання котка визначається за залежністю:

$$\omega_k = 2 \cdot v / D_k, \quad (3.4)$$

$$\omega_k = 2 \cdot 2,0 / 0,45 = 8,89 \text{ рад/с.}$$

Частота обертання котка становить:

$$n_k = 60 \cdot v / (\pi \cdot D_k), \quad (3.5)$$

$$n_k = 60 \cdot 2,0 / (3,14 \cdot 0,45) = 84,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Отримане значення частоти обертання є прийнятним для пасивного прикочувального котка, оскільки за такої швидкості не виникає надмірного

викидання ґрунту та забезпечується стабільне контактування робочої поверхні з посівним шаром.

Вертикальне навантаження від маси прикочувального котка визначається за формулою:

$$G_k = m_k \cdot g, \quad (3.6)$$

$$G_k = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ Н} = 4,91 \text{ кН}.$$

Навантаження, що припадає на одну секцію котка, з урахуванням коефіцієнта динамічності становить:

$$P_c = (G_k \cdot k_d) / z, \quad (3.7)$$

$$P_c = (4,91 \cdot 1,25) / 3 = 2,04 \text{ кН}.$$

Це навантаження використовується для подальшого розрахунку осі котка, підшипникових опор та кронштейнів кріплення. У реальних умовах навантаження може змінюватися залежно від твердості ґрунту, мікрорельєфу поля та швидкості руху агрегату.

Питомий тиск котка на ґрунт визначається як відношення вертикального навантаження до площі контакту:

$$p_k = G_k / (B \cdot l_k), \quad (3.8)$$

де l_k - умовна довжина плями контакту котка з ґрунтом, м. Для передпосівного обробітку приймаємо $l_k = 0,08$ м.

$$p_k = 4,91 / (8 \cdot 0,08) = 7,67 \text{ кПа}.$$

Отриманий питомий тиск є достатнім для часткового ущільнення надмірно розпушеного верхнього шару ґрунту, але не призводить до надмірного ущільнення посівного шару. Це особливо важливо під час підготовки ґрунту під кукурудзу, оскільки насіння потребує щільного контакту з вологим шаром ґрунту та одночасно достатньої аерації.

Додатковий тяговий опір прикочувального котка можна визначити за узагальненою залежністю:

$$R_k = \xi_k \cdot G_k + k_{\Pi} \cdot B \cdot a_k, \quad (3.9)$$

де ξ_k - коефіцієнт опору коченню котка по розпушеному ґрунту; k_p - коефіцієнт опору деформації ґрунту, кН/м^2 ; a_k - глибина деформації верхнього шару ґрунту котком, м.

Для розрахунку приймаємо: $\xi_k = 0,18$; $k_p = 6 \text{ кН/м}^2$; $a_k = 0,06 \text{ м}$. Тоді:

$$R_k = 0,18 \cdot 4,91 + 6 \cdot 8,2 \cdot 0,06 = 0,88 + 2,88 = 3,76 \text{ кН.}$$

Отже, встановлення котка збільшує тяговий опір агрегату приблизно на 3,76 кН. Це значення необхідно враховувати при оцінці можливості агрегування культиватора з трактором Fendt 936 Vario. При цьому збільшення опору є допустимим, оскільки модернізований агрегат виконує додаткову операцію вирівнювання та прикочування за один прохід.

Тяговий опір базового культиватора визначимо за спрощеною залежністю:

$$R_6 = k_0 \cdot B \cdot a, \quad (3.10)$$

де k_0 - питомий опір ґрунту при культивації, кН/м^2 . Для середньосуглинкового ґрунту приймаємо $k_0 = 55 \text{ кН/м}^2$.

$$R_6 = 55 \cdot 8,2 \cdot 0,08 = 35,2 \text{ кН.}$$

Загальний тяговий опір модернізованого культиватора становить:

$$R_{\Sigma} = R_6 + R_k, \quad (3.11)$$

$$R_{\Sigma} = 35,2 + 3,76 = 38,96 \text{ кН.}$$

Потрібна потужність на тягу агрегату визначається за формулою:

$$N_T = (R_{\Sigma} \cdot v) / \eta_T, \quad (3.12)$$

де η_T - коефіцієнт використання тягової потужності трактора. Приймаємо $\eta_T = 0,85$.

$$N_T = (38,96 \cdot 2,0) / 0,85 = 91,67 \text{ кВт.}$$

Потужність трактора Fendt 936 Vario суттєво перевищує розрахункову потребу на тягу, тому агрегування з модернізованим культиватором є технічно можливим. Запас потужності забезпечує стабільну роботу агрегату при зміні вологості ґрунту, збільшенні глибини культивації або підвищенні питомого опору ґрунту.

Для перевірки міцності осі котка розглядаємо одну секцію як балку на двох опорах, навантажену рівномірно розподіленим вертикальним навантаженням. Інтенсивність навантаження становить:

$$q_c = P_c / b_c, \quad (3.13)$$

$$q_c = 1,53 / 2,7 = 0,765 \text{ кН/м.}$$

Максимальний згинальний момент у середині секції визначається за формулою:

$$M_{\max} = q_c \cdot b_c^2 / 8, \quad (3.14)$$

$$M_{\max} = 0,765 \cdot 2,7^2 / 8,2 = 0,383 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент на осі котка від дії горизонтального опору однієї секції становить:

$$T_k = R_c \cdot D_k / 2, \quad (3.15)$$

де R_c - горизонтальний опір, що припадає на одну секцію котка.

$$R_c = R_k / z = 3,76 / 4 = 0,94 \text{ кН;}$$

$$T_k = 0,94 \cdot 0,45 / 2 = 0,212 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Еквівалентний момент при сумісній дії згину та кручення визначається за енергетичною теорією міцності:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\max}^2 + 0,75 + T_k^2} \quad (3.16)$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{(0,383^2 + 0,75 \cdot 0,212^2)} = 0,425 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Необхідний діаметр суцільної круглої осі визначається з умови міцності при згині:

$$d \geq \sqrt[3]{(32 \cdot M_{\text{екв}} \cdot 10^6 / (\pi \cdot [\sigma]))}, \quad (3.17)$$

де $[\sigma]$ - допустиме напруження для сталі осі. Для сталі 45 приймаємо $[\sigma] = 80 \text{ МПа}$.

$$d \geq \sqrt[3]{(32 \cdot 0,425 \cdot 10^6 / (3,14 \cdot 80))} = 37,8 \text{ мм.}$$

За результатами розрахунку приймаємо діаметр осі котка $d = 45 \text{ мм}$. Прийнятий діаметр має запас міцності та дозволяє компенсувати додаткові динамічні навантаження, які виникають під час роботи агрегату на нерівній поверхні поля.

Реакція однієї підшипникової опори з урахуванням вертикальної та горизонтальної складових навантаження визначається за формулою:

$$R_A = \sqrt{(P_c / 2)^2 + (R_c / 2)^2}, \quad (3.18)$$

$$R_A = \sqrt{((1,53 / 2)^2 + (0,94 / 2)^2)} = 0,90 \text{ кН.}$$

Отримане навантаження на опору є невеликим, тому для встановлення секцій котка можуть застосовуватися стандартні корпусні підшипникові вузли з допустимим радіальним навантаженням не менше 3-5 кН. Такий запас необхідний для врахування ударних навантажень під час роботи в польових умовах.

