ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції комбінованого агрегату АКП-15

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Манко Володимир Вікторович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро - 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

_____ Теслюк Г.В.

(підпис) прізвище, ініціали)

«____» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Манко Володимиру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції комбінованого агрегату АКП-15

керівник проєкту Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту до 10.06.12

3. Вихідні дані до проєкту Оцінка розвитку рослинництва та аналіз наявних технологій і машин для виконання ґрунтообробних операцій. Здійснення патентного пошуку, вивчення літературних джерел і сучасних наукових напрацювань за обраним напрямом дослідження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Стан та тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів. 2. Огляд існуючих конструкцій комбінованих машин 3. Модернізація комбінованого грунтообробного агрегату. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічні показники комбінованого агрегату. Висновки загальні. Бібліргафія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)1. Огляд конструкцій комбінованих машин (А1). 2. Комбінований агрегат. Кресленик загального виду (А1). 3. Секція права. (А1).4. НІж. (А1). 5. Деталювання (А1). 6. Економіка (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Кобець О.М.., доцент		
нормоконтроль	Кобець О.М.., доцент		

7. Дата видачі завдання:_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 15.03.2026	
2	Аналіз машин за темою	до 08.04.2026	
3	Конструкційний	до 15.04.2026	
4	Охорона праці	до 25.04.2026	
5	Економічний	до 05.05.2026	
6	Графічна частина	до 20.05.2026	

Студент _____ Манко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту _____ Кобець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	52ДП.124.000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	72		
			Графічні матеріали			
2	А1	52ДП.124000.002.ОК	Огляд конструкцій комбінованих	1	2	
			машин			
3	А1	52ДП.124.000.003.ВЗ	Агрегат комбінований	1	3	
			АКП-15			
4	А1	52ДП.124.000.004.СК	Секція права	1	4	
7	А1	52ДП.124.000.005	Ніж	1	5	
8	А4	52ДП.124.000.006	Плита	1	6	
9	А4	52ДП.124.000.007	Щока	1	6	
10	А3	52ДП.124.000.008	Стійка	1	6	
11	А4	52ДП.124.000.009	Планка	1	6	
12	А4	52ДП.124.000.010	Вухо	1	6	
13	А4	52ДП.124.000.011	Втулка	1	6	
14	А1	52ДП.124.000.112	Економіка	1	7	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	52 ДП.124. 000.000.ПЗ		
Розробив		Манко В.В.			Відомість дипломного проєкту	аркуш	аркушів
Перевірив		Кобець О.М				4	72
Консульт.						ДДАЕУ	
Н. контр.		Золотовська О					
Затверд.		Теслюк Г.В.					

РЕФЕРАТ

Манко В.О. Удосконалення механізації поверхневого обробітку грунту з розробкою конструкції комбінованого агрегату АКП-15 / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто питання підвищення ефективності механізованого обробітку ґрунту шляхом удосконалення комбінованих ґрунтообробних машин. У роботі обґрунтовано актуальність застосування комбінованих агрегатів у сучасному сільськогосподарському виробництві, де важливого значення набувають зниження енерговитрат, скорочення кількості проходів техніки по полю, збереження родючості ґрунту та забезпечення високої якості передпосівної підготовки.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів, розглянуто їх місце в сучасних системах обробітку ґрунту, наведено порівняльну оцінку традиційного і комбінованого способів обробітку, а також проаналізовано конструктивні схеми існуючих машин. Визначено, що найбільш перспективним напрямом є створення багатофункціональних агрегатів, які забезпечують розпушування, підрізання бур’янів, вирівнювання поверхні та формування якісного посівного ложа за один прохід.

У розрахунковому розділі виконано інженерне обґрунтування основних параметрів конструкції. Результати розрахунків показали, що прийнята конструкція ножа має достатню міцність і жорсткість та відповідає умовам експлуатації. Крім того, у роботі визначено основні експлуатаційні показники агрегату, зокрема продуктивність, витрату палива та необхідну потужність трактора.

Ключові слова: комбінований ґрунтообробний агрегат, робочий орган, ніж, потужність трактора, передпосівний обробіток.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1. СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ 12

1.1. Сучасний стан застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів 12

1.2. Основні тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів. 15

Висновки по розділу 19

2. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ 21

2.1 Огляд конструкційного виконання комбінованих сучасних грунтообробних машин 21

2.2. Огляд технічних рішень комбінованих знарядь 30

Висновок по розділу 35

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТА 36

3.1. Опис конструкції та технологічного процесу роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату АКП-15. 36

3.2. Конструктивні розрахунки ріжучого ножа запропонованого комбінованого агрегату 37

3.3. Розрахунок потрібної потужності трактора для агрегату АКП-15 45

3.4. Розрахунок продуктивності та витрати палива агрегату АКП-15 48

Висновок по розділу 51

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ 52

4.1. Безпека праці при роботі з комбінованим агрегатом 52

4.2. Захист навколишнього середовища при використанні комбінованого агрегату 55
Висновок по розділу 57
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ 58
Висновок по розділу 60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 61
БІБЛІОГРАФІЯ 63
ДОДАТКИ 66

ВСТУП

Аграрне виробництво України на сучасному етапі розвивається в умовах підвищених вимог до раціонального використання машинно-тракторного парку, економії паливно-енергетичних ресурсів і забезпечення стабільної продуктивності польових робіт. Особливого значення набуває застосування технічних засобів, які дають змогу виконувати технологічні операції якісно, у встановлені агротехнічні строки та з мінімальним негативним впливом на ґрунт. Водночас важливим завданням залишається збереження родючості ґрунтів, зменшення кількості проходів агрегатів по полю та підвищення загальної ефективності механізованих процесів у рослинництві. За таких умов особливого значення набуває удосконалення машин для обробітку ґрунту, оскільки саме цей технологічний процес є одним із найбільш енергоємних і значною мірою визначає якість підготовки поля до сівби, накопичення та збереження вологи, фітосанітарний стан посівів, а також умови росту і розвитку сільськогосподарських культур. Від правильного вибору способу та технічних засобів обробітку залежить структура орного шару, водно-повітряний режим ґрунту, рівень забур’яненості поля та, у кінцевому підсумку, урожайність вирощуваних культур.

В умовах сучасного землеробства до систем обробітку ґрунту ставляться підвищені вимоги. Вони повинні не лише забезпечувати якісну підготовку насіннєвого ложа, а й бути ресурсозберігаючими, енергоефективними та екологічно безпечними. Особливої актуальності це набуває за умов подорожчання паливно-мастильних матеріалів, збільшення вартості сільськогосподарської техніки, дефіциту трудових ресурсів та необхідності працювати у стислі агротехнічні строки. Водночас погіршення фізичного стану ґрунтів, поширення ущільнених шарів, вітрова та водна ерозія, а також нестабільність погодних умов вимагають пошуку нових

технічних рішень, здатних забезпечити якісний обробіток за мінімального негативного впливу на ґрунтове середовище.

Традиційні технології обробітку ґрунту часто передбачають виконання кількох послідовних операцій окремими машинами. У більшості випадків це основний обробіток, подальше розпушування, вирівнювання, передпосівна культивація та прикочування. Такий підхід призводить до багаторазових проходів агрегатів по полю, підвищення витрат пального, збільшення трудомісткості робіт, ущільнення ґрунту ходовими системами тракторів і, як наслідок, до зниження загальної ефективності виробництва. Крім того, кожний додатковий прохід по полю супроводжується непродуктивними втратами часу, погіршенням структури ґрунту, руйнуванням його агрегатного складу та підвищенням імовірності пересушування верхнього шару.

Особливої уваги ця проблема потребує в умовах нестійкого зволоження та змін клімату, коли запаси продуктивної вологи в ґрунті мають вирішальне значення для формування врожаю. За таких умов надзвичайно важливим є скорочення строків підготовки ґрунту і мінімізація непродуктивних втрат вологи. Багаторазовий обробіток сприяє посиленню випаровування, а також збільшує ризик утворення ущільненого підорного шару, що погіршує водопроникність і аерацію. Саме тому в сучасному рослинництві дедалі більшого поширення набувають технічні засоби, які дають змогу скорочувати кількість проходів по полю та виконувати кілька операцій в одному технологічному циклі.

Одним із найбільш перспективних напрямів вирішення зазначених проблем є використання комбінованих ґрунтообробних машин. Такі агрегати поєднують у собі декілька робочих органів, що дає можливість за один прохід виконувати кілька технологічних операцій: розпушування ґрунту, підрізання бур’янів, кришення грудок, перемішування рослинних решток, вирівнювання поверхні поля, часткове ущільнення посівного шару та інші. Це сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню витрат енергії,

поліпшенню якості обробітку ґрунту та створенню більш сприятливих умов для сівби. Поєднання кількох операцій в одному проході дає можливість не лише підвищити технологічну ефективність, а й суттєво зменшити експлуатаційні витрати та знизити навантаження на машинно-тракторний парк господарства.

Комбіновані ґрунтообробні машини відзначаються широкими технологічними можливостями. Залежно від конструктивного виконання вони можуть застосовуватися для передпосівного, поверхневого, основного або комбінованого обробітку ґрунту. Наявність у їх складі дискових секцій, стрілчастих лап, чизельних стояків, вирівнювальних планок, котків, барабанів та інших робочих органів дозволяє формувати необхідний агрофізичний стан орного шару відповідно до вимог конкретної культури і прийнятої технології вирощування. Особливо ефективними такі машини є в господарствах із великими посівними площами, де важливими чинниками виступають висока продуктивність, скорочення строків виконання робіт та економія пального.

Разом із перевагами використання комбінованих машин існує і низка технічних завдань, що потребують подальшого вирішення. До них належать підвищення міцності та довговічності робочих органів, зменшення тягового опору, забезпечення стабільної глибини обробітку, покращення копіювання рельєфу поля, запобігання забиванню рослинними рештками та підвищення якості вирівнювання поверхні. Важливого значення також набуває обґрунтування раціонального поєднання різних робочих органів у межах однієї конструкції, оскільки саме від цього залежить загальна ефективність роботи агрегату, його енергоємність та агротехнічні показники.

Актуальність теми дипломного проєкту зумовлена необхідністю вдосконалення конструкцій комбінованих ґрунтообробних машин з урахуванням сучасних вимог аграрного виробництва. Особливо важливим є створення таких технічних рішень, які забезпечують ефективну роботу агрегатів у різних ґрунтово-кліматичних умовах, мають достатню міцність і

надійність, забезпечують високу якість технологічного процесу та можуть бути агрегатовані з наявними енергетичними засобами господарств. Удосконалення комбінованих машин дозволяє підвищити ефективність використання тракторів, скоротити кількість технологічних операцій і покращити економічні показники виробництва.

Крім суто технічного значення, удосконалення комбінованих ґрунтообробних машин має і важливе господарське значення. Застосування таких агрегатів сприяє зниженню собівартості механізованих робіт, підвищенню продуктивності праці, раціональнішому використанню пального та мастильних матеріалів, а також зменшенню експлуатаційних витрат на одиницю обробленої площі. Одночасно з цим знижується техногенне навантаження на ґрунт, скорочується кількість проходів техніки по полю та поліпшуються умови для збереження його природної структури.

1. СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ

1.1. Сучасний стан застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів

У сучасному аграрному виробництві обробіток ґрунту є однією з основних технологічних операцій, від якої значною мірою залежать умови проростання насіння, накопичення і збереження вологи, фітосанітарний стан посівів та рівень майбутньої врожайності. Традиційне виконання окремих операцій за допомогою різних машин призводить до багаторазових проходів агрегатів по полю, що супроводжується підвищенням витрат пального, зростанням трудомісткості робіт, ущільненням ґрунту та збільшенням собівартості виробництва продукції рослинництва. Тому в сучасних умовах особлива увага приділяється використанню багатоопераційних ґрунтообробних машин, здатних за один прохід виконувати декілька технологічних процесів. Застосування таких агрегатів дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити витрати пального, знизити ущільнення ґрунту та підвищити оперативність виконання польових робіт.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати є перспективним напрямом розвитку сільськогосподарської техніки, оскільки забезпечують інтенсифікацію технологічного процесу, підвищують продуктивність праці та сприяють впровадженню ресурсоощадних технологій. Їх конструкція, як правило, поєднує декілька типів робочих органів, які послідовно виконують розпушування, підрізання бур’янів, подрібнення грудок, перемішування рослинних решток, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення верхнього шару ґрунту.

На сучасному етапі розвитку механізації рослинництва комбіновані агрегати широко використовують у системах основного, передпосівного та поверхневого обробітку ґрунту. Їх застосування зумовлене прагненням зменшити кількість проходів техніки по полю, скоротити строки виконання

робіт і забезпечити необхідну якість підготовки ґрунту до сівби. Особливо ефективними такі машини є в умовах дефіциту вологи, коли кожний додатковий прохід призводить до непродуктивних втрат води з орного шару.

