МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“___” _____ 2025 р.
Зав. кафедри ___к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ _____А.В. Войтік___
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
___бакалавр___
(освітній рівень)

тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування ярого ячменю з удосконаленням конструкції дискової борони»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності Н7
«Агроінженерія»
Макаренко Дмитро Олексійович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії
Освітня програма _____бакалавр
Спеціальність _____Н7 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____ А.В. Войтік
“___” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

студенту **_____Макаренку Дмитру Олексійовичу_____**
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування ярого ячменю з удосконаленням конструкції дискової борони»**
керівник проекту _____д.т.н., професор Дідур В.В._____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” травня 2025 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом проекту _____15.05.2025 р._____

3. Вихідні дані до проекту: способи зниження коливань машинно-тракторних агрегатів; літературні джерела; шляхи підвищення тягово-зчіпних показників колісних тракторів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
- проаналізувати сучасні технології вирощування ячменю та технічних рішень у даній сфері;
- спроектувати технологічні процеси, що застосовуються для вирощування культури;
- модернізувати конструкцію дискової борони шляхом оснащення її катком-подрібнювачем;
- виконати розрахунки на довговічність конструктивних елементів катка-подрібнювача;
- визначити ключові вимоги з охорони праці при виконанні ґрунтообробних робіт та електродугового ручного зварювання;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: зміна площ посівів зернових і зернобобових культур в Україні; агрегат для обробітку ґрунту АГД-2,8; показники економічної ефективності;

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Дідур В.В., професор		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.10.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.11.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.12.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.02.2025 р.	
5.	Розділ 4.	25.03.2025 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.04.2025 р.	
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку	15.05.2025 р.	

Студент _____ **Макаренко Д.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Дідур В.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1. **ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ** 7

1.1Сільськогосподарське значення та обсяги вирощування ячменю в Україні 7

1.2Особливості технології вирощування ячменю 10

1.3Аналіз досліджень щодо ефективності технологічних прийомів при вирощуванні ячменю 12

1.4Огляд особливостей конструкцій машин для комбінованого обробітку грунту 14

1.5Обґрунтування теми дипломного проєкту 18

2. **ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ** 20

2.1Розробка технологічних процесів виробництва ячменю ярого 20

2.2Розробка операційно-технологічної карти на виконання дискування ґрунту 23

2.3Удосконалення конструкції дискової борони JOHN DEERE 637 30

2.3.1 Обґрунтування технічного рішення та особливостей удосконаленої конструкції борони 30

2.3.2Розрахунок довговічності підшипникового вузла катка- подрібнювача 35

3 **ОХОРОНА ПРАЦІ** 39

3.2Вимоги безпеки при виконанні технологічної операції дискування 39

3.3Вимоги безпеки при виконанні електродугового ручного зварювання 40

4 **ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА** 42

ВИСНОВОК 46

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48

ВСТУП

Ячмінь є однією з найважливіших зернових культур у світі, займаючи четверте місце за обсягами вирощування, поступаючись лише пшениці, кукурудзі та рису. Така популярність зумовлена його ключовою роллю в тваринництві як кормова культура, а також широким застосуванням у харчовій промисловості. В Україні під посіви ячменю відводиться від 1,4 до 1,7 млн га, проте рівень його врожайності залишається нестабільним. У загальному обсязі площ, засіяних зерновими та зернобобовими культурами, ця культура поступається лише пшениці та кукурудзі, займаючи третю позицію. Наприклад, у 2023 році ячмінь вирощувався на площі 1,49 млн га, що склало 14 % від загального виробництва зерна.

Досягнення високих показників урожайності ячменю значною мірою залежить від впровадження ефективних технологій агровиробництва та грамотного управління усіма етапами процесу. Вирішальну роль відіграють агротехнічні заходи, такі як якісна підготовка ґрунту та збалансоване внесення добрив. Доведено, що ці фактори мають безпосередній вплив на продуктивність ярого ячменю.

Для зниження витрат на обробіток ґрунту доцільно використовувати сучасні комбіновані агрегати, здатні виконувати декілька операцій одночасно. Це сприяє раціональному використанню ресурсів та підвищенню якості ґрунтообробки. Однак висока вартість подібної техніки може бути перешкодою для господарств: імпортні моделі коштують до 2,5 млн грн, а вітчизняні аналоги — до 1 млн грн. У зв’язку з цим актуальним є вдосконалення наявної ґрунтообробної техніки безпосередньо в аграрних підприємствах шляхом її адаптації до конкретних умов вирощування культур.

Основною метою цього дипломного проєкту є підвищення ефективності застосування технічних засобів у процесі вирощування ярого ячменю, а також розробка конструкції катка-подрібнювача, що сприятиме оптимізації технологічного процесу.

Завдання дослідження включають:

1. Аналіз сучасних технологій вирощування ячменю та вивчення технічних рішень, що застосовуються в агропромисловому секторі.
2. Розробку оптимальної методики підготовки ґрунту для підвищення ефективності агровиробництва.
3. Вдосконалення конструкції дискової борони шляхом оснащення її катком-подрібнювачем для покращення якості обробки ґрунту.

4. Виконання інженерних розрахунків міцності та довговічності конструктивних елементів катка-подрібнювача для забезпечення його надійної експлуатації.

5. Визначення основних вимог щодо охорони праці під час проведення ґрунтообробних робіт та застосування електродугового зварювання.