Перевіримо болтове з'єднання кронштейна котка з рамою культиватора на зріз. Розрахункове зусилля з урахуванням динамічності:

$$F_p = k_d \cdot R_k, \quad (3.19)$$

$$F_p = 1,25 \cdot 3,76 = 4,70 \text{ кН.}$$

Необхідний діаметр болта при роботі на зріз визначається за формулою:

$$d_6 \geq \sqrt{(4 \cdot F_p \cdot 10^3 / (n \cdot \pi \cdot [\tau]))}, \quad (3.20)$$

де n - кількість болтів у з'єднанні; $[\tau]$ - допустиме напруження зрізу.

Приймаємо $n = 4$; $[\tau] = 80 \text{ МПа}$.

$$d_6 \geq \sqrt{(4 \cdot 4,70 \cdot 10^3 / (4 \cdot 3,14 \cdot 80))} = 4,33 \text{ мм.}$$

За умовами міцності достатнім є мінімальний діаметр болта 4,33 мм, однак з урахуванням вібрацій, ударних навантажень та технологічної надійності приймаємо болтове з'єднання М12. Використання болтів М12 забезпечує значний запас міцності та зручність монтажу вузла в умовах господарства.

Перевірку зварного шва кронштейна виконуємо за дотичними напруженнями:

$$\tau_{ш} = F_p \cdot 10^3 / (2 \cdot l_{ш} \cdot a_{ш}), \quad (3.21)$$

де $l_{ш}$ - довжина одного зварного шва, мм; $a_{ш}$ - розрахункова товщина шва, мм. Приймаємо $l_{ш} = 160 \text{ мм}$; $a_{ш} = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ мм}$.

$$\tau_{ш} = 4,70 \cdot 10^3 / (2 \cdot 160 \cdot 4,2) = 3,50 \text{ МПа.}$$

Отримане напруження є значно меншим за допустиме для конструкційної сталі, тому прийнята довжина та катет зварного шва забезпечують необхідну міцність кріплення модернізованого вузла.

Розрахункова експлуатаційна продуктивність залежить від прийнятого коефіцієнта використання часу зміни, довжини гонів, кількості поворотів та організації роботи агрегату. У технологічній карті для передпосівної культивачії прийнято годинну продуктивність 7,2 га/год як виробничий показник за сприятливих умов роботи агрегату. Розроблений прикочувальний коток до культиватора КПГ-8,2 зображений на рисунку 3.2.

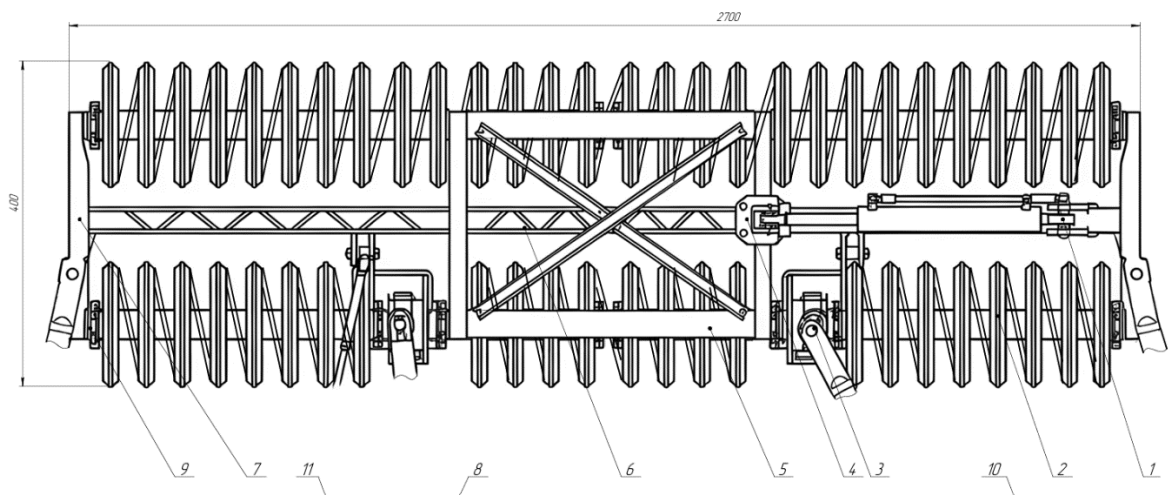


Рис. 3.2 – Розроблений прикочувальний коток до культиватора КПГ-8,2

Проведені інженерні розрахунки показали, що запропонований прикочувальний коток може бути встановлений на культиватор КПГ-8.2 без перевищення допустимих навантажень на основні елементи конструкції. Додатковий тяговий опір котка становить близько 3,76 кН, а загальна потреба в тяговій потужності не перевищує можливостей трактора Fendt 936 Vario. Розрахунковий діаметр осі котка становить 37,8 мм, тому конструктивно приймається вісь діаметром 45 мм. Болтові та зварні з'єднання мають достатній запас міцності для роботи у польових умовах.

Основні результати розрахунків модернізованого вузла наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати інженерних розрахунків модернізованого вузла культиватора

Показник	Позначення	Значення
Ширина секції котка	b_c	2,7 м
Діаметр котка	D_k	0,45 м
Кутова швидкість котка	ω_k	8,89 рад/с
Вертикальне навантаження від котка	G_k	4,91 кН
Додатковий тяговий опір котка	R_k	3,76 кН
Загальний тяговий опір агрегату	R_Σ	38,96 кН
Потрібна потужність на тягу	N_t	91,67 кВт
Розрахунковий діаметр осі	d	37,8 мм
Прийнятий діаметр осі	$d_{пр}$	45 мм
Реакція підшипникової опори	R_A	0,90 кН
Прийняте болтове з'єднання	-	M12

Таким чином, запропонована модернізація є технічно доцільною, оскільки забезпечує підвищення якості передпосівного обробітку без критичного збільшення навантаження на енергетичний засіб та несучі елементи культиватора. Конструкція прикочувального котка є простою для виготовлення, ремонтпридатною та може бути реалізована на базі серійного культиватора КПП-8.2. Технічні параметри модернізованого прикочувального котка наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 — Технічні параметри модернізованого прикочувального котка

Показник	Значення
Тип котка	трубчастий
Ширина котка	8 м
Діаметр котка	450 мм
Матеріал осі	сталь 45
Діаметр осі	45 мм
Товщина трубчастих елементів	4 мм
Кількість секцій	4
Маса котка	500 кг
Тип підшипників	радіальні кулькові
Робоча швидкість	8–12 км/год
Глибина обробітку	6–12 см
Орієнтовний тяговий опір	3,5–4,2 кН

Отримані параметри підтверджують можливість використання модернізованого котка у складі культиватора КПГ-8.2 без суттєвого перевантаження рами та тягового агрегату. Запропонована конструкція може бути виготовлена на базі існуючих ремонтно-механічних майстерень господарства.

3.4. Висновок до розділу

У третьому розділі дипломної роботи проведено аналіз конструкції та особливостей роботи культиватора КПГ-8.2, який використовується для передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. Встановлено, що основними недоліками базової конструкції є недостатнє подрібнення грудок ґрунту, нерівномірність поверхні поля після обробітку та підвищені втрати продуктивної вологи.