У більшості випадків комбіновані агрегати використовують у таких системах обробітку ґрунту, як традиційна, мінімальна та мульчувальна. При традиційній системі вони застосовуються переважно для передпосівної підготовки поля після основного обробітку. У мінімальних технологіях їх роль значно зростає, оскільки вони дозволяють поєднати кілька операцій за один прохід і цим знизити енергоємність процесу. У мульчувальних і ґрунтозахисних системах такі агрегати забезпечують розпушування ґрунту без надмірного обороту пласта, що дає можливість зберігати післяжнивні рештки на поверхні поля.

Таблиця 1.1

Узагальнений характер використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів у різних системах обробітку ґрунту [1, 2]

Система обробітку ґрунту	Характер використання комбінованих агрегатів	Орієнтовний рівень застосування, %
Традиційна	Передпосівний обробіток, вирівнювання, кришення грудок	35
Мінімальна	Розпушування, підрізання бур’янів, підготовка насіннєвого ложа	45
Мульчувальна	Поверхневий та мілкий обробіток із збереженням рослинних решток	55
Ґрунтозахисна	Розпушування без обороту пласта, зменшення ерозійних процесів	40
Інтенсивна передпосівна	Суцільний комбінований обробіток за один прохід	60

Аналіз наведених даних показує, що найбільш ефективно комбіновані агрегати використовуються в інтенсивних передпосівних і мінімальних системах обробітку ґрунту. Це пояснюється тим, що саме в цих технологіях

найбільшу роль відіграє скорочення кількості операцій та забезпечення високої якості підготовки ґрунту за мінімальних енерговитрат.

Слід зазначити, що конструкція сучасних комбінованих агрегатів формується на основі поєднання різних робочих органів. Найчастіше застосовують дискові секції, стрілчасті лапи, чизельні стояки, пружинні борінки, вирівнювальні планки та котки. Таке поєднання дозволяє здійснювати багатофункціональний вплив на ґрунт і водночас покращує якість виконання технологічного процесу.

Для кращого розуміння конструктивних можливостей комбінованих агрегатів доцільно розглянути переваги основних типів робочих органів, що використовуються в їх складі. Для узагальнення функціонального призначення основних робочих органів комбінованих агрегатів доцільно розглянути таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Основні робочі органи комбінованих ґрунтообробних агрегатів та їх технологічне призначення

Робочий орган	Основне призначення	Переваги застосування
Диски	Розрізання рослинних решток, часткове перемішування ґрунту	Добре працюють на засмічених полях, зменшують забивання
Стрілчасті лапи	Підрізання бур’янів, суцільне мілке розпушування	Забезпечують підрізання по всій ширині захвату
Чизельні стояки	Глибоке розпушування без обороту пласта	Покращують водопроникність і зменшують ущільнення
Пружинні борінки	Додаткове кришення грудок, вирівнювання поверхні	Підвищують якість передпосівного обробітку
Котки	Ущільнення верхнього шару, руйнування грудок	Сприяють формуванню рівного насіннєвого ложа
Вирівнювальні планки	Планування та остаточне вирівнювання поверхні поля	Забезпечують рівномірну глибину загортання насіння

Із таблиці 1.2. видно, що сучасний комбінований агрегат фактично є багатофункціональною системою, в якій кожний робочий орган виконує певну технологічну функцію. Саме раціональне поєднання цих елементів визначає ефективність роботи всієї машини.

У порівнянні з традиційними одноопераційними машинами комбіновані агрегати мають низку суттєвих переваг. До них належать: зменшення кількості проходів по полю, скорочення витрат пального, зниження потреби в робочій силі, підвищення продуктивності праці та поліпшення агрофізичних показників ґрунту. Водночас складність конструкції, більша маса та підвищені вимоги до тягового класу трактора залишаються чинниками, які потребують подальшого вдосконалення цих машин [3, 4].

1.2. Основні тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів

Сучасні тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів визначаються насамперед необхідністю підвищення їх технологічної універсальності, економічної ефективності та адаптованості до різних умов експлуатації. Однією з провідних тенденцій є прагнення до поєднання більшої кількості операцій в одному агрегаті за збереження високої якості роботи. Це дає можливість не лише скоротити строки виконання польових робіт, а й зменшити експлуатаційні витрати.

Іншою важливою тенденцією є перехід до модульного принципу побудови конструкції. У таких машинах окремі секції можуть змінюватися залежно від агротехнічних вимог, типу ґрунту, попередника чи рівня забур’яненості поля. Модульність дозволяє підвищити універсальність агрегату та зробити його більш придатним до використання в різних системах землеробства.

Значна увага приділяється також зниженню тягового опору машин. Для цього вдосконалюють форму робочих органів, оптимізують кути їх

установлення, покращують схему розміщення секцій на рамі. Зменшення тягового опору є важливим фактором, оскільки воно безпосередньо впливає на витрати пального, продуктивність агрегату та навантаження на енергетичний засіб.

Ще однією характерною тенденцією є підвищення пристосованості агрегатів до мінімального та ґрунтозахисного обробітку. У зв’язку з цим широкого поширення набувають конструкції, які забезпечують якісне розпушування без обороту пласта, сприяють збереженню стерні на поверхні поля та зменшують ерозійні процеси. Такі машини найбільшою мірою відповідають сучасним вимогам ресурсозберігаючого землеробства [5, 6].

Для наочного відображення основних напрямів розвитку комбінованих агрегатів доцільно узагальнити їх у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Основні тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів

Тенденція розвитку	Сутність напряму	Очікуваний результат
Багатофункціональність	Поєднання кількох операцій за один прохід	Зниження трудомісткості та витрат пального
Модульність конструкції	Можливість зміни робочих секцій залежно від умов	Розширення технологічних можливостей агрегату
Зниження тягового опору	Оптимізація форми та розміщення робочих органів	Підвищення продуктивності та економічності
Підвищення надійності	Використання зносостійких матеріалів та захисних елементів	Збільшення ресурсу машини
Адаптація до мінімального обробітку	Робота без надмірного порушення структури ґрунту	Збереження вологи та зменшення ерозії
Удосконалення систем регулювання	Точніше налаштування глибини та положення робочих органів	Підвищення якості технологічного процесу

На основі наведених тенденцій можна зробити висновок, що подальший розвиток комбінованих ґрунтообробних агрегатів

відбуватиметься в напрямі створення більш універсальних, енергоощадних і технологічно гнучких машин. Особливо перспективними є конструкції, які забезпечують якісний обробіток ґрунту за мінімальної кількості проходів та зберігають його родючість.

Для ілюстрації переваг комбінованих агрегатів у порівнянні з послідовним використанням окремих машин можна навести узагальнені показники ефективності в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Порівняльна оцінка традиційного та комбінованого способів обробітку ґрунту

Показник	Традиційний спосіб	Комбінований спосіб
Кількість проходів по полю	3-4	1-2
Витрати пального, кг/га	18-25	10-16
Продуктивність, га/год	1,8-2,5	3,0-4,5
Ущільнення ґрунту	Підвищене	Менше
Якість вирівнювання поверхні	Середня	Вища
Витрати праці, люд.-год/га	1,2-1,8	0,6-0,9

З наведених у таблиці 1.4 даних випливає, що комбінований спосіб обробітку має помітні переваги за більшістю експлуатаційних показників. Зменшення кількості проходів по полю, витрат пального та праці разом із підвищенням продуктивності свідчить про високий потенціал таких агрегатів для широкого використання у сучасному землеробстві.

Для побудови графіків ефективності застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів використано дані таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Дані для побудови графіка ефективності застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів

Показник	Традиційний спосіб	Комбінований спосіб

Продуктивність, га/год	2,2	3,8
Витрати пального, кг/га	22	14
Витрати праці, люд.-год/га	1,5	0,8
Кількість проходів	4	2

На основі даних таблиці 1.5 побудовано графіки (рис.1.1.,1.2.) що відображають зміну продуктивності та витрат пального залежно від способу обробітку ґрунту.

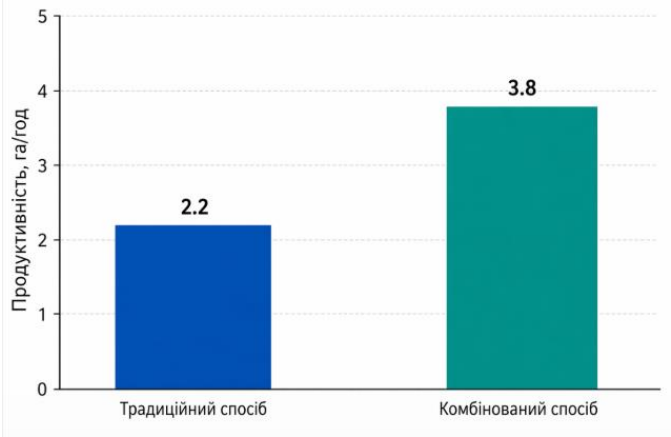


Рис. 1.1. Порівняння продуктивності традиційного і комбінованого способів обробітку ґрунту

Аналіз рисунка 1.1 показує, що використання комбінованого способу обробітку ґрунту дозволяє підвищити продуктивність із 2,2 до 3,8 га/год. Це означає, що приріст продуктивності становить 1,6 га/год, або близько 72,7 %. Таке зростання є наслідком скорочення кількості технологічних операцій, що виконуються окремими машинами, та більш раціонального використання енергетичного засобу.

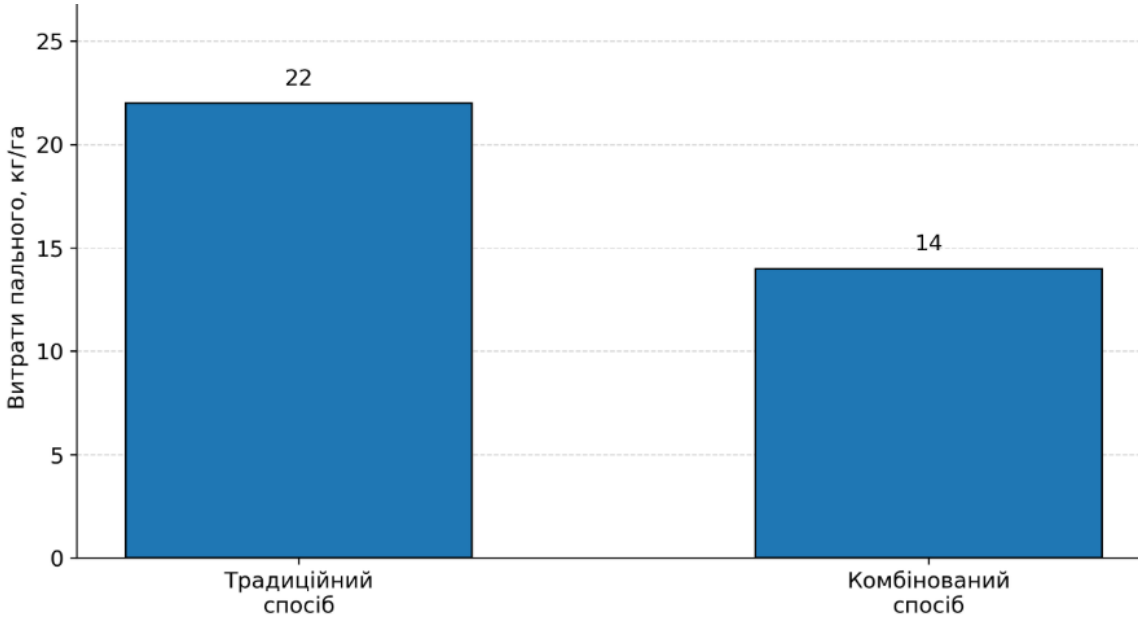


Рис. 1.2. Порівняння витрат пального при традиційному та комбінованому обробітку ґрунту

Із рисунка 1.2 видно, що комбінований спосіб забезпечує зниження витрат пального з 22 до 14 кг/га. Отже, економія становить 8 кг/га, або 36,4 %. Зменшення витрат пального досягається завдяки скороченню кількості проходів по полю, зниженню непродуктивних витрат часу та більш ефективному поєднанню операцій в одному агрегаті.

Узагальнюючи наведений аналіз, слід зазначити, що комбіновані ґрунтообробні агрегати є одним із найперспективніших напрямів розвитку технічних засобів для механізованого обробітку ґрунту. Їх застосування забезпечує істотне підвищення продуктивності, зниження витрат пального і праці, покращення агротехнічних показників якості роботи та створює передумови для впровадження більш ефективних ресурсоощадних технологій.

Висновки по розділу

Розглянуті тенденції розвитку комбінованих ґрунтообробних агрегатів свідчать, що подальше вдосконалення цих машин відбувається у напрямі підвищення багатофункціональності, модульності, надійності, економічності та пристосованості до мінімального й ґрунтозахисного обробітку. Проведений порівняльний аналіз показав, що комбінований спосіб обробітку ґрунту має суттєві переваги над традиційним, зокрема за показниками продуктивності та витрат пального.

Отже, використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів є технічно й економічно доцільним, а їх подальше дослідження та конструктивне вдосконалення становить важливий практичний інтерес для сучасного аграрного виробництва.

2. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ

2.1 Огляд конструкційного виконання комбінованих сучасних грунтообробних машин

Конструктивна схема комбінованого ґрунтообробного агрегату визначає послідовність технологічного впливу робочих органів на ґрунт, рівень енергоємності процесу, якість розпушування, ступінь подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля та придатність машини до роботи в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Саме тому аналіз конструктивних схем таких агрегатів має важливе значення для обґрунтування вибору найбільш раціонального технічного рішення.

Сучасні комбіновані ґрунтообробні агрегати за своєю будовою можна умовно поділити на кілька основних груп залежно від складу робочих органів і характеру їх взаємодії з ґрунтом. Найбільш поширеними є диско-лапові, чизельно-дискові та передпосівні культиваторні схеми. Кожна з них має свої конструктивні особливості, переваги та обмеження, що визначають сферу їх ефективного використання [9, 10].

Агрегати серії АК (рис.2.1.) використовують для основного й передпосівного обробітку ґрунту. Їх конструкція дає змогу за один прохід виконувати кілька операцій, необхідних для якісної підготовки поля до сівби зернових, технічних та інших культур.

Під час роботи вирівнювальні елементи разом із барабаном забезпечують розпушування та вирівнювання верхнього шару ґрунту на глибину 4-16 см, одночасно зрізуючи бур’яни. Загортач усуває борозенки й нерівності, що залишаються після проходу лап, та додатково вирівнює поверхню. Завершальну дію виконує двослідний коток, який кришить грудки, ущільнює оброблений шар і формує більш рівну поверхню поля, придатну для подальшої сівби



Рис.2.1. Комбіновані агрегати серії АК

У процесі роботи агрегат підрізає оброблюваний шар ґрунту, розпушує його, частково ущільнює та одночасно вирівнює поверхню поля. Завдяки цьому створюються належні умови для формування якісного посівного ложа.

Конструкція агрегату є достатньо простою та технологічною в обслуговуванні, а його робота характеризується надійністю й стійкістю. Це дозволяє використовувати машину в різних природно-кліматичних зонах і на ґрунтах із різними фізико-механічними властивостями.

Важкі ґрунтообробні агрегати створюють на базі глибокорозпушувачів, до рами або стояків лап яких за допомогою паралелограмного механізму шарнірно приєднують робочі органи для поверхневого обробітку ґрунту та очищення оброблених смуг від рослинних решток (рис.2.2.а).Такі машини призначені для стрічкового обробітку сильно ущільнених або перезволожених ґрунтів.

Робочі секції для поверхневого обробітку мають, як правило, блочно-модульну будову і включають: різальний диск 1 (рис. 2.2, б), механізм очищення обробленої смуги 2, розпушувальну лапу 3, пристрої для поверхневого обробітку ґрунту 4 та прикочувальний коток. Така конструкція

дає змогу поєднати глибоке розпушування з додатковим обробітком верхнього шару ґрунту за один прохід агрегату.

У більшості таких агрегатів різальний диск 1 і стояк розпушувальної лапи 3 закріплюють на рамі та оснащують запобіжними пристроями пружинного, гідравлічного, ресорного або іншого типу. Робочі лапи комплектують стрілчастими наконечниками або зубами, виготовленими зі зносостійких матеріалів, що підвищує довговічність і надійність роботи машини.



Рис.2.2. Важкі комбіновані грунтообробні агрегати

Різальний диск 1 виконує попереднє розрізання поверхневого шару ґрунту та перерізання стебел рослин, завдяки чому зменшується опір руху стояка глибокорозпушувача. Механізм очищення смуги 2 забезпечує відведення рослинних залишків із зони обробітку. Розпушувальна лапа 3 руйнує ущільнений шар ґрунту на задану глибину, а пристрої для поверхневого обробітку 4 разом із прикочувальним котком остаточно формують оброблену смугу, вирівнюють поверхню та покращують її структурний стан.

Механізм очищення оброблюваної смуги від рослинних решток установлюють безпосередньо за розрізним диском. Конструктивно він може бути виконаний у вигляді одного чи двох сферичних зубчастих дисків,

розміщених під певним кутом до напряму руху, або у вигляді двох зіркоподібних робочих органів. По обидва боки розпушувальної лапи розташовують хвилясті диски, які запобігають викиданню ґрунту в міжряддя, вирівнюють борозенки після проходу лапи та здійснюють додатковий вертикальний обробіток. Коток, установлений позаду, подрібнює грудки, ущільнює поверхневий шар і вирівнює оброблену смугу, унаслідок чого формується якісне насіннєве ложе. Агрегати, призначені для осіннього обробітку на глибину 20-30 см, мають блочно-модульну конструкцію, що складається з рами та закріплених на ній робочих секцій. За потреби вони можуть оснащуватися системами внесення мінеральних або рідких добрив. До складу секцій входять лапи, диски, котки та інші робочі органи, розташовані в певній технологічній послідовності. Робочі секції закріплюються на основній рамі через паралелограмну підвіску, завдяки якій вони можуть вільно переміщуватися відповідно до нерівностей поверхні поля. Таке конструктивне рішення забезпечує краще копіювання мікрорельєфу, рівномірне заглиблення робочих органів і підтримання заданої глибини обробітку під час руху агрегату. Регулювання останньої здійснюється зміною положення котка-копіра та прикочувального котка. Для підвищення надійності всі робочі органи обладнуються пружинними механізмами, які дозволяють регулювати навантаження на них, забезпечують необхідне заглиблення у ґрунт і водночас виконують функцію захисту від поломок при зустрічі з твердими перешкодами[13].

Агрегат АГД-2,8 (рис. 2.3.) призначений для обробітку ущільнених ґрунтів різного механічного складу з одночасним подрібненням і загортанням пожнивних залишків у верхній шар ґрунту. Його застосування забезпечує комплексний вплив на оброблюване середовище: розпушування ущільненого шару, кришення ґрунтових грудок, часткове перемішування рослинних решток та вирівнювання поверхні поля.



Рис.2.3. Комбінований агрегат АГД-2,8

Завдяки цьому покращуються агрофізичні властивості ґрунту, створюються сприятливі умови для накопичення та збереження вологи, активізуються процеси перегнивання органічних залишків.. Технічна характеристика агрегату АГД-2,8 наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика агрегату АГД-2,8

Показник	Одиниця виміру	Значення
Класифікаційний тип	-	причіпний
Номінальна ширина обробітку	м	2,8 ± 0,1
Робоча продуктивність машини	га	3,3…5,4
Технологічна глибина обробітку	см	5…18
Швидкість виконання технологічної операції	км/год	10,0…20,0
Максимальна швидкість руху при транспортуванні, не більше	км/год	20
Експлуатаційна маса машини (без ЗІП)	кг	4200 ± 50
Загальні розміри машини	мм	7150 / 2950 /

		1200
Дорожній просвіт, не менше	мм	300
Обслуговуючий персонал (тракторист)	чол.	1
Гарантований ресурс	га	1500

Використання агрегату є особливо ефективним після збирання культур, які залишають значну кількість стерні на поверхні поля, оскільки машина дозволяє якісно підготувати ґрунт до подальших технологічних операцій і зменшити кількість проходів техніки по полю

Комбіновані агрегати АК «Георгій Агромаш-Калина» (рис. 2.4.) призначені для суцільного обробітку ґрунту на глибину 3-20 см з одночасним підрізанням бур'янової рослинності на необроблених і злущених фонах. Їх застосування є доцільним під час підготовки ґрунту до сівби зернових і технічних культур, оскільки конструкція агрегату забезпечує поєднання кількох технологічних операцій в одному проході [14].



Рис.2.4. Комбіновані агрегати АК «Георгій Агромаш-Калина»

Сферичні диски виконують підрізання та часткове подрібнення верхнього шару ґрунту без істотного порушення його структури. Три ряди стрілчастих лап у культиваційній частині забезпечують якісне розпушування та підрізання бур'янів на глибину до 20 см. Подрібнювальні барабани

здійснюють попереднє руйнування грудок, а прикочувальні котки завершують обробіток, забезпечуючи остаточне подрібнення, ущільнення та вирівнювання посівного шару. Завдяки такій послідовності дії робочих органів агрегат здатний за один прохід виконувати до п’яти операцій, що сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат пального і покращенню якості передпосівної підготовки ґрунту. Основні технічні характеристики комбінованих агрегатів АК наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Технічна характеристика комбінованих агрегатів АК-6, АК-5 та АК-4

Показник	АК-6	АК-5	АК-4
Захват агрегату за один прохід, м	6	5	4
Транспортний габарит за шириною, м	3	3	3
Число дисків у конструкції, шт	32,0	26,0	20,0
Число стрілчастих лап у конструкції, шт	17,0	14,0	11,0
Технологічна глибина обробітку, см	3-20	3-20	3-20
Раціональна швидкість руху під час роботи, км/год	10,0	10,0	10,0
Продуктивність у безперервному робочому режимі, га/год	6,0	5,0	4,0
Маса, кг	6000,0	5000,0	4100,0
Тягово-потужнісні вимоги до трактора, к.с.	260-310	220-260	180-200

Із наведених даних видно, що зі збільшенням ширини захвату агрегату зростають його продуктивність, маса та потреба в потужності трактора. Це дозволяє підібрати модель агрегату залежно від площі обробітку, умов експлуатації та наявного енергетичного засобу.

Передпосівний комбінований агрегат Forward 6 VELES AGRO (рис.2.5.), агрегат призначений для підготовки та вирівнювання поверхні

поля перед сівбою зернових, технічних та інших сільськогосподарських культур. Його використання дає змогу за один прохід виконати кілька послідовних технологічних операцій, які в традиційній системі обробітку часто здійснюються окремими машинами. Завдяки цьому скорочуються строки виконання польових робіт, зменшуються витрати пального, знижується ущільнення ґрунту ходовими системами трактора та підвищується загальна ефективність підготовки поля до сівби.



Рис.2.5. Комбінований агрегат Forward 6 VELES AGRO

Агрегат є напівнавісною машиною, що поєднує переваги навісних і причіпних знарядь. Така схема забезпечує достатню маневровість у роботі, рівномірний розподіл навантаження на трактор і опорні елементи машини, а також зручність переведення агрегату з робочого положення в транспортне. Напівнавісне виконання є доцільним для широкозахватних машин, оскільки дозволяє зменшити навантаження на задню навісну систему трактора та підвищити стійкість агрегату під час руху [19].

У процесі роботи агрегат спочатку здійснює розпушування сліду трактора, що має важливе значення для відновлення рівномірності обробленого шару по всій ширині захвату. Після цього виконується попереднє вирівнювання поверхні ґрунту, завдяки чому зменшуються гребені, борозни та інші нерівності. Наступним етапом є культивування за

допомогою класичної культиваторної лапи, яка забезпечує підрізання бур’янів, розпушування верхнього шару та покращення структури посівного горизонту. Далі ґрунт ущільнюється і додатково подрібнюється кільчасто-шпоровим котком, який сприяє руйнуванню грудок і формуванню вирівняного шару з оптимальною щільністю. Завершальним етапом є фінішне вирівнювання поля зубчастою планкою, що дозволяє отримати більш рівномірну поверхню та якісне насіннєве ложе.

Важливою перевагою агрегату є наявність розпушувача сліду трактора, який можна налаштовувати відповідно до конкретної колії та робочого навантаження. Це дає змогу забезпечити однаковий стан ґрунту як у зоні проходу трактора, так і на решті ширини захвату агрегату. Завдяки пружинним стабілізаторам машина добре копіює мікрорельєф поверхні поля, що позитивно впливає на рівномірність заглиблення робочих органів і якість обробітку.

Окрему увагу в конструкції приділено робочим елементам, які безпосередньо взаємодіють із ґрунтом. Пластинчастий коток має високу розрізну здатність, завдяки чому ефективно подрібнює грудки та покращує структуру верхнього шару. Підшипникові вузли такого котка оснащені манжетними ущільненнями, що підвищує їх захищеність від пилу, вологи та дрібних часток ґрунту, а отже, збільшує строк служби. Пружинна стійка робочого органу обладнана механізмом захисту від перевантажень, який зменшує ризик поломок у разі зустрічі з твердими перешкодами. Крім того, стійка оснащена лапою із зносостійкої борвмісної сталі, що забезпечує підвищену довговічність робочого органу.