У результаті проведеного аналізу обґрунтовано доцільність модернізації культиватора шляхом встановлення трубчастого прикочувального котка у задній частині рами агрегату. Запропонована модернізація дозволяє поєднати операції розпушування, подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та часткового ущільнення верхнього шару ґрунту за один прохід агрегату.

У розділі розроблено конструкцію модернізованого вузла та виконано інженерні розрахунки основних параметрів прикочувального котка. За результатами розрахунків встановлено:

- діаметр котка становить 450 мм;
- маса котка — 500 кг;
- додатковий тяговий опір котка — 3,76 кН;
- загальний тяговий опір модернізованого агрегату — 38,96 кН;
- необхідна потужність на тягу — 91,67 кВт;
- розрахунковий діаметр осі котка — 37,8 мм;
- конструктивно прийнятий діаметр осі — 45 мм.

Проведені розрахунки підтвердили можливість агрегування модернізованого культиватора з трактором Fendt 936 Vario без перевищення допустимих навантажень на основні елементи конструкції. Також встановлено, що болтові та зварні з'єднання мають достатній запас міцності для роботи агрегату у польових умовах.

Запропонована модернізація культиватора КПГ-8.2 є технічно доцільною та дозволяє підвищити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити кількість додаткових технологічних операцій і підвищити ефективність використання машинно-тракторного агрегату при вирощуванні кукурудзи на зерно.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні вимоги охорони праці під час виконання передпосівного обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту належить до технологічних операцій підвищеної небезпеки, оскільки виконується із застосуванням потужних машинно-тракторних агрегатів, робочих органів із гострими елементами та рухомих механізмів. Під час роботи культиватора КПП-8.2 особлива увага повинна приділятися технічному стану агрегату, дотриманню правил експлуатації техніки та забезпеченню безпечних умов праці механізатора.

До виконання робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії. Працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпечної експлуатації культиватора та пройти інструктаж щодо роботи з навісними й причіпними агрегатами [2].

Перед початком роботи необхідно провести технічний огляд трактора та культиватора КПП-8.2. При цьому перевіряють:

- справність гальмівної системи трактора;
- роботу рульового керування;
- стан гідравлічної системи;
- надійність кріплення робочих органів;
- технічний стан прикочувального котка;
- відсутність тріщин та деформацій рами;
- справність світлової та сигнальної системи.

Особливу увагу приділяють перевірці кріплення лап культиватора та елементів модернізованого прикочувального котка, оскільки під час роботи вони зазнають значних динамічних навантажень.

Перед виїздом у поле визначають маршрути руху агрегатів, межі заїнок та місця для розворотів. Роботи повинні виконуватися відповідно до технологічної карти та з дотриманням встановлених швидкісних режимів. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи машинно-тракторного агрегату [10].

Під час роботи агрегату забороняється:

- очищати робочі органи від ґрунту та рослинних решток;
- проводити регулювання культиватора;
- перебувати між трактором і культиватором;
- виконувати ремонт або змащування вузлів;
- торкатися рухомих елементів агрегату.

Усі регулювання та технічне обслуговування дозволяється виконувати лише після повної зупинки трактора, вимкнення двигуна та опускання культиватора на поверхню ґрунту.

Під час транспортування культиватора дорогами загального користування робочі органи повинні бути переведені у транспортне положення та надійно зафіксовані. Швидкість руху повинна відповідати вимогам безпеки дорожнього руху.

Дотримання вимог охорони праці під час виконання передпосівного обробітку ґрунту забезпечує безпечну експлуатацію машинно-тракторного агрегату, знижує ризик виробничого травматизму та сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу.

4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час роботи культиватора

Під час виконання передпосівного обробітку ґрунту механізатор та обслуговуючий персонал можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесі експлуатації трактора та культиватора КПП-8.2.

До основних небезпечних виробничих факторів належать:

- рухомі частини трансмісії та робочих органів;
- можливість травмування під час зчеплення трактора з культиватором;
- небезпека перекидання агрегату на нерівних ділянках поля;
- руйнування або відрив елементів робочих органів;
- можливість розгерметизації гідравлічної системи;
- травмування при обслуговуванні прикочувального котка.

Одним із найбільш небезпечних факторів є наявність обертових та рухомих елементів агрегату. Потрапляння одягу або частин тіла працівника у зону руху механізмів може призвести до тяжких травм. Особливу небезпеку становлять операції очищення робочих органів від ґрунту без повної зупинки агрегату.

До основних шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищений рівень шуму;
- вібрація, що передається на робоче місце механізатора;
- пил під час обробітку сухого ґрунту;
- вихлопні гази дизельного двигуна;
- підвищена температура повітря у весняно-літній період;
- нервово-емоційне навантаження механізатора.

Під час роботи культиватора рівень шуму у кабіні трактора може досягати значних значень, що негативно впливає на працездатність механізатора та викликає швидку втому. Тривалий вплив вібрації може призводити до професійних захворювань опорно-рухового апарату та нервової системи [10].

Під час обробітку сухого ґрунту утворюється значна кількість пилу, який негативно впливає на органи дихання та знижує видимість у робочій зоні. Особливо інтенсивне пилоутворення виникає при роботі агрегату на підвищених швидкостях.

Для зменшення впливу небезпечних та шкідливих факторів необхідно:

- підтримувати техніку у справному технічному стані;

- своєчасно проводити технічне обслуговування агрегатів;
- використовувати засоби індивідуального захисту;
- дотримуватись встановлених режимів праці та відпочинку;
- не допускати роботи несправного обладнання;
- проводити регулярні інструктажі з охорони праці.

4.3. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту

Працівники, які виконують передпосівний обробіток ґрунту та обслуговування культиватора КПГ-8.2, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до умов праці та вимог чинних нормативних документів.

До основних засобів індивідуального захисту належать:

- спеціальний бавовняний або комбінований одяг;
- захисне взуття із міцною неслизькою підошвою;
- рукавиці для роботи з металевими деталями;
- захисні окуляри;
- респіратори для роботи в умовах підвищеного пилоутворення;
- головний убір для захисту від сонячного випромінювання.

Механізатор повинен працювати лише у справному спецодязі без звисаючих елементів, які можуть потрапити у рухомі механізми культиватора. Забороняється виконувати роботи у забрудненому або пошкодженому одязі.

Після завершення робіт працівники повинні очистити спецодяг від пилу та забруднень, ретельно вимити руки й обличчя, а за необхідності прийняти гігієнічний душ. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту дозволяє знизити негативний вплив виробничих факторів, підвищити рівень безпеки праці та запобігти виникненню виробничого травматизму під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва важливим напрямом підвищення ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно є зниження енерговитрат та покращення якості виконання передпосівного обробітку ґрунту. Якість підготовки посівного шару безпосередньо впливає на рівномірність загортання насіння, накопичення та збереження продуктивної вологи, польову схожість і подальший розвиток рослин кукурудзи.

Однією з основних проблем під час виконання передпосівного обробітку ґрунту є недостатнє подрібнення грудок, нерівномірність поверхні поля та надмірні втрати вологи після проходу культиватора. У результаті цього погіршуються умови проростання насіння, збільшуються витрати на додаткові операції та знижується ефективність використання машинно-тракторного агрегату.

У даному проєкті запропоновано модернізацію культиватора КПГ-8.2 шляхом встановлення прикочувального котка, який забезпечує додаткове подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту. Запропоноване технічне рішення дозволяє підвищити якість передпосівного обробітку та зменшити втрати продуктивної вологи.

Економічний ефект від модернізації формується за рахунок покращення якості передпосівного обробітку ґрунту, зниження втрат вологи, підвищення рівномірності сходів кукурудзи, зменшення витрат на додатковий обробіток та скорочення експлуатаційних витрат машинно-тракторного агрегату.

Таблиця 5.1 – Дані для розрахунку

Показники	Базовий	Проектний
Площа вирощування кукурудзи, га	85	85

Середня врожайність, т/га	8,2	8,5
Вартість 1 т кукурудзи, грн	7200	7200
Витрати пального на 1 га, кг	6,5	6,0
Втрати врожаю через недостатню якість обробітку, %	3,0	1,5
Витрати на додатковий обробіток, грн	14500	6000
Вартість модернізації, грн	—	42000

Додатковий дохід від підвищення врожайності визначається за формулою:

$$D_d = Q \cdot (Y_2 - Y_1) \cdot C \quad (5.1)$$

де: Q – площа посіву, га; Y_2 – врожайність проєктного варіанта, т/га; Y_1 – врожайність базового варіанта, т/га; C – вартість 1 т продукції, грн.

$$D_d = 85 \cdot (8,5 - 8,2) \cdot 7200 = 183600 \text{ грн}$$

Втрати врожаю через недостатню якість обробітку ґрунту визначаються за формулою:

$$B_{вр} = Q \cdot Y \cdot C \cdot K \quad (5.2)$$

де: Q – площа вирощування, га; Y – середня врожайність, т/га; C – вартість 1 т продукції, грн; K – коефіцієнт втрат урожаю.

$$B_{врБ} = 85 \cdot 8,2 \cdot 7200 \cdot 0,03 = 150552 \text{ грн}$$

$$B_{врП} = 85 \cdot 8,5 \cdot 7200 \cdot 0,015 = 78030 \text{ грн}$$

Економія витрат пального визначається за формулою:

$$E_{п} = (G_1 - G_2) \cdot Q \cdot C_{п} \quad (5.3)$$

де: G_1 – витрати пального базового варіанта, кг/га; G_2 – витрати пального проєктного варіанта, кг/га; Q – площа обробітку, га; $C_{п}$ – вартість 1 кг дизельного пального, грн.

$$E_{п} = (6,5 - 6,0) \cdot 85 \cdot 58 = 2465 \text{ грн}$$

Загальний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = D_d + E_{п} + E_v \quad (5.4)$$

де: D_d – додатковий дохід від підвищення врожайності; E_n – економія пального; E_b – економія інших витрат.

$$E_p = 183600 + 2465 + 8500 = 194565 \text{ грн}$$

Термін окупності капіталовкладень визначається за формулою:

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

де: K_B – капіталовкладення на модернізацію, грн; E_p – річний економічний ефект, грн.

$$T_o = 42000 / 194565 = 0,22 \text{ року}$$

Таблиця 5.2 – Аналіз показників економічної доцільності

Показники	Базовий	Проектний
Площа вирощування кукурудзи, га	85	85
Урожайність, т/га	8,2	8,5
Витрати пального, кг/га	6,5	6,0
Втрати врожаю, %	3,0	1,5
Втрати врожаю, грн	150552	78030
Витрати на додатковий обробіток, грн	14500	6000
Економія пального, грн	—	2465
Загальний економічний ефект, грн	—	194565
Термін окупності, років	—	0,22

Використання модернізованого культиватора дозволяє знизити втрати врожаю, скоротити витрати на додатковий обробіток ґрунту та зменшити витрати пального під час виконання технологічної операції. Загальний економічний ефект від упровадження запропонованого технічного рішення становить 194565 грн, а термін окупності капіталовкладень — 0,22 року, що свідчить про високу економічну ефективність та доцільність використання модернізованого культиватора КПГ-8.2 у виробничих умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано аналіз технології вирощування кукурудзи на зерно та розроблено технічне рішення щодо модернізації культиватора КПП-8.2 з метою підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту та ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

У роботі розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно на площі 85 га. Для виконання передпосівної культивації використано машинно-тракторний агрегат у складі трактора Fendt 936 Vario та культиватора КПП-8.2.

Для усунення виявлених недоліків запропоновано модернізацію культиватора шляхом встановлення додаткового прикочувального котка. Запропоноване технічне рішення забезпечує додаткове подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту, що сприяє створенню більш якісного посівного шару для висіву кукурудзи.

У результаті проведених технічних та технологічних розрахунків встановлено, що модернізований культиватор забезпечує покращення якості обробітку ґрунту та більш стабільне підтримання заданої глибини обробітку. Це дозволяє створити більш рівномірне насінневе ложе та покращити умови проростання насіння кукурудзи.

У ході виконання техніко-економічних розрахунків визначено, що після модернізації культиватора КПП-8.2 середня врожайність кукурудзи підвищується з 8,2 до 8,5 т/га, тобто на 0,3 т/га. При площі вирощування 85 га та вартості зерна кукурудзи 7200 грн/т додатковий дохід від підвищення врожайності становить 183600 грн.

Установлено, що втрати врожаю через недостатню якість передпосівного обробітку ґрунту у базовому варіанті складають 150552 грн, тоді як у проєктному варіанті після модернізації вони знижуються до 78030 грн. Таким чином, зменшення втрат врожаю становить 72522 грн.

У результаті модернізації також досягається зниження витрат пального з 6,5 до 6,0 кг/га. При площі обробітку 85 га економія дизельного пального становить 2465 грн за сезон виконання робіт. Крім того, витрати на додатковий обробіток ґрунту зменшуються з 14500 до 6000 грн, а економія коштів становить 8500 грн.

У результаті виконаних економічних розрахунків встановлено, що загальний річний економічний ефект від модернізації культиватора КПП-8.2 становить 194565 грн. При цьому вартість модернізації складає 42000 грн, а термін окупності капіталовкладень дорівнює 0,22 року, що підтверджує високу економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

У розділі охорони праці проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час виконання передпосівного обробітку ґрунту, зокрема вплив шуму, вібрації, пилу, рухомих механізмів та динамічних навантажень на працівника. Розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації машинно-тракторного агрегату та використання засобів індивідуального захисту.