Робоча ширина захвату агрегату становить 6 м, що забезпечує обробіток значної площі за один прохід. За рахунок цього машина може ефективно використовуватись у господарствах із середніми та великими площами ріллі, де важливими є висока продуктивність і скорочення строків виконання польових робіт.

Максимальна робоча швидкість руху досягає 14 км/год, що свідчить

про можливість інтенсивного використання агрегату в польових умовах. За такої швидкості та ширини захвату продуктивність за годину основного часу становить 6,0-7,2 га/год, що характеризує машину як достатньо ефективний засіб передпосівного обробітку та вирівнювання поля. Фактична продуктивність залежить від конфігурації поля, стану ґрунту, рельєфу місцевості, організації роботи та кваліфікації механізатора.

Глибина обробітку становить 2,5-10 см, тобто агрегат призначений переважно для поверхневого і передпосівного обробітку ґрунту. Такий діапазон дозволяє використовувати машину для вирівнювання поля, розпушування верхнього шару, підрізання бур'янів, підготовки насіннєвого ложа та остаточного доведення поверхні до стану, придатного для якісної сівби.

Зручність експлуатації агрегату значною мірою визначається простотою його регулювання. Глибина обробітку встановлюється за допомогою гвинтового механізму, який дозволяє точно налаштовувати робочі органи відповідно до агротехнічних вимог і стану ґрунту. Масивний кільчасто-шпоровий коток із демпферними корпусами підшипникових вузлів не лише якісно ущільнює та кришить ґрунт, а й сприяє плавнішій роботі агрегату, зменшуючи динамічні навантаження на конструкцію. Додатковою перевагою є компактне транспортне складання, що полегшує переміщення машини дорогами та спрощує її переведення з робочого положення в транспортне [24].

2.2. Огляд технічних рішень комбінованих знарядь

Є технічне рішення № 97801 комбінований агрегат для обробітку ґрунту та сівби (рис. 2.6.). Сутність корисної моделі полягає у створенні комбінованого агрегату для обробітку ґрунту та сівби, конструкція якого забезпечує одночасне виконання розпушування ґрунту і висіву зернових культур. Такий результат досягається завдяки вдосконаленню лапи

розпушувального ґрунтообробного органу та раціональному розміщенню висівного елемента відносно неї. Конструкція агрегату передбачає встановлення на рамі передніх ґрунтообробних робочих органів у вигляді сферичних дисків із технологічними вирізами та задніх комбінованих ґрунтообробно-висівних секцій. Кожна така секція виконана у вигляді стояка, на нижньому кінці якого закріплена стрілчаста лапа, а на висоті 4-8 см від її підошви розташовано висівний робочий орган у формі борозноутворювача-загортача з пристроєм для регулювання глибини. Завдяки цьому забезпечується висів насіння безпосередньо в розпушений шар ґрунту, що підвищує якість сівби та ефективність технологічного процесу.

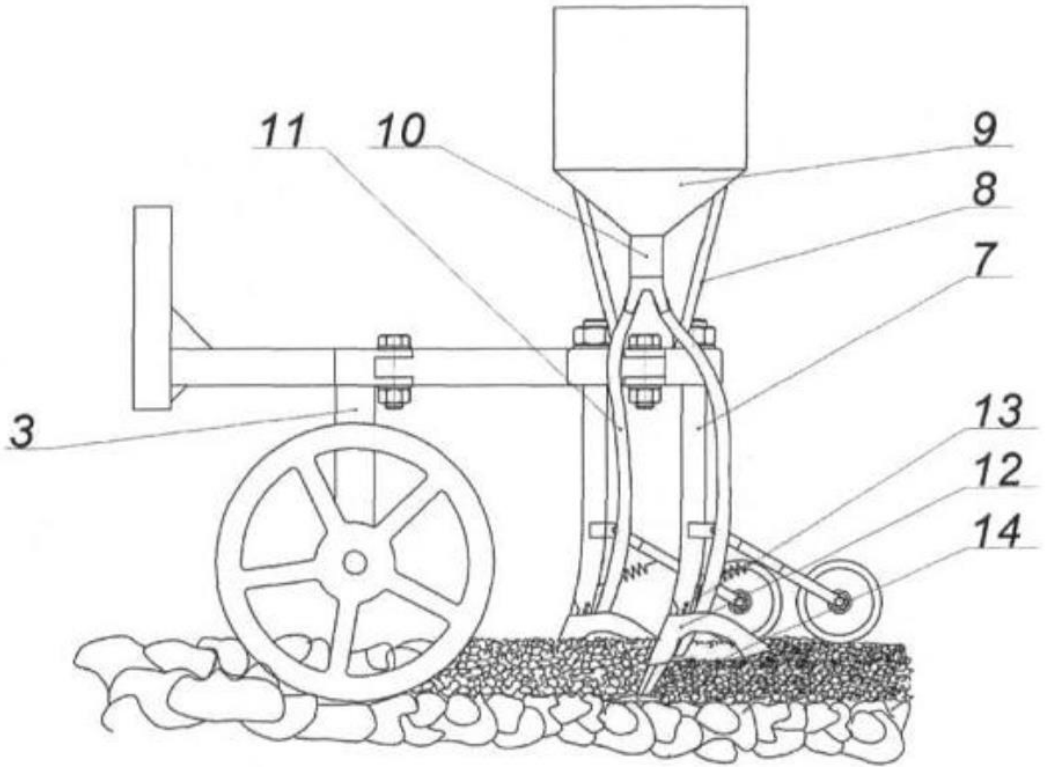


Рис. 2.6. А.С. № 97801 комбінований агрегат для обробітку ґрунту та сівби

Комбінований агрегат для виконання обробітку ґрунту і сівби являє собою машину, на рамі якої поєднано ґрунтообробні та висівні робочі органи. Передня частина агрегату обладнана сферичними дисками з технологічними вирізами, які забезпечують попереднє розпушування й

підготовку ґрунту. Задні робочі органи мають комбіноване призначення та виконані у вигляді стійки, на нижньому кінці якої закріплена стрілчаста лапа для обробітку ґрунту. На відстані 4-8 см від підошви лапи встановлено висівний орган у формі борозноутворювача-загортача. Наявність пристрою регулювання глибини дозволяє забезпечити точне розміщення насіння у ґрунті та адаптувати роботу агрегату до конкретних умов сівби.

Комбінований агрегат для обробітку ґрунту та сівби працює таким чином. Під час руху машини батарея сферичних дисків 4 здійснює попередній обробіток ґрунту. Після цього в роботу вступають стійки висівних робочих органів 7, які розміщені позаду дискової батареї 4. Їх положення на рамі 1 встановлюється за допомогою регулювального гвинта 2 паралелограмного механізму, що дає змогу забезпечити потрібну глибину ходу стрілчастих лап 14, закріплених на стійках 7. У процесі роботи стрілчасті лапи 14 підрізають і додатково розпушують ґрунт у зоні, яка попередньо була оброблена дисками 4.

Одночасно висівні робочі органи 12, що також установлені на стійках 7, але розташовані дещо позаду стрілчастих лап 14, утворюють у ґрунті посівні борозни. Глибину їх формування можна змінювати за допомогою регулювального механізму 13, підбираючи відповідне положення робочого органу залежно від заданої глибини висіву.

У підготовлені борозни насіннєвий матеріал надходить із зернового бункера 8 через висівний апарат електронно-дискретного типу 10 та з'єднувальні трубопроводи 11. Після подачі насіння висівний робочий орган 12 здійснює його загортання в ґрунт, а остаточне ущільнення посівного рядка виконує прикочувальний коток 16. Таким чином, за один прохід агрегату поєднуються операції попереднього обробітку ґрунту, розпушування, формування борозен, висіву насіння, його загортання та прикочування.

Комбінований ґрунтообробний агрегат за А.С.103522 (рис.2.7), сутність корисної моделі полягає у підвищенні ефективності функціонування комбінованого ґрунтообробного агрегату шляхом конструктивного

вдосконалення його ходової та робочої частин. Для цього агрегат доповнено опорною балансирною підвіскою, яка забезпечує більш рівномірне заглиблення робочих органів і, відповідно, стабільніше розпушення ґрунту в поєднанні з іншими елементами технологічної схеми. Запропонована конструкція включає основну раму, передні колеса, встановлені на балансирній підвісці з регулятором глибини обробітку, щонайменше одну додаткову рамку з жорстко закріпленими лапами, підвішену до основної рами на поздовжній осі коливання, а також пару котків, з'єднаних із цією рамкою через окремий механізм регулювання глибини. Транспортні колеса приєднані до основної рами. Завдяки такій побудові покращується копіювання рельєфу поля, стабілізується положення робочих органів і підвищується якість обробітку ґрунту.

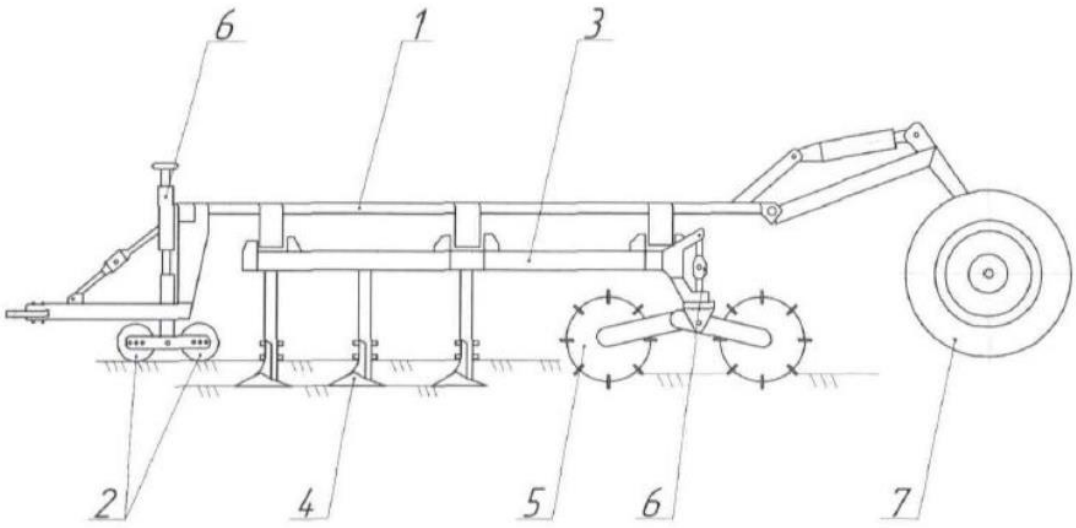


Рис. 2.7. Комбінований ґрунтообробний агрегат за А.С.103522

Під час роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату транспортні колеса 7 за допомогою гідроциліндра переводяться у верхнє положення, а опорні колеса балансирної підвіски 2, лапи 4 і котки 5 опускаються на поверхню поля та займають робоче положення.

У процесі руху агрегату робочі органи 4 під дією маси основної рами 1 і рамки 3 заглиблюються в ґрунт на задану величину, після чого виконують

підрізання та розпушування оброблюваного шару. Передні опорні колеса 2 і котки 5, копіюючи нерівності поверхні поля, сприяють подрібненню ґрунтових грудок, вирівнюванню поверхні та ущільненню ґрунту до необхідного стану. Такий вплив відбувається під дією ваги агрегату, що передається через раму на робочі елементи.

У разі збільшення нерівностей рельєфу ґрунту λ опорні балансирні колеса 2 під впливом реакції ґрунту P відхиляються на певний кут α. Граничне значення цього кута можна змінювати перестановкою колеса на балансирі 8. Унаслідок такого переміщення шарнірна точка приєднання до гвинтового механізму 9, яка пов’язана з положенням центра мас механізму, піднімається на величину γ, що є меншою за висоту нерівності рельєфу λ. Завдяки цьому основна рама 1 сприймає менші коливання під час руху агрегату.

Така конструктивна схема забезпечує більш стабільне положення робочих органів у горизонтальній площині, покращує рівномірність обробітку та сприяє якіснішому вирівнюванню поверхні ґрунту. У результаті підвищується ефективність роботи агрегату в польових умовах, особливо на ділянках із нерівним мікрорельєфом.

Запропоноване виконання комбінованого ґрунтообробного агрегату дозволяє використовувати цю конструкцію в машинах для передпосівного обробітку ґрунту, а також під час виконання технологічних операцій у системах вирощування сільськогосподарських культур і догляду за парами.