Проведені технологічні, технічні та економічні розрахунки підтверджують, що запропонована модернізація культиватора КПП-8.2 є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Використання модернізованого культиватора дозволяє підвищити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити втрати продуктивної вологи, покращити умови проростання насіння кукурудзи та забезпечити отримання річного економічного ефекту у розмірі 194565 грн у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аравія, С. (2024). Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. 226 В збірнику викладені питання конструювання, розрахунку, удосконалення, створення і дослідження нових робочих органів сільськогосподарських машин, засобів механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва. Наведені результати.
2. Березовський, А. П., Прокопенко, Е. В., & Трус, О. М. (2023). ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.
3. Вершков, О. О., Бондаренко, Л. Ю., Антонова, Г. В., & Тетервак, І. Р. (2022). Аналіз досвідної експлуатації програмного модулю розрахунку норм часу обробки деталей сільськогосподарської техніки.
4. Веселовська, Н. Р., Руткевич, В. С., & Шаргородський, С. А. (2023). Конструкція розрахунків і виробництво сільськогосподарських машин. Методичні вказівки для виконання практичних робіт та самостійної роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «.
5. Вітер, В. А. (2023). Удосконалення використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з розробкою операційної технології оранки.
6. Гафурова, О. В., Новак, Т. С., & Міхневич, Л. В. (2026). Проблеми та перспективи правового регулювання безпечного поведіння з засобами захисту рослин у сільському господарстві. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право, 2(93), 237-242.
7. Зданевич, С. В., Погребняк, Р. П., Зданевич, С., & Гурідова, В. (2025). Натурні вимірювання динамічного навантаження несучої конструкції причіпного широкозахватного культиватора HORSCH FG 18.30 в режимі культивації.

8. Кобець, А. С., Деркач, О. Д., & Макаренко, Д. О. (2025). *Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз)*.
9. Коваленко, В., & Соколовська, І. ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В РІЗНИХ СІВОЗМІНАХ. *Матеріали*.
10. Крюковська, О., & Гончар, Р. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ІННОВАЦІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.
11. Ласло, О. О., & Олєпир, Р. В. (2025). Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Український журнал природничих наук*, (11), 170-177.
12. Мороз, А. І., Федорина, Т. П., & Савченко, А. Ф. (2024). Робота комбінованого ґрунтообробного агрегату (Doctoral dissertation, ВП НУБіП України" НАТІ").
13. Москалюк, І., Сакун, М., Безалтична, О., Москалюк, А., & Пуріч, В. (2022). Охорона праці, професійні захворювання та травматизм у сільському господарстві. *Аграрний вісник Причорномор'я*, (102-103).
14. Паламарчук, В. Д., & Колісник, О. М. (2022). Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій. *Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 376 с.*
15. Пугач, А. М., Кобець, О. М., & Лепеть, Є. І. (2025). Система «Машина-Поле».
16. СЕНЧИНА, Ю. (2024). Переваги і ризики вирощування кукурудзи. *Агронаука і практика*, 3(4), 32-37.
17. Сидякіна, О. В., & Іванів, О. О. (2023). Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи.
18. Сисоліна, І., & Блохін, В. (2023). ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кротивницький: ЦНТУ. 2023.— 430 с., 196.

19. Спірін, А. В., Цуркан, О. В., & Борисюк, Д. В. (2022). Ергономічні аспекти охорони праці в сільському господарстві. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 1 (116). С. 41-50.
20. Haris, A., Syarif, M. M., Narolla, H., & Hidayat, R. (2024). *Multicriteria Analysis Model in Sustainable Corn Farming Area Planning*. *arXiv preprint arXiv:2404.01782*.
21. Moshayedi, A. J., Khan, A. S., Geng, K., Hu, J., & Kollahdooz, A. (2025). *Advancing agricultural practices: analyzing the role of robotics in corn farming*.

ДОДАТКИ

Додаток А - Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно на площі 85 га

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад агрегату			К-сть с.-г.м.	Годинна продуктивність	Потрібно для викон. робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.е.га
				трактор	зіплка	с.-г. м.			тракторис.	доп. прац.	пальн. кг/га	праці люд.го д/га				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Дискування стерні	га	85	John Deere 8R 340	—	BEDNAR SWIFTERDI SC	1	1,25	1	—	23,3	0,80	1980,0	68,0	9,71	112,20
2	Глибокий обробіток ґрунту	га	85	Case IH Magnum 340	—	Horsch Tiger	1	12,3	1	—	13,4	0,13	1474,0	11,1	0,99	11,40
3	Ранньовесняне боронування	га	85	Fendt 936 Vario	—	Rauch Axis 30.2	1	17,2	1	—	13	0,12	54,4	10,2	0,71	8,15
4	Передпосівна культивування	га	85	Fendt 936 Vario	—	КПГ-8,2 (модернізований)	1	7,2	1	—	6	0,28	510,0	23,8	1,69	7,08
5	Внесення мінеральних добрив	га	85	Massey Ferguson 5711	—	Amazone ZA-TS	1	12,3	1	—	4,2	0,13	462,0	11,1	0,99	4,15
6	Посів кукурудзи	га	85	John Deere 7R 270	—	Väderstad Tempo V	1	16,5	1	—	4,2	0,12	462,0	10,2	0,74	3,09
7	Міжрядний обробіток	га	85	Case IH Puma 220	—	Horsch Transformer	1	30,96	1	—	2,4	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
8	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 110	—	Amazone UX 3200	1	30,96	1	—	5,2	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
9	Позакореневе підживлення	га	85	Case IH Puma 220	—	Amazone UX 3200	1	30,96	1	—	5,2	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
10	Збір врожаю	га	85	CLAAS LEXION 770	—	—	1	3,43	1	—	13,5	0,58	1485,0	49,3	3,54	85,00
11	Транспортування зерна	т	468	MAN TGS 18.440	—	—	1	11,93	1	—	13,5	0,08	184,0	46,9	5,60	85,00
													7403,4	245,8	41,14	321,02
На 1 га													616,9	20,5	3,4	26,75

Додаток Б – Графічні матеріали

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з модернізацією культиватора

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Шеремет Владислав Романович

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

Огляд мети роботи

Метою даної роботи є дослідження та обґрунтування шляхів підвищення ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно за рахунок удосконалення передпосівного обробітку ґрунту та модернізації культиватора КППГ-8.2 шляхом встановлення додаткового прикочувального котка.

У процесі виконання роботи передбачено аналіз сучасних технологій вирощування кукурудзи, дослідження конструктивних особливостей культиваторів суцільного обробітку ґрунту, розробку модернізованого вузла прикочувального котка та виконання інженерних розрахунків його основних конструктивних елементів.

Основна увага зосереджена на підвищенні якості передпосівного обробітку ґрунту, покращенні подрібнення ґрунтових грудок, вирівнюванні поверхні поля, збереженні продуктивної вологи та підвищенні ефективності роботи машинно-тракторного агрегату при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Результати дослідження спрямовані на оцінку технічної та економічної доцільності впровадження модернізованого культиватора у виробничих умовах і можуть бути використані для підвищення ефективності технологічних процесів у сільськогосподарських підприємствах.

Технології вирощування кукурудзи на зерно

Таблиця 1.1 – Вплив основних агротехнічних заходів на формування врожайності кукурудзи на

Агротехнічний захід	Основне призначення	Вплив на рослини кукурудзи	Можливі наслідки при порушенні технології
Вибір попередника	Поліпшення фітосанітарного стану поля та забезпечення оптимальних умов для росту культури	Зменшення забур'яненості, покращення структури ґрунту, підвищення забезпечення вологою	Поширення хвороб і шкідників, виснаження ґрунту, зниження врожайності
Основний обробіток ґрунту	Розпушування ґрунту, накопичення та збереження вологості	Покращення розвитку кореневої системи та водно-повітряного режиму ґрунту	Ущільнення ґрунту, погіршення аерації, нерівномірні сходи
Передпосівний обробіток	Створення оптимального насіннєвого ложа	Забезпечення рівномірної глибини загортання насіння та дружних сходів	Нерівномірне проростання насіння, зрідження посівів
Внесення мінеральних добрив	Забезпечення рослин поживними речовинами	Активний ріст рослин, формування качанів та зерна	Сповільнення росту, погіршення структури врожаю
Дотримання строків сівби	Створення оптимальних умов для проростання насіння	Підвищення польової схожості та рівномірності розвитку рослин	Зниження густоти стояння, нерівномірний розвиток рослин
Вибір оптимальної густоти посіву	Рациональне використання площі живлення	Покращення освітлення та забезпечення рослин вологою і поживними речовинами	Надмірна конкуренція між рослинами або недовикористання площі
Своєчасне збирання врожаю	Мінімізація втрат зерна	Збереження кількісних та якісних показників урожаю	Втрати зерна, підвищення вологості та погіршення якості продукції

Водночас вирощування кукурудзи супроводжується рядом виробничих проблем, серед яких:

- ущільнення ґрунту;
- нестача продуктивної вологості;
- інтенсивний розвиток бур'янів;
- значні енерговитрати;
- нерівномірність виконання технологічних операцій;



Рис. 1.1. – Основні агротехнічні заходи при вирощуванні кукурудзи на зерно

Технічне забезпечення технологічних процесів

Таблиця 2.1 – Машинно-тракторне забезпечення технології вирощування кукурудзи на зерно

Технологічна операція	Марка трактора	Марка сільськогосподарської машини	Призначення агрегату
Лущення стерні	John Deere 8345R	Case IH True-Tandem 335	Подрібнення рослинних решток та поверхневий обробіток ґрунту
Основний обробіток ґрунту	Case IH Steiger 400	KUHN Challenger	Глибокий обробіток ґрунту та загортання рослинних решток
Глибоке розпушування	John Deere 8370R	BEDNAR Terraland	Руйнування ущільнених шарів ґрунту
Передпосівний обробіток	John Deere 6125M	Köckerling Allrounder	Вирівнювання поверхні поля та підготовка посівного шару
Внесення мінеральних добрив	New Holland T6.180	AMAZONE ZA-TS	Рівномірне внесення мінеральних добрив
Посів кукурудзи	John Deere 6195M	Väderstad Tempo V	Точний висів насіння кукурудзи
Внесення засобів захисту рослин	Massey Ferguson 6713	Hardi Navigator	Обробка посівів гербіцидами та фунгіцидами
Міжрядний обробіток ґрунту	John Deere 6125M	KPH-5,6	Розпушування ґрунту та знищення бур'янів
Транспортування зерна	MT3-1221	2ПТС-6	Перевезення зерна та технологічних матеріалів
Збирання врожаю	CLAAS LEXION 770	CLAAS Conspeed	Збирання кукурудзи на зерно



Рис. 2.1. – John Deere 8345R



Рис. 2.2. - Väderstad Tempo V

Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно на площі 85 га

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад агрегату			к-сть с.-г.м.	Година продуктивності	Потрібно для викон робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.е.га
				трактор	зчіпка	с.-г. м.			тракторис.	доп.прац.	ка/га	праці людини люд.-го д/га				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Дискування стерні	га	85	John Deere 8R 340	—	BEDNAR SWIFTERDI SC	1	1,25	1	—	23,3	0,80	1980,0	68,0	9,71	112,20
2	Глибокий обробіток ґрунту	га	85	Case IH Magnum 340	—	Horsch Tiger	1	12,3	1	—	13,4	0,13	1474,0	11,1	0,99	11,40
3	Ранньовесняне боронування	га	85	Fendt 936 Vario	—	Rauch Axis 30.2	1	17,2	1	—	13	0,12	54,4	10,2	0,71	8,15
4	Передпосівна культивування	га	85	Fendt 936 Vario	—	КПГ-8,2 (модернізований)	1	7,2	1	—	6	0,28	510,0	23,8	1,69	7,08
5	Внесення мінеральних добрив	га	85	Massey Ferguson 5711	—	Amazone ZA-TS	1	12,3	1	—	4,2	0,13	462,0	11,1	0,99	4,15
6	Посів кукурудзи	га	85	John Deere 7R 270	—	Väderstad Tempo V	1	16,5	1	—	4,2	0,12	462,0	10,2	0,74	3,09
7	Міжрядний обробіток	га	85	Case IH Puma 220	—	Horsch Transformer	1	30,96	1	—	2,4	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
8	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 110	—	Amazone UX 3200	1	30,96	1	—	5,2	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
9	Позакореневе підживлення	га	85	Case IH Puma 220	—	Amazone UX 3200	1	30,96	1	—	5,2	0,06	264,0	5,1	0,39	1,65
10	Збір врожаю	га	85	CLAAS LEXION 770	—	—	1	3,43	1	—	13,5	0,58	1485,0	49,3	3,54	85,00
11	Транспортування зерна	т	468	MAN TGS 18.440	—	—	1	11,93	1	—	13,5	0,08	184,0	46,9	5,60	85,00
													7403,4	245,8	41,14	321,02
На 1 га													616,9	20,5	3,4	26,75