Під час функціонування комбінованого ґрунтообробного агрегату транспортні колеса 7 за допомогою гідроциліндра підіймаються у транспортне верхнє положення, тоді як опорні колеса балансирної підвіски 2, робочі лапи 4 та котки 5 встановлюються на поверхню ґрунту в робоче положення. Під дією ваги основної рами 1 та рамки 3 лапи 4 заглиблюються на задану глибину і здійснюють підрізання та розпушування ґрунту. Опорні колеса 2 і котки 5, копіюючи рельєф поля, виконують додаткове подрібнення грудок, вирівнювання поверхні та ущільнення ґрунту до необхідної

щільності. У випадку зростання нерівностей рельєфу λ балансирні колеса 2 під дією реакції опору ґрунту P відхиляються на кут α, величина якого регулюється перестановкою колеса на балансирі 8. Унаслідок цього шарнірна точка, пов’язана з гвинтовим механізмом 9, переміщується на величину γ, яка є меншою за величину нерівності λ. Завдяки такій схемі зменшуються коливання основної рами 1, покращується стабільність руху робочих органів і підвищується якість вирівнювання ґрунту. Це робить запропоновану конструкцію придатною для використання в агрегатах передпосівного обробітку ґрунту, а також у технологіях вирощування польових культур і догляду за парами.

Висновок по розділу

Під час вибору конструктивної схеми для подальшого вдосконалення необхідно враховувати тип ґрунту, рівень засміченості поля, наявність рослинних решток, потрібну глибину обробітку та енергетичні можливості трактора. У більшості випадків перспективними є такі конструктивні рішення, які забезпечують раціональне поєднання робочих органів, помірний тяговий опір, високу якість обробітку та універсальність використання в різних виробничих умовах.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТА

3.1. Опис конструкції та технологічного процесу роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату АКП-15.

Конструкція комбінованого вирівнювача ґрунту АКП-15 базується на основних вузлах лущильника ЛДГ-15. До складу машини входять рама, два ходові колеса, лівий і правий бруси секцій, ліва і права каретки, а також механізм гідравлічного керування. Загальний вигляд агрегату подано на аркуші 3 демонстраційної частини. До брусів секцій приєднуються робочі секції, що складаються з рамки та плити з установленими на ній ножами. Кріплення рамки секції до важелів її піднімання здійснюється за допомогою двох планок із пружинами, що сприяє більш стабільній роботі секцій під час обробітку ґрунту. Для забезпечення однакової глибини ходу робочих органів у конструкції передбачені понижувачі, за допомогою яких виконують відповідне регулювання.

Принцип роботи комбінованого вирівнювача полягає в тому, що різальні кромки планувальних елементів зрізають ґрунт на заданому рівні, який розташований нижче середньої лінії профілю поверхні. Унаслідок переміщення зрізаного ґрунту відбувається заповнення заглиблень і нерівностей, що знаходяться нижче лінії зрізу, завдяки чому поверхня поля стає більш рівною.

У задній частині агрегату встановлюється спеціальний шлейф, який формує на поверхні ґрунту дрібногрудочкуватий мульчувальний шар. Це сприяє покращенню структури верхнього горизонту, зменшенню випаровування вологи та створенню кращих умов для подальшої сівби.

Під час вирівнювання ґрунту комбінованим агрегатом АКП-15 за один прохід досягається висока якість обробітку, оскільки машина оснащена двома рядами ножів. Завдяки цьому забезпечується ефективне вирівнювання

поверхні поля та підготовка ділянки до посіву без необхідності виконання додаткових операцій з розпушування ґрунту.

Удосконалення конструкції агрегату, створеного на базі лущильника ЛДГ-15, полягає в заміні дискових робочих органів на клиноподібні. Таке конструктивне рішення дозволяє краще виконувати планування поверхні поля, покращує якість вирівнювання та підвищує ефективність роботи машини.

3.2. Конструктивні розрахунки ріжучого ножа запропонованого комбінованого агрегату

У процесі роботи ніж робочого органа взаємодіє з ґрунтом і сприймає навантаження, унаслідок чого в його перерізах виникають згинальні та дотичні напруження. Найбільш навантаженими є зони вигину та місця кріплення ножа до стійки, тому для перевірки працездатності конструкції необхідно виконати розрахунок ножа на згин, зріз, зминання в отворах, а також перевірити міцність болтового кріплення і жорсткість елемента [25].

Вихідні дані, необхідні для виконання розрахунку ножа робочого органа, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Вихідні дані для розрахунку ножа робочого органа

№ з/п	Найменування параметра	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Товщина ножа	s	мм	7
2	Ширина небезпечного перерізу	b	мм	65
3	Діаметр отвору	d	мм	10,2
4	Відстань від небезпечного перерізу до точки прикладання сили	l	мм	230
5	Висота прикладання сили	h	мм	130
6	Загальна висота ножа	H	мм	260
7	Сила опору ґрунту	Q	Н	1000
8	Модуль пружності матеріалу	E	МПа	(2{,}1 \cdot

				10^5)
9	Допустиме напруження	[σ]	МПа	160
10	Кількість болтів кріплення	n	шт	2
11	Площа перерізу одного болта М10	$А_б$	мм²	58

Для ножа приймаємо матеріал - конструкційна сталь. Допустиме напруження для даного матеріалу прийнято на рівні $[\sigma] = 160$ МПа, що забезпечує достатній запас міцності при роботі в умовах змінного ґрунтового навантаження.

Розрахункову схему прикладання сили до ножа наведено на рис. 3.1. На ніж діє горизонтальна сила опору ґрунту Q, яка створює у небезпечному перерізі внутрішні зусилля та згинальний момент.

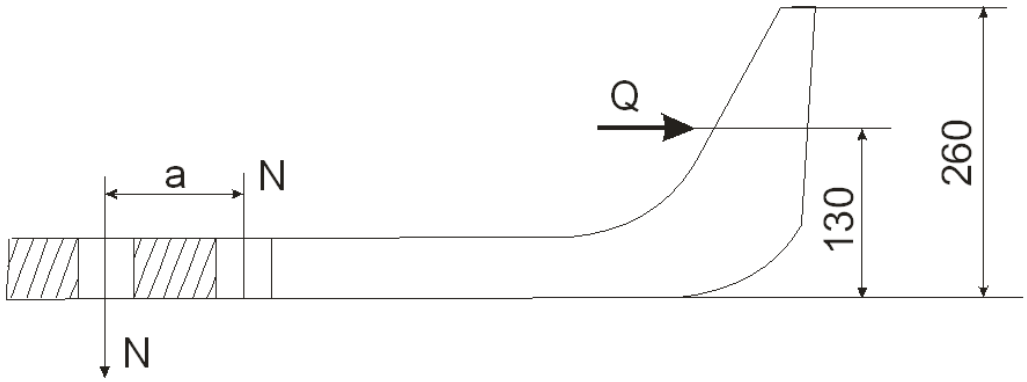


Рис. 3.1. Схема прикладання сили до ножа

На схемі прийнято:

Q – горизонтальна сила опору ґрунту;

N – внутрішня реакція в небезпечному перерізі;

a – плече дії внутрішньої сили;

$h = 130$ мм – висота прикладання сили;

$H = 260$ мм – загальна висота ножа.

У подальшому розрахунку ніж розглядається як консольний елемент, жорстоко закріплений у зоні кріплення та навантажений силою Q.

Визначення згинального моменту . Згинальний момент у небезпечному перерізі визначають за формулою

$$M = Q \cdot l, \tag{3.1}$$

де Q – сила опору ґрунту, Н;

l – плече прикладання сили, мм.

Підставивши значення, отримаємо

$$M = 1000 \cdot 230 = 230000 \text{ Н\мм.}$$

Отже, згинальний момент у небезпечному перерізі ножа становить

$$M = 2{,}3 \cdot 10^5 \text{ Н\мм.}$$

Визначення геометричних характеристик перерізу. Небезпечний переріз ножа приймаємо в зоні вигину, оскільки саме тут виникають найбільші напруження [25].

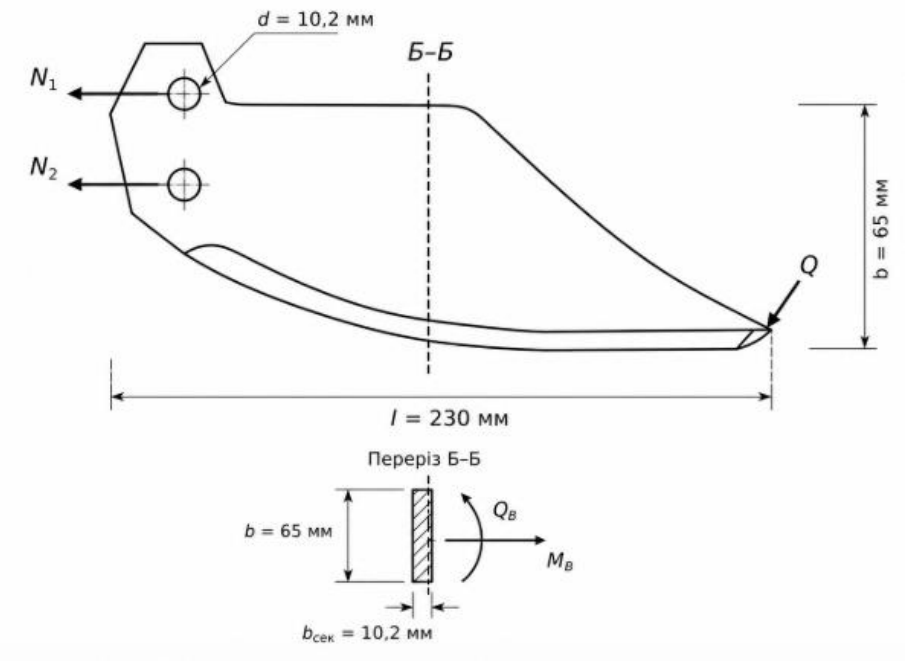


Рис. 3.2. Схема небезпечного перерізу ножа

Момент опору прямокутного перерізу визначають за формулою

$$W = \frac{sb^2}{6}, \tag{3.2}$$

де S – товщина ножа, мм;

b – ширина перерізу, мм.

Після підстановки числових значень маємо

$$W = \frac{7 \cdot 65^2}{2} = 4929{,}17 \text{ мм}^3.$$

Момент інерції перерізу становить

$$I = \frac{sb^3}{12}, \tag{3.3}$$

$$I = \frac{7 \cdot 65^3}{12} = 160197{,}92 \text{ мм}^4.$$

Розрахунок ножа на згин. Нормальні напруження від згину визначають за формулою

$$\sigma = \frac{M}{W}. \tag{3.4}$$

Підставивши отримані значення, маємо

$$\sigma = \frac{230000}{4929{,}17} = 46{,}66 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності має вигляд

$$\sigma \le [\sigma],$$

$$46,66 \le 160.$$

Отже, умова міцності при згині виконується, а ніж має достатню несучу здатність у небезпечному перерізі.

Перевірка ножа на зріз. Площу поперечного перерізу визначають за формулою

$$A = s \cdot b. \qquad (3.5)$$

Після підстановки числових значень отримаємо

$$A = 7 \cdot 65 = 455 \text{ мм}^2.$$

Дотичні напруження від поперечної сили становлять

$$\tau = \frac{Q}{A}, \qquad (3.6)$$

$$\tau = \frac{1000}{455} = 2,20 \text{ МПа}.$$

Одержане значення є незначним, тому руйнування ножа по зрізу не відбудеться.

Оскільки на ніж одночасно діють згин і поперечна сила, доцільно визначити еквівалентне напруження

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}. \qquad (3.7)$$

Підставляючи значення, одержуємо

$$\sigma_{екв} = \sqrt{46,66^2 + 3 \cdot 2,20^2} = 46,82 \text{ МПа}.$$

Перевірка має вигляд

$$\sigma_{екв} \le [\sigma],$$

$$46,82 \le 160.$$

Таким чином, за еквівалентним напруженням ніж також має достатній запас міцності.

У місці кріплення ніж має отвори, які послаблюють поперечний переріз. Чисту площу ослабленого перерізу визначають за формулою

$$A_{осл} = (b - d) \cdot s. \tag{3.8}$$

Після підстановки значень маємо

$$A_{осл} = (65 - 10,2) \cdot 7 = 383,6 \text{ мм}^2.$$

Напруження в ослабленому перерізі становить

$$\sigma_{осл} = \frac{Q}{A_{осл}}, \tag{3.9}$$

$$\sigma_{осл} = \frac{1000}{383,6} = 2,61 \text{ МПа}.$$

Отже, ослаблений переріз також має достатню міцність.