Удосконалення конструкції культиватора КПГ-8,2

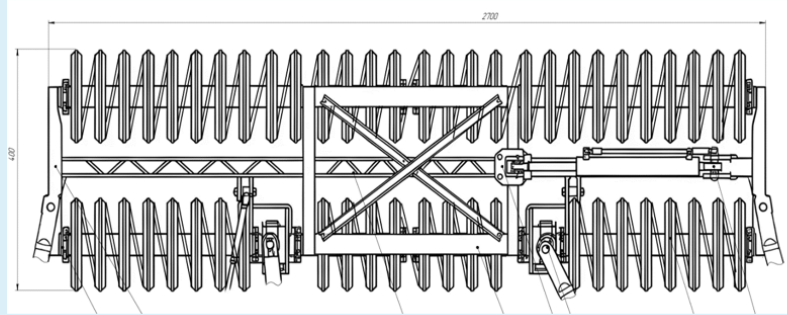


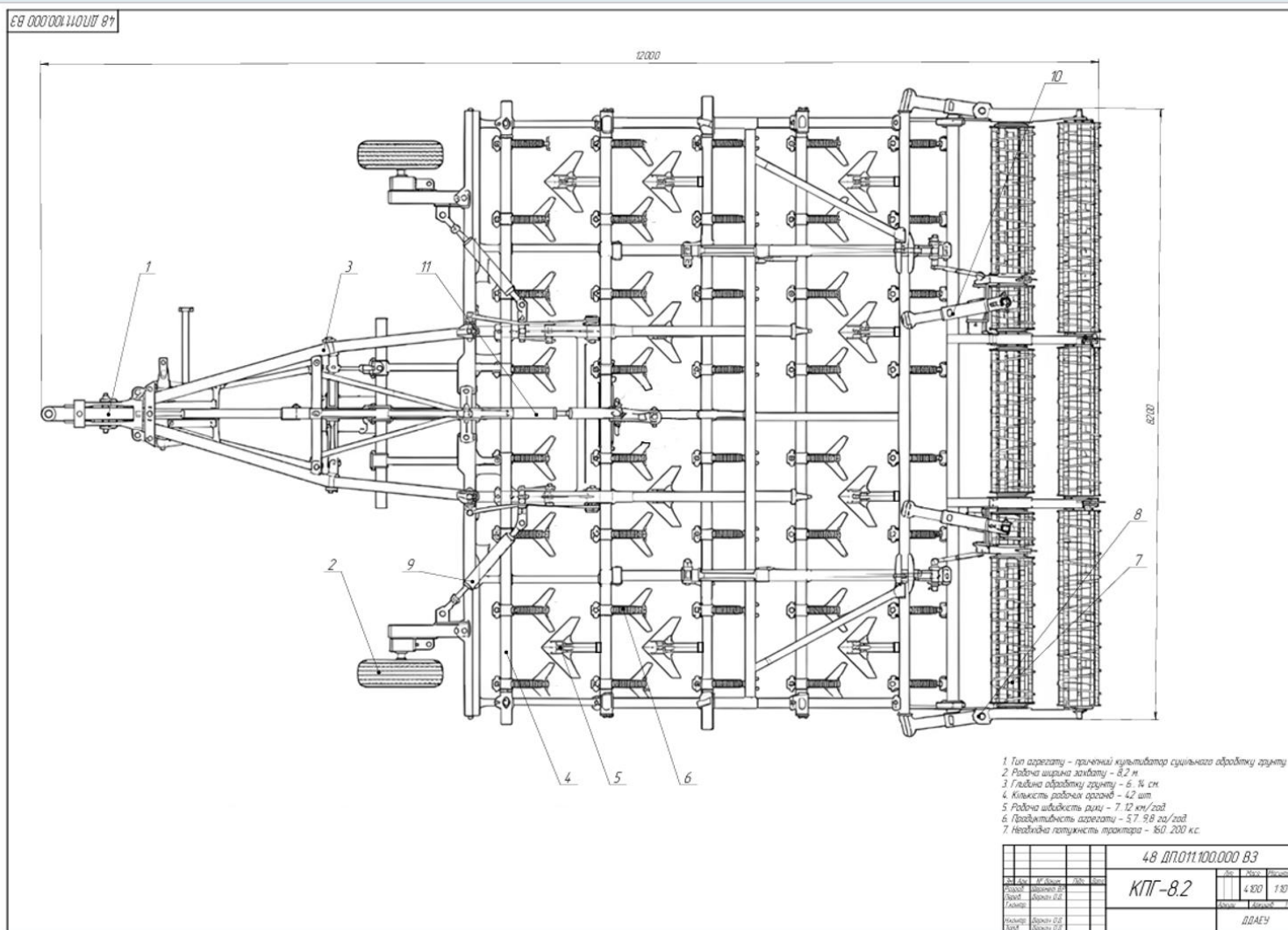
Рис. 3.2 – Розібраний прикочувальний коток до культиватора КПГ-8,2

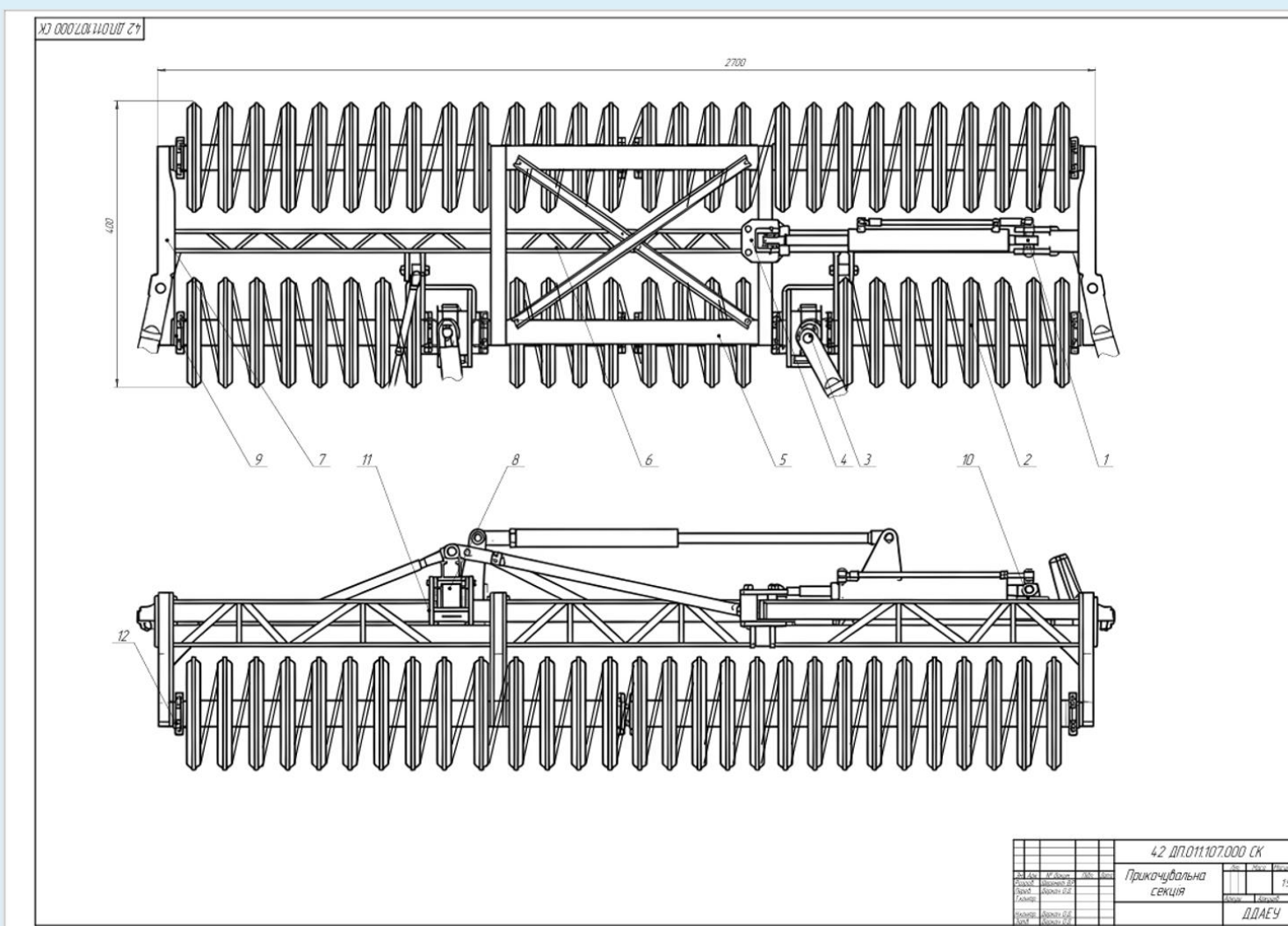
Таблиця 3.2 — Технічні параметри модернізованого прикочувального котка

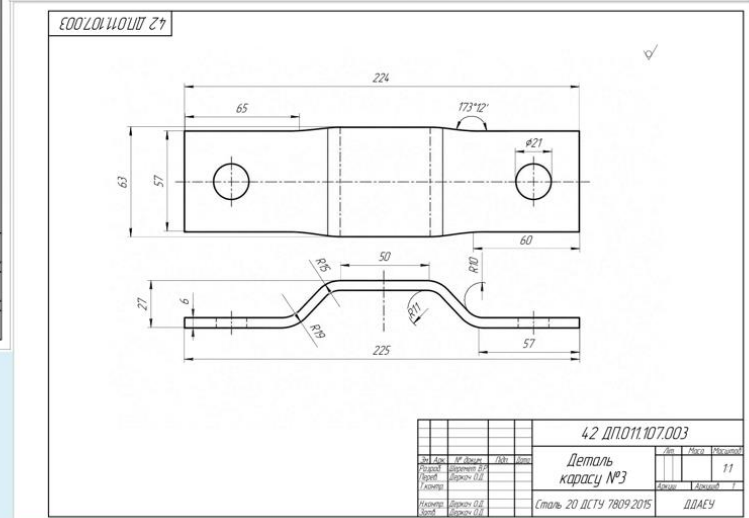
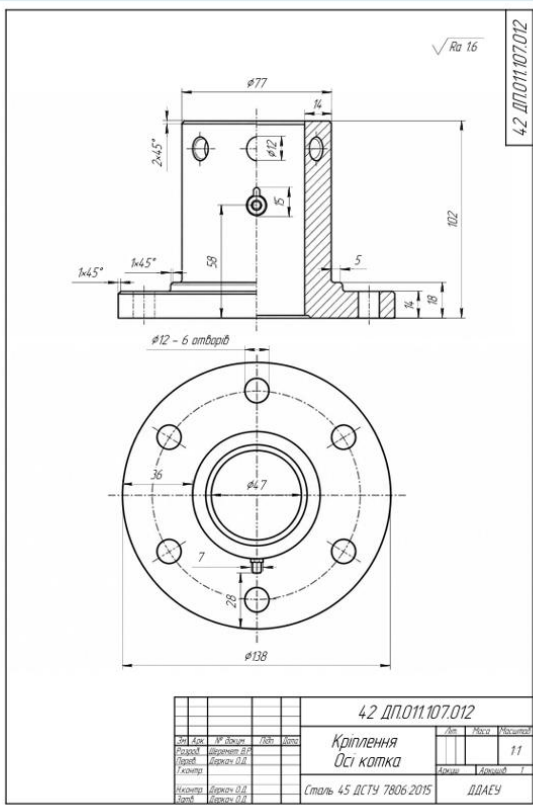
Показник	Значення
Тип котка	трубчастий
Ширина котка	8 м
Діаметр котка	450 мм
Матеріал осі	сталь 45
Діаметр осі	45 мм
Товщина трубчастих елементів	4 мм
Кількість секцій	4
Маса котка	500 кг
Тип підшипників	радіальні кулькові
Робоча швидкість	8–12 км/год
Глибина обробітку	6–12 см
Орієнтовний тяговий опір	3,5–4,2 кН

Таблиця 3.1 - Результати інженерних розрахунків модернізованого вузла культиватора

Показник	Позначення	Значення
Ширина секції котка	b_c	2,7 м
Діаметр котка	D_k	0,45 м
Кутова швидкість котка	ω_k	8,89 рад/с
Вертикальне навантаження від котка	G_k	4,91 кН
Додатковий тяговий опір котка	R_k	3,76 кН
Загальний тяговий опір агрегату	R_Σ	38,96 кН
Потрібна потужність на тягу	N_T	91,67 кВт
Розрахунковий діаметр осі	d	37,8 мм
Прийнятий діаметр осі	$d_{пр}$	45 мм
Реакція підшипникової опори	R_A	0,90 кН
Прийняте болтове з'єднання	-	M12







Економічна доцільність модернізованого культиватора

Таблиця 5.1 – Вихідні параметри

Показники	Базовий	Проектний
Площа вирощування кукурудзи, га	85	85
Середня врожайність, т/га	8,2	8,5
Вартість 1 т кукурудзи, грн	7200	7200
Витрати пального на 1 га, кг	6,5	6,0
Втрати врожаю через недостатню якість обробітку, %	3,0	1,5
Витрати на додатковий обробіток, грн	14500	6000
Вартість модернізації, грн	—	42000

Таблиця 5.2 – Аналіз показників економічної доцільності

Показники	Базовий	Проектний
Площа вирощування кукурудзи, га	85	85
Урожайність, т/га	8,2	8,5
Витрати пального, кг/га	6,5	6,0
Втрати врожаю, %	3,0	1,5
Втрати врожаю, грн	150552	78030
Витрати на додатковий обробіток, грн	14500	6000
Економія пального, грн	—	2465
Загальний економічний ефект, грн	—	194565
Термін окупності, років	—	0,22

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано аналіз технології вирощування кукурудзи на зерно та розроблено технічне рішення щодо модернізації культиватора КПП-8.2 з метою підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту та ефективності використання машинно-тракторного агрегату.

У роботі розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно на площі 85 га. Для усунення виявлених недоліків запропоновано модернізацію культиватора шляхом встановлення додаткового прикочувального котка. Запропоноване технічне рішення забезпечує додаткове подрібнення грудок ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту, що сприяє створенню більш якісного посівного шару для висіву кукурудзи.

У ході виконання техніко-економічних розрахунків визначено, що після модернізації культиватора КПП-8.2 середня врожайність кукурудзи підвищується з 8,2 до 8,5 т/га, тобто на 0,3 т/га. При площі вирощування 85 га та вартості зерна кукурудзи 7200 грн/т додатковий дохід від підвищення врожайності становить 183600 грн.

Установлено, що втрати врожаю через недостатню якість передпосівного обробітку ґрунту у базовому варіанті складають 150552 грн, тоді як у проєктному варіанті після модернізації вони знижуються до 78030 грн. Таким чином, зменшення втрат урожаю становить 72522 грн.

У результаті модернізації також досягається зниження витрат пального з 6,5 до 6,0 кг/га. При площі обробітку 85 га економія дизельного пального становить 2465 грн за сезон виконання робіт. Крім того, витрати на додатковий обробіток ґрунту зменшуються з 14500 до 6000 грн, а економія коштів становить 8500 грн.

У результаті виконаних економічних розрахунків встановлено, що загальний річний економічний ефект від модернізації культиватора КПП-8.2 становить 194565 грн. При цьому вартість модернізації складає 42000 грн, а термін окупності капіталовкладень дорівнює 0,22 року, що підтверджує високу економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

У розділі охорони праці проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час виконання передпосівного обробітку ґрунту, зокрема вплив шуму, вібрації, пилу, рухомих механізмів та динамічних навантажень на працівника. Розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації машинно-тракторного агрегату та використання засобів індивідуального захисту.

Проведені технологічні, технічні та економічні розрахунки підтверджують, що запропонована модернізація культиватора КПП-8.2 є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Використання модернізованого культиватора дозволяє підвищити якість передпосівного обробітку ґрунту, зменшити втрати продуктивної вологи, покращити умови проростання насіння кукурудзи та забезпечити отримання річного економічного ефекту у розмірі 194565 грн у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

Дякую за увагу!