Перевірка отворів на зминання.Напруження зминання в отворах визначають за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{Q}{n \cdot d \cdot s}, \tag{3.10}$$

де $n -$

Приймаємо $n = 2,$ тоді

$$\sigma_{зм} = \frac{1000}{2 \cdot 10,2 \cdot 7} = 7,00 \text{ МПа}.$$

Отримане значення є допустимим, тому небезпека зминання металу в місці отворів відсутня.

Розрахунок болтового кріплення ножа. Розрахункову схему болтового з'єднання наведено на рис. 3.3.

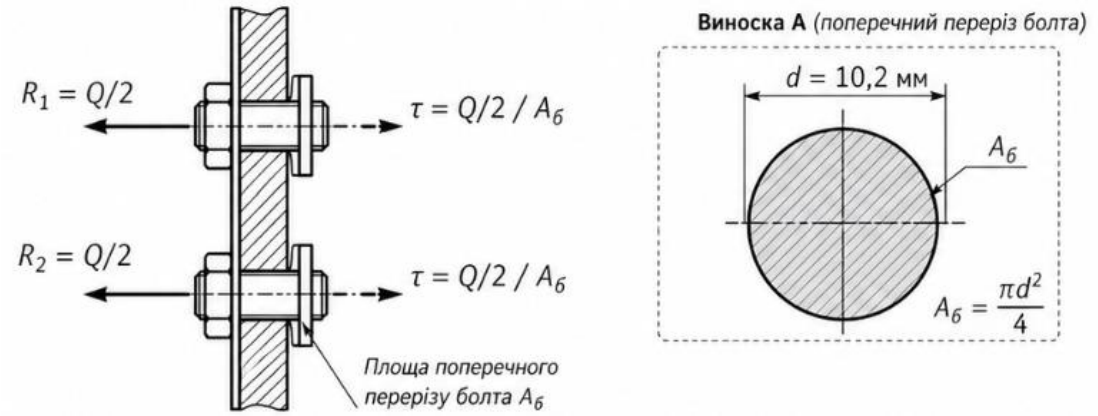


Рис. 3.3. Схема болтового кріплення ножа

Дотичні напруження в болтах визначають за формулою

$$\tau_б = \frac{Q}{n \cdot A_б}, \tag{3.11}$$

де $A_б$ – площа перерізу одного болта, мм^2.

Для болта М10 приймаємо

$$A_б = 58 \text{ мм}^2.$$

Тоді

$$\tau_б = \frac{1000}{2 \cdot 58} = 8,62 \text{ МПа}.$$

Одержане значення значно менше допустимого, тому болтове кріплення забезпечує надійне з'єднання ножа зі стійкою.

Перевірка ножа на жорстокість. Для оцінки жорстокості визначаємо прогин ножа за формулою:

$$f = \frac{Ql^3}{3EI}. \qquad (3.12)$$

Після підстановки числових значень отримаємо

$$f = \frac{1000 \cdot 230^3}{3 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 160197{,}92} = 0{,}12 \text{ мм}.$$

Отже, прогин ножа під дією робочого навантаження є незначним, тому його жорстокість можна вважати достатньою.

Основні результати розрахунку ножа робочого органа наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Результати розрахунку ножа робочого органа

№ з/п	Найменування параметра	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Згинальний момент	M	Н·мм	230000
2	Момент опору перерізу	W	мм^3	4929,17
3	Момент інерції перерізу	I	мм^4	160197,92
4	Площа поперечного перерізу	A	мм^2	455
5	Напруження згину	σ	МПа	46,66
6	Дотичне напруження зрізу	τ	МПа	2,20
7	Еквівалентне напруження	$\sigma_{екв}$	МПа	46,82
8	Площа ослабленого перерізу	$A_{осл}$	мм^2	383,6
9	Напруження в ослабленому перерізі	$\sigma_{осл}$	МПа	2,61
10	Напруження зминання в отворах	$\sigma_{зм}$	МПа	7,00

11	Дотичне напруження в болтах	$\tau_б$	МПа	8,62
12	Прогин ножа	f	мм	0,12

Аналіз одержаних результатів показує, що розрахункові напруження в ножі, в ослабленому перерізі та в елементах кріплення не перевищують допустимих значень. Це свідчить про достатню міцність і жорстокість конструкції та підтверджує її працездатність в умовах експлуатації.

3.3. Розрахунок потрібної потужності трактора для агрегату АКП-15

Для забезпечення стабільної роботи комбінованого агрегату АКП-15 необхідно визначити потужність енергетичного засобу, достатню для подолання тягового опору машини при заданій робочій швидкості.

Оскільки агрегат АКП-15 призначений для передпосівного вирівнювання та поверхневого обробітку ґрунту, його тяговий опір доцільно визначити через питомий опір на 1 м ширини захвату.

Для розрахунку приймаємо:

ширина захвату агрегату

$$B = 15 \text{ м}$$

робоча швидкість руху

$$V = 11 \text{ км/год}$$

питомий тяговий опір агрегату для поверхневого обробітку та вирівнювання ґрунту

$$q = 3,5 \text{ кН/м}$$

коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора

$$\eta_{\text{т}} = 0,85$$

Прийняте значення питомого опору q відповідає умовам роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату на глибину 6…7 см середній щільності ґрунту.

Визначення тягового опору агрегату. Загальний тяговий опір агрегату визначають за формулою

$$R = q \cdot B. \qquad (3.13)$$

де

q – питомий тяговий опір, кН/м;

B – ширина захвату агрегату, м.

Після підстановки значень маємо

$$R = 3,5 \cdot 15 = 52,5 \text{ кН}.$$

Отже, загальний тяговий опір агрегату становить

$$R = 52,5 \text{ кН}.$$

Визначення тягової потужності на гаку трактора. Тягову потужність, необхідну на гаку трактора, визначають за формулою

$$N_{\text{г}} = \frac{R \cdot V}{3,6}, \qquad (3.14)$$

де

R – тяговий опір, кН;

V – робоча швидкість, км/год.

Підставляємо числові значення:

$$N_{\text{г}} = \frac{52,5 \cdot 11}{3,6} = 160,4 \text{ кВт.}$$

Отже, потрібна тягова потужність на гаку трактора становить

$$N_{\text{г}} = 160,4 \text{ кВт.}$$

Визначення ефективної потужності двигуна трактора

Необхідну ефективну потужність двигуна визначають з урахуванням втрат у трансмісії:

$$N_e = \frac{N_{\text{г}}}{\eta_{\text{т}}}, \qquad (3.15)$$

де

$\eta_{\text{т}}$ – ККД трансмісії трактора.

Після підстановки числових значень отримаємо

$$N_e = \frac{160,4}{0,85} = 188,7 \text{ кВт.}$$

Переведемо потужність у кінські сили:

$$N_{e(к.с)} = 188,7 \cdot 1,36 = 256,6 \text{ к.с.}$$

Отже, для роботи з агрегатом АКП-15 потрібен трактор потужністю не менше

$$N_e \approx 257 \text{ к.с.}$$

Для надійної роботи агрегату в польових умовах доцільно передбачити запас потужності 10…15%, оскільки фактичний опір ґрунту може

змінюватися залежно від вологості, ущільнення, мікрорельєфу та засміченості поля.

Тоді розрахункова потужність трактора з урахуванням запасу становитиме:

$$N_{\text{тр}} = 1{,}15 \cdot 188{,}7 = 217{,}0 \text{ кВт},$$

або

$$N_{\text{тр(к.с.)}} = 217{,}0 \cdot 1{,}36 = 295{,}1 \text{ к.с.}$$

Отже, для агрегатування АПК-15 доцільно застосовувати трактор потужністю

290...300 к.с.

3.4. Розрахунок продуктивності та витрати палива агрегату АКП-15

Для оцінки експлуатаційних показників комбінованого агрегату АКП-15 виконаємо розрахунок його продуктивності та витрати палива. Згідно із загальним видом машини конструктивна ширина захвату становить $B = 15$ м, а робоча швидкість руху $- V = 11$ км/год.

Вихідні дані для розрахунку

Для розрахунку приймаємо:

- ширина захвату агрегату $B = 15$ м;
- робоча швидкість руху $V = 11$ км/год;
- коефіцієнт використання часу зміни $\tau = 0{,}84$;
- тривалість зміни $T = 8$ год.

Коефіцієнт використання часу зміни враховує витрати часу на повороти, регулювання, технічне обслуговування та інші допоміжні операції. Теоретичну годинну продуктивність агрегату визначають за формулою

$$W_{\text{т}} = 0{,}1 \cdot B \cdot V, \tag{3.16}$$

де

B – Технологічна ширина обробітку, м;

V – Швидкість агрегату в робочому режимі, км/год.

Підставляємо значення:

$$W_{\text{т}} = 0{,}1 \cdot 15 \cdot 11 = 16{,}5 \text{ га/год.}$$

Отже, теоретична продуктивність агрегату становить

$$W_{\text{т}} = 16{,}5 \text{ га/год.}$$

Годинну продуктивність агрегату в експлуатаційних умовах розраховують з урахуванням фактичного використання робочого часу протягом зміни. Для цього вводять коефіцієнт використання змінного часу, який враховує можливі простої, розвороти, регулювання машини, заправку та інші допоміжні операції:

$$W_e = W_{\text{т}} \cdot \tau, \tag{3.17}$$

$$W_e = 16{,}5 \cdot 0{,}84 = 13{,}86 \text{ га/год.}$$

Отже, експлуатаційна продуктивність агрегату становить

$$W_e = 13{,}86 \text{ га/год.}$$

Змінну продуктивність агрегату визначають за формулою

$$W_{зм} = W_e \cdot T, \tag{3.18}$$

де

T – тривалість зміни, год.

Після підстановки числових значень маємо

$$W_{зм} 13,86 \cdot 8 = 110,88 \text{ га.}$$

Отже, за одну зміну агрегат може обробити

$$W_{зм} = 110,88 \text{ га.}$$

Для визначення витрати палива необхідно знати годинну витрату пального трактором, з яким працює агрегат. Для широкозахватного агрегату з шириною захвату 15 м прийнято енергетичний засіб високої потужності 300 к.с. У розрахунку приймаємо орієнтовну годинну витрату пального

$$G_{\text{г}} = 40 \text{ кг/год.}$$

Тоді витрата на 1 гектар визначається за формулою

$$g = \frac{G_{\text{г}}}{W_e}, \qquad (3.19)$$

де

$G_{\text{г}}$ – годинна витрата палива, кг/год;

W_e – експлуатаційна продуктивність, га/год.

Підставляємо значення:

$$g = \frac{40}{13,86} = 2,89 \text{ кг/га.}$$

Отже, питома витрата палива становить

$$g = 2,89 \text{ кг/га.}$$

Приймаємо 3,0 кг/га.

Витрата палива за зміну визначається за формулою

$$G_{зм} = G_{г} \cdot T, \tag{3.17}$$

$$G_{зм} = 40 \cdot 8 = 320 \text{ кг}.$$

Отже, за одну зміну агрегат витрачає

$$G_{зм} = 320 \text{ кг}.$$

Висновок по розділу

1. У результаті виконаного розрахунку встановлено, що ніж робочого органа має достатню міцність і жорстокість. Максимальне напруження згину становить 46,66 МПа, а еквівалентне напруження - 46,82 МПа, що суттєво менше допустимого значення. Перевірка ослабленого перерізу, отворів на зминання та болтів кріплення на зріз також показала наявність запасу міцності. Прогин ножа не перевищує 0,12 мм, тому деформації під час роботи не впливатимуть на якість технологічного процесу. Отже, прийнята конструкція ножа є працездатною та може бути рекомендовано для використання в складі ґрунтообробного агрегату.

2. Проведений розрахунок показує, що за ширини захвату 15 м і робочої швидкості 11 км/год теоретична продуктивність агрегату АКП-15 становить 16,5 га/год, а експлуатаційна - 13,86 га/год. За восьмигодинну зміну агрегат може обробити 110,88 га. За прийнятої годинної витрати пального 18 кг/год питома витрата палива становить 2,89 кг/га, а змінна витрата - 320 кг. Отримані результати свідчать про високу продуктивність агрегату та його доцільність для використання на великих площах.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

4.1. Безпека праці при роботі з комбінованим агрегатом

Експлуатація комбінованого ґрунтообробного агрегату пов’язана з дією низки виробничих чинників, які можуть становити небезпеку для механізатора та осіб, що обслуговують машину. Одночасно під час виконання польових робіт можливий негативний вплив на ґрунт, атмосферне повітря та навколишнє природне середовище загалом. Саме тому при використанні агрегату необхідно приділяти особливу увагу створенню безпечних умов праці, підтриманню машини у справному стані та дотриманню вимог екологічної безпеки.

Комбінований агрегат має значну ширину захвату, велику кількість робочих органів, рухомих і регульованих елементів, а також працює в складі машинно-тракторного агрегату. Це підвищує вимоги до організації праці, дисципліни механізатора і правильного технічного обслуговування. Небезпека може виникати під час агрегатування, переведення машини з транспортного положення в робоче, регулювання глибини обробітку, очищення робочих органів від ґрунту і рослинних решток, а також у процесі транспортування дорогами загального користування.

Під час роботи агрегату на механізатора впливають шум, вібрація, запиленість повітря, нервово-емоційне напруження, а також небезпека травмування внаслідок контакту з робочими органами машини. Особливу небезпеку становлять диски, лапи, ножі, котки, шарнірні з’єднання, гідроциліндри та елементи ходової частини. Порушення правил експлуатації або виконання будь-яких регулювальних операцій при невимкненому двигуні трактора може призвести до тяжких наслідків.

Не менш важливим є питання збереження родючості ґрунту та мінімізації шкідливого впливу на довкілля. Під час роботи машинно-

тракторного агрегату можливі ущільнення ґрунту, надмірне його розпилення, забруднення поля паливно-мастильними матеріалами, а також збільшення викидів відпрацьованих газів. Тому правильна організація технологічного процесу, своєчасне технічне обслуговування та раціональний вибір режимів роботи мають важливе значення не лише з точки зору безпеки праці, а й з екологічної точки зору [19].

Під час використання комбінованого агрегату необхідно враховувати наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До основних із них належать рухомі частини машини, гострі крайки робочих органів, можливість відриву або ослаблення кріплень, запиленість повітря, підвищений рівень шуму і вібрації, а також ризик наїзду, затиснення або травмування під час агрегатування і технічного обслуговування. Крім того, певну небезпеку становить робота з гідросистемою, оскільки при пошкодженні шлангів або розгерметизації з'єднань можливе викидання робочої рідини під тиском.

Керування тракторним агрегатом та його обслуговування дозволяється виконувати тільки працівникам, які мають необхідну професійну підготовку, пройшли інструктаж з питань охорони праці й отримали право на керування відповідним трактором. Механізатор повинен бути забезпечений спецодягом, щільним взуттям, а в разі потреби - засобами захисту органів слуху і дихання. Одяг має бути справним, без вільних частин, які можуть потрапити до рухомих елементів машини.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора і агрегату. Особливу увагу слід звернути на справність зчіпного пристрою, ходової частини, гідросистеми, опорних і транспортних коліс, кріплення робочих органів, а також на відсутність тріщин, деформацій і підтікання палива, мастила або робочої рідини. Агрегатування трактора з машиною потрібно виконувати тільки на рівному майданчику, після повної зупинки трактора. Під час під'їзду трактора до агрегату перебування людей між машинами забороняється.

Перед виїздом у поле необхідно впевнитися, що всі робочі органи надійно закріплені, захисні та фіксувальні пристрої знаходяться у справному стані, а транспортне положення машини змінюється без ривків і перекосів. Якщо агрегат має гідравлічний привід для переведення робочих секцій, слід перевірити роботу гідроциліндрів та замків фіксації. Також потрібно переконатися у справності сигнальних пристроїв, якщо машина буде транспортуватися дорогами.

Під час роботи агрегату механізатор повинен стежити за рівномірністю заглиблення робочих органів, відсутністю сторонніх шумів, ударів, надмірної вібрації та забивання машини ґрунтом або рослинними рештками.

На поворотних смугах слід зменшувати швидкість і уникати різких маневрів, особливо якщо агрегат має велику ширину захвату. При роботі на нерівній місцевості або на схилах необхідно суворо дотримуватися безпечної швидкості, оскільки це впливає на стійкість усього машинно-тракторного агрегату. Перевищення швидкості, різке гальмування або поворот можуть спричинити втрату стійкості, поломку машини чи аварійну ситуацію.

Після завершення роботи агрегат необхідно встановити на рівному майданчику, опустити робочі органи на ґрунт або на спеціальні підставки, заглушити двигун трактора і виконати післязмінне технічне обслуговування. При цьому слід очистити робочі органи від налиплого ґрунту та рослинних решток, перевірити стан ножів, лап, дисків, котків, болтових з’єднань і гідравлічних елементів. Якщо потрібно провести ремонт, машина має бути надійно зафіксована, а роботи під піднятими секціями без упорів забороняються.

Окрему увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Під час польових робіт, особливо в суху погоду, на нагрітих частинах трактора і машини можуть накопичуватися пил, солома та рослинні рештки. Тому агрегат слід регулярно очищати, контролювати стан паливної системи та електрообладнання, а також мати укомплектований вогнегасник. Підтікання пального, мастила або робочої рідини потрібно негайно усувати.

Таким чином, виконання встановлених правил охорони праці під час експлуатації комбінованого агрегату забезпечує безпечні умови роботи, знижує ризик травмування працівників і сприяє надійному проведенню механізованого обробітку ґрунту. Тільки технічно справний агрегат, правильне його налагодження та дисципліновані дії механізатора забезпечують безаварійну та ефективну роботу машини.

4.2. Захист навколишнього середовища при використанні комбінованого агрегату

Під час використання комбінованого агрегату важливо не лише забезпечити безпечні умови праці, а й зменшити негативний вплив на довкілля. Найбільш уразливими об’єктами в цьому випадку є ґрунт, атмосферне повітря та прилегла територія поля. Нераціональне застосування ґрунтообробної техніки може спричинити руйнування структури ґрунту, підвищення його ерозійної небезпеки, втрату вологи, забруднення паливно-мастильними матеріалами та посилення техногенного навантаження на агроландшафт.

Однією з головних переваг комбінованого агрегату є можливість виконання кількох технологічних операцій за один прохід. Завдяки цьому зменшується кількість проходів трактора по полю, а отже, знижується ступінь ущільнення ґрунту ходовими системами машини. Це позитивно впливає на водопроникність, аерацію та загальний фізичний стан ґрунту. Одночасно скорочення кількості проходів сприяє зменшенню витрат пального і, відповідно, зниженню викидів відпрацьованих газів у атмосферу.

Для збереження родючості ґрунту необхідно правильно вибирати глибину та режими обробітку. Надмірно інтенсивний обробіток може призводити до руйнування грудкуватої структури, розпилення верхнього шару та підвищення ризику вітрової і водної ерозії. Особливо небажано працювати агрегатом на надто сухих або перезволожених ґрунтах, оскільки в

першому випадку посилюється пилотворення і руйнування структури, а в другому - відбувається ущільнення та замазування ґрунту. Тому використання машини повинно здійснюватися лише за таких умов вологості, за яких забезпечується якісний і екологічно безпечний обробіток.

Щоб зменшити негативний вплив на атмосферне повітря, слід підтримувати трактор у технічно справному стані. Несправний двигун із підвищеною димністю та нераціональним режимом роботи збільшує кількість шкідливих викидів і підвищує витрати пального. Регулярне технічне обслуговування, своєчасна заміна фільтрів, налаштування паливної апаратури та дотримання оптимального навантаження на двигун сприяють більш економічній та екологічній роботі машинно-тракторного агрегату.

Особливої уваги потребує попередження забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами. Підтікання пального, масла або гідравлічної рідини не тільки погіршує технічний стан машини, а й призводить до локального хімічного забруднення поля. Тому під час експлуатації агрегату необхідно регулярно перевіряти стан паливопроводів, гідравлічних шлангів, ущільнень та з’єднань. Заправлення техніки, заміну мастила або промивання вузлів не слід проводити безпосередньо в полі без спеціально обладнаних місць і засобів збору відпрацьованих рідин.

Важливим екологічним заходом є також раціональна організація роботи агрегату в полі. Для цього слід оптимізувати маршрути руху, виключати зайві проходи, дотримуватися прямолінійності руху та використовувати всю ширину захвату машини. Це не тільки підвищує продуктивність, а й зменшує площу повторного ущільнення ґрунту та загальні енерговитрати на виконання операції.

При роботі поблизу лісосмуг, водних об’єктів або схилових ділянок слід враховувати ризик розвитку ерозійних процесів. На таких землях необхідно обмежувати інтенсивність обробітку, не допускати надмірного розпилення ґрунту і за можливості виконувати обробіток упоперек схилу, якщо це допускається технологією та умовами безпеки. Такий підхід сприяє

збереженню верхнього родючого шару та зменшенню змиву ґрунтових часток.

Позитивний екологічний ефект від використання комбінованого агрегату полягає ще й у тому, що скорочення кількості машинних операцій зменшує загальне антропогенне навантаження на поле. Зниження витрат пального, менша кількість проходів і можливість більш раціонального обробітку сприяють як економії ресурсів, так і покращенню екологічного стану агрофону.

Висновок по розділу

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці та заходи із захисту навколишнього середовища при використанні комбінованого ґрунтообробного агрегату. Встановлено, що безпечна експлуатація машини можлива лише за умови суворого дотримання правил агрегатування, регулювання, технічного обслуговування, транспортування та виконання польових робіт. Основними небезпечними чинниками при роботі агрегату є рухомі робочі органи, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря, можливість травмування під час очищення і ремонту, а також небезпека, пов’язана з використанням гідросистеми та переміщенням широкозахватної машини.

Установлено, що зниження виробничого ризику досягається завдяки підтриманню агрегату в технічно справному стані, надійному кріпленню всіх робочих органів, правильній організації праці механізатора та виконанню всіх операцій тільки відповідно до вимог безпеки. Особливе значення мають своєчасний технічний огляд машини, очищення робочих органів лише після повної зупинки агрегату, використання справної гідросистеми та дотримання правил пожежної безпеки.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

У проєкті запропоновано модернізацію комбінованого ґрунтообробного агрегату АКП-15М, спрямовану на покращення якості поверхневого обробітку ґрунту та підвищення надійності його роботи. Завдяки зменшенню часу на підготовку машини до роботи і скороченню технологічних зупинок продуктивність агрегату збільшилась з 13,1 до 13,9 га/год. Розрахунок техніко-економічних показників виконано у порівнянні із серійною ґрунтообробною машиною ЛІРА XL-15, вихідні дані приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна ЛІРА XL 15	Модернізована АКП 15М
1	Річний обсяг гоботи	га	550	550
2	Експлуатаційна продуктивність	га/год	13,1	13,9
3	Витрати ПММ	кг/га	4,4	3,0
4	Вартість: - Трактор - Машини	грн	 2235000 690000	 2235000 695000
5	Кількість обслуговую-чого персонала		1	1

Детальний розрахунок економічної ефективності модернізованого ґрунтообробного агрегату наведено в додатку А дипломного проєкту. У ньому послідовно визначено основні показники, що характеризують економічну доцільність запропонованої модернізації: експлуатаційні витрати, амортизаційні відрахування, витрати на паливо, приведені затрати та річний

економічний ефект. Для зручності аналізу і порівняння базової та модернізованої машин підсумкові результати розрахунків зведено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Економічна ефективність проєкта

№	ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТ	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Поверхневий обробіток грунту	
2	Об′єм роботи, га	550	550
3	Склад агрегату: Трактор Машина	 John Deere 8R310 ЛІРА XL15	 John Deere 8R310 АКП-15М
4	Продуктивність, га/ год	13,1	13,9
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	41,98	39,57
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	 1 -	 1 -
7	Витрати праці, люд.· год/ га	41,98	39,57
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	148,7	148,7
10	Норма витрати пального, кг/ га	4,4	3,0
11	Комплексна ціна ПММ, грн/ кг	86,60	86,60
12	Балансова вартість, грн -трактора -машини	 2235000 690000	 2235000 695000
13	Експлуатаційні витрати, грн/га Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора	2525,82 381,04 780,22	2345,07 259,80 780,22

	- машини	240,87	242,62
14	Капітальні вкладення, грн/га	5318,18	5327,27
15	Приведені затрати, грн/га	1827952,07	1729286,08
16	Річний еномічний ефект, грн		98665,99
17	Термін окупності, років		0,1

Висновок по розділу

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що модернізована машина є економічно доцільною для впровадження у виробництво. Її застосування дозволяє підвищити ефективність виконання технологічної операції та забезпечити прогнозований річний економічний ефект у розмірі 98 665,99 грн при річному обсязі робіт 550 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу сучасного стану застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів встановлено, що їх використання є важливим напрямом підвищення ефективності механізованого обробітку ґрунту. Такі агрегати забезпечують поєднання кількох технологічних операцій в одному проході, що дає змогу скоротити строки виконання польових робіт, знизити витрати пального та праці, а також зменшити негативний вплив ходових систем тракторів на ґрунт.

2. Аналіз конструктивних схем комбінованих ґрунтообробних агрегатів свідчить, що їх розвиток відбувається в напрямі поєднання кількох технологічних операцій в одному агрегаті, підвищення якості обробітку ґрунту та зниження кількості проходів по полю. Зростання уваги до таких машин пов’язане з необхідністю зменшення техногенного навантаження на ґрунт, руйнування плужної підошви, покращення водного та повітряного режимів ґрунту, а також зі спрощенням технологічного процесу вирощування культур.

3. У результаті розрахунку встановлено, що для роботи комбінованого агрегату АКП-15 із шириною захвату 15 м при швидкості руху 11 км/год потрібна тягова потужність на гаку трактора 160,4 кВт. З урахуванням ККД трансмісії необхідна ефективна потужність двигуна становить 188,7 кВт, або 256,6 к.с. З урахуванням експлуатаційного запасу потужності 15 % доцільно використовувати трактор класу 290…300 к.с., що забезпечить стабільну роботу агрегату в різних польових умовах.

4. Визначено, що застосування комбінованого агрегату має позитивний екологічний ефект, оскільки дає можливість скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту, знизити витрати пального та обсяг шкідливих викидів у атмосферу. За умови правильного вибору режимів роботи, недопущення витоків паливно-мастильних матеріалів і дотримання екологічно обґрунтованої технології обробітку забезпечується збереження

структури ґрунту, зменшення ризику ерозії та загалом знижується негативний вплив на довкілля.

5. Проведені техніко-економічні розрахунки підтверджують доцільність використання модернізованої машини у виробничих умовах. Запропоноване технічне рішення забезпечує підвищення ефективності виконання технологічного процесу та дає змогу отримати позитивний економічний результат. За річного обсягу робіт 550 га прогнозований річний економічний ефект становить 98 665,99 грн, що свідчить про практичну доцільність впровадження модернізованої машини у господарстві.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

2. Бойко І. Г., Грицай М. А., Рудь А. В. Механіко-технологічні основи обробітку ґрунту. Дніпро : Середняк Т. К., 2018. 276 с.

3. Гриненко О. Доцільність використання ґрунтообробних агрегатів з гнучким кріпленням робочих органів / О. Гриненко, С. Маринін // Техніка і технології АПК. - 2011. - №2 (17). - С. 32 - 33.

4. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Машиновикористання у землеробстві. Київ : Кондор, 2004. 284 с.

5. Адамчук В. В., Насонов В. А., Литвинюк Л. К., Корнюшин В. М., Сідий М. О. Розроблення комбінованого агрегату для чизельного обробітку ґрунту і локального внесення добрив. Механіка та автоматика агропромислового виробництва. Глеваха: ІМА АПВ НААН, 2023. Вип. 1(115). С. 42-49

6. Tsyliuryk O. I., Tkalich Y. I., Kolesnykova K. V., Rudakov Y. M., Tkalich Y. Y. Modern trends and development directions of soil tillage systems in the world and Ukraine. Agrology. 2025. Vol. 8, No. 1. P. 48-54. DOI: 10.32819/202507.

7. Веселовська Н., Бурлака С. Методи та прийоми комбінування робочих органів комплексних ґрунтообробних машин. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2023. № 1. С. 42-47

8. Бикова О. Рослинні рештки як засіб відтворення родючості ґрунтів у технології NO-TILL / О. Бикова. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. - 2008. - Вип. 12 (26). - С. 112 - 116.

9. Лінник М.К. Технологічні та технічні аспекти використання соломи для удобрення ґрунту / М.К. Лінник, М.І. Лукаш. // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2010. - Вип. 94. - С. 76 - 84.

10. Лінник М.К. Технологічне та технічне забезпечення використання органічних відходів для удобрення ґрунту / М.К. Лінник, В.В. Висовень. // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2009. - Вип. 93. - С. 23 - 33.

11. Огляд комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Пропозиція. 2017. URL: https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-tekhnika-dlya-obrobitku-gruntu/ohlyad-kombinovanykh

12. J. Hula, R. Šindelar, P. Kovaricek Operational effects of implements on crop residues in soil tillage operations / J. Hula, R. Šindelar, P. Kovaricek. // Res. Agr. Eng. - 2005. - Vol. 51 (4). - P. 119 - 124.

13. Агрегати для основного комбінованого обробітку ґрунту. Агрономія сьогодні. 2024. URL: https://www.agronomy.com.ua/statti/2448-ahrehaty-dlia-osnovnoho-kombinovanoho-obrobitku-gruntu.html

14. Кюрчев В. М. Дослідження роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату в різних ґрунтових умовах. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2023. № 3. С. 60-63.

15. Hanna H.M., Melvin S.W., Pope R.O. Tillage implement operational effects on residue cover / H.M. Hanna, S.W. Melvin, R.O. Pope. // Appl. Engng. Agric. - 1995. - No. 11. - P. 205-210.

16. Sunflower / Products >> Disk Harrows >>1444 [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.sunflowermfg.com/products/index.php id=49&sID =61&pID=116. - Заголовок з екрана.

17. MV V shaped trailed single beam harrow with central trolley hydraulic folding frame [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.maschionet.com/catalog/product/mv/uk_UA. - Заголовок з екрана.

18. Грибик Р. І. Аналіз комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця: ВНАУ, 2020.URL:https://tetapk.vsau.org/storage/articles/February2020/pmzCfgQLTOab41awbIei.pdf

19. Мельник О. П., Ковальчук С. І. Охорона праці в агропромисловому комплексі. - Київ: Центр учбової літератури, 2021. - 376 с.

20. Salo V., Pastukhov V. Differentiation of the composition of combined soil-tillage machines depending on the conditions of use. Agricultural Engineering. 2024. Vol. 28, No. 1. P. 353-365. DOI: 10.2478/agriceng-2024-0022.

21. Іваненко О. І., Смірнов Д. В. Сучасні технології в експлуатації сільськогосподарських машин. - Харків: Аграрна наука, 2020. - 300 с.

22. A novel three-point hitch dynamometer to measure the draft requirement of mounted implements / M. Askari, M.H. Komarizade, A.M. Nikbakht, N. Nobakht, R.F. Teimourlou // Res. Agr. Eng. - 2011. - Vol. 57, No. 4. - P. 128-136.

23. Погорілий Л. В., Брей В. В. Сільськогосподарські машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Київ : Фенікс, 2007. 320 с.

24. Збарський В. К., Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. Київ : Каравела, 2009. 264 с.

25. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / [Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков, В. С. Гапоненко та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка - К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.: іл. - ISBN 966-8081-38-2.

27. Бухалова Н. М., Лисенко В. Г. Економіка підприємств аграрного сектора. Київ : Аграрна освіта, 2017. 352 с.

28. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» - Дніпро: ДДАЕУ, 2022.- 45с.

ДОДАТКИ

Серійна машина *Модернізована*

$W_{СЕЗ}$ = 550 га $W_{СЕЗ}$ = 550 га

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Серійна машина *Модернізована*

$К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{550}{13,1} = 41,98$год $К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{550}{13,9} = 39,57$год

Кількість обслуговуючого персоналу n = 1 тракторист-машініст.

Витрати праці:

Серійна машина *Модернізована*

$В_{П} = К_{НГ} \cdot n = 41,98 \cdot 1 = 41,98$ год $В_{П} = К_{НГ} \cdot n = 39,57 \cdot 1 = 39,57$год

Тарифний розряд роботи - п′ятий з тарифною ставкою 148,70 грн/год.

Норма витрати палива у відповідності з виконаними у главі 5 розрахунками становить:

Серійна машина *Модернізована*

$В_{ПММ}$ = 4,4 кг/га $В_{ПММ}$ = 3,0 кг/га

Комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів – $Ц_{ПММ}$ = 86,60 грн/кг.

Балансова вартість агрегатів:

Серійна машина *Модернізована*

Трактор John Deere 8R310 - 2235000 грн

Трактор John Deere 8R310 - 2235000 грн

ЛІРА XL15 - 690000 грн

АКП-15 - 695000 грн

Експлуатаційні витрати.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K \quad ,$$

де C_T - тарифна ставка, 148,70 грн/год;

K_1 – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

K_2 – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні мероприємства.

Серійна машина *Модернізована*

1. На 1 га

$$П = \frac{148,70}{13,1} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 18,82 \text{грн/га}$$

$$П = \frac{148,7}{13,9} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 17,74 \text{грн/га}$$

2. На весь обсяг роботи

$П_\Sigma = 18,82 \cdot 550 = 10353,61$ грн $П_\Sigma = 17,74 \cdot 550 = 9757,72$ грн

Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора – 15%, комбінованої машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{ТО} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_З = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{ТР} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Базовий Проект

Трактор: $А_{ТР} = \frac{2235000 \cdot 550}{100 \cdot 1550 \cdot 13,1} = 605,39$грн/га $А_{ТР} = \frac{2235000 \cdot 550}{100 \cdot 1550 \cdot 13,9} = 570,55$грн/га

Машина: $А_М = \frac{690000 \cdot 550}{100 \cdot 580 \cdot 13,1} = 499,47$ грн/га $А_М = \frac{695000 \cdot 550}{100 \cdot 580 \cdot 13,9} = 474,14$ грн/га

Всього: $А_\Sigma = 605,39+499,47 = 1104,87$ грн/га

$А_\Sigma = 570,55+474,14 = 1044,69$ грн/га

Витрати на паливо-мастильні матеріали:

Серійна машина *Модернізована*

1. На 1 га

$В_{ПММ} = Ц_{ПММ} \cdot В_{ПММ} = 86,60 \cdot 4,4 = 381,04$ грн/га $В_{ПММ} = 86,60 \cdot 3,0 = 259,80$ грн/га

2. На весь обсяг роботи

$В_{ПММ} = 381,04 \cdot 550 = 209572$ грн $В_{ПММ} = 259,80 \cdot 550 = 142890$ грн

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$В = \frac{В_Б \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_З + \alpha_{ТР})}{100 \cdot К_{НГ} \cdot W_{ГОД}},$$

де $В_Б$ – балансова вартість, грн;

Серійна машина *Модернізована*

1. На 1 га

Трактор: $В_{ТР} = \frac{2235000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 41,98 \cdot 13,1} = 780,22$грн/га

$$В_{ТР} = \frac{2235000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 39,57 \cdot 13,9} = 780,22\text{грн/га}$$

Машина: $В_м = \frac{690000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 41,98 \cdot 13,1} = 240,87$грн/га

$$В_М = \frac{695000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 39,57 \cdot 13,9} = 242,62\text{грн/га}$$

Всього по агрегату:

$В_{ТР} = В_{ТР} + В_М = 780,22+240,87 = 1021,09$ грн/га $В_{ТР} = 780,22+242,62 = 1022,84$ грн/га

На весь обсяг роботи

$В_{ТР} = 1021,09 \cdot 550 = 561600$ грн $В_{ТР} = 1022,84 \cdot 550 = 562560$ грн

Всього експлуатаційних витрат на 1 га

Серійна машина *Модернізована*

$E_В = 18,82 + 1104,87 + 381,04 + 1021,09 = 2525,82$ грн/га

$E_В = 17,74 + 1044,69 + 259,80 + 1022,84 = 2345,07$ грн/га

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Серійна машина *Модернізована*

$E_Σ = E_В \cdot W_{СЕЗ} = 2525,82 \cdot 550 = 1389202,07$ грн

$E_Σ = 2345,07 \cdot 550 = 1289786,08$ грн

Капітальні вкладення на 1 га:

Серійна машина *Модернізована*

Трактор: $К_В = \frac{В_Б}{W_{СЕЗ}} = \frac{2235000}{550} = 4063,64$/га $К_В = \frac{2235000}{550} = 4063,64$грн/га

Машина: $К_В = \frac{690000}{550} = 1254,55$грн/га $К_В = \frac{695000}{550} = 1263,64$грн/га

Всього:

$К_В = 4063,64 + 1254,55 = 5318,18$ грн/га

$К_В = 4063,64 + 1263,64 = 5327,27$ грн/га

Приведені витрати на 1га:

$$П_В = Е_В + 0,15 \cdot К_В$$

Серійна машина *Модернізована*

$П_В = 2525,82 + 0,15 \cdot 5318,18 = 3323,55$ грн/га

$П_В = 2345,07 + 0,15 \cdot 5327,27 = 3144,16$ грн/га

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Серійна машина *Модернізована*

$П_{В\Sigma} = П_В \cdot W_{СЕЗ} = 3323,55 \cdot 550 = 1827952,07$ грн

$П_В = 3144,16 \cdot 550 = 1729286,08$ грн

Річний економічний ефект:

$$Е_Е = 1827952,07 – 1729286,08 = 98665,99 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$Т_о = (2930000-2925000)/98665,99 = 0,1 \text{ р}$$