6. Проведення техніко-економічного аналізу запропонованого технічного рішення для оцінки його доцільності у виробничих умовах.

.

1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

1.1 Сільськогосподарське значення та обсяги вирощування ячменю в Україні

Ячмінь – одна з найпоширеніших зернових культур у світовому сільському господарстві. За обсягами виробництва він посідає четверте місце після пшениці, кукурудзи та рису. Така популярність культури зумовлена її широким використанням, особливо у сфері тваринництва, де ячмінь є незамінним компонентом кормів. У харчовій промисловості він використовується меншою мірою, проте є ключовою сировиною для виробництва пива та інших алкогольних напоїв.

Ячмінь вирізняється високою поживною цінністю, містить збалансований набір поживних речовин і амінокислот, що робить його одним із найцінніших компонентів комбікормів для різних видів худоби. Окрім зерна, для годівлі великої рогатої худоби застосовують і незернову частину рослини – солому, яка слугує важливим кормом у зимовий період.

В Україні ячмінь займає значну частку у структурі посівних площ. Однак ефективність його вирощування часто знижується через недостатньо розвинену вітчизняну селекцію та недосконале застосування агротехнологій. Одним із ключових факторів, що впливають на врожайність, є правильний підхід до вибору сортів, з урахуванням особливостей кліматичних умов та ґрунтових характеристик у різних регіонах.

Ячмінь також часто виступає як «резервна» культура, яку висівають на полях після невдалої перезимівлі озимих, щоб компенсувати можливі втрати врожаю та забезпечити прибутковість господарства. Незважаючи на високий біологічний потенціал врожайності, отримати стабільно високі показники досить складно. Основними причинами цього є недотримання агротехнічних норм та помилки у догляді за посівами.

Посівні площі під ячмінь в Україні протягом останніх років значно не змінювалися (рис. 1.1) [3].

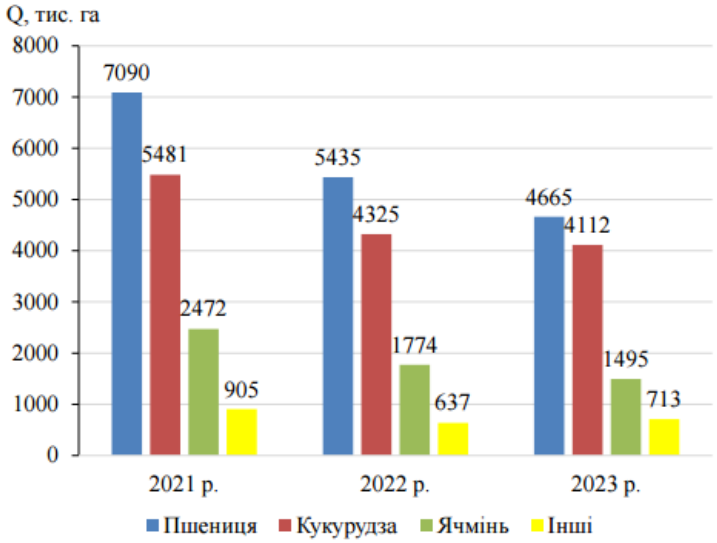


Рисунок 1.1 – Зміна площ посівів зернових і зернобобових культур в Україні (створено на основі даних [2])

Зміни у площах посівів зернових і зернобобових культур в Україні (рис. 1.1) демонструють тенденцію до скорочення, що спричинено зменшенням придатних для сільськогосподарського використання земель через тимчасову окупацію частини територій росією. Аналіз наявних даних вказує на загальне зниження масштабів вирощування всіх видів сільськогосподарських культур, що стало прямим наслідком повномасштабних бойових дій.

У загальній структурі посівних площ, відведених під зернові та зернобобові культури, ячмінь стабільно займає третю позицію (рис. 1.2), поступаючись лише пшениці та кукурудзі. У 2023 році його посівні площі охоплювали 1,49 млн га, що становило 14 % від загальної площі зернових культур у державі.

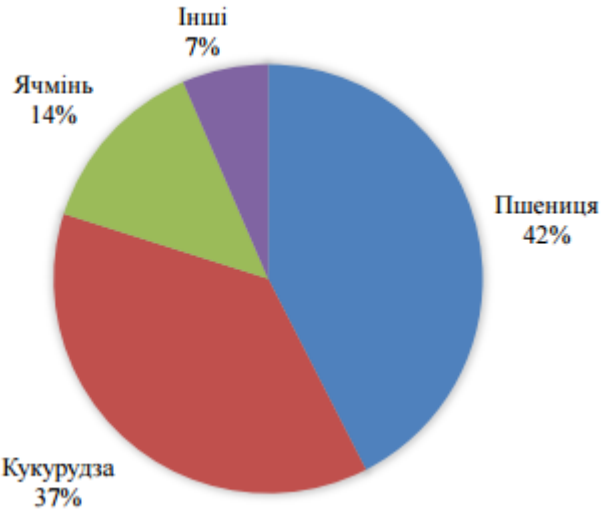


Рисунок 1.2 – Розподіл посівних площ зернових і зернобобових культур в Україні у 2023 році.

Зменшення площ посівів ячменю пов’язане з втратою регіонів, що традиційно спеціалізувалися на його вирощуванні, зокрема південних областей України. Серед регіонів із найбільшими посівними площами цієї культури виділяються Одеська, Дніпропетровська та Миколаївська області (рис. 1.3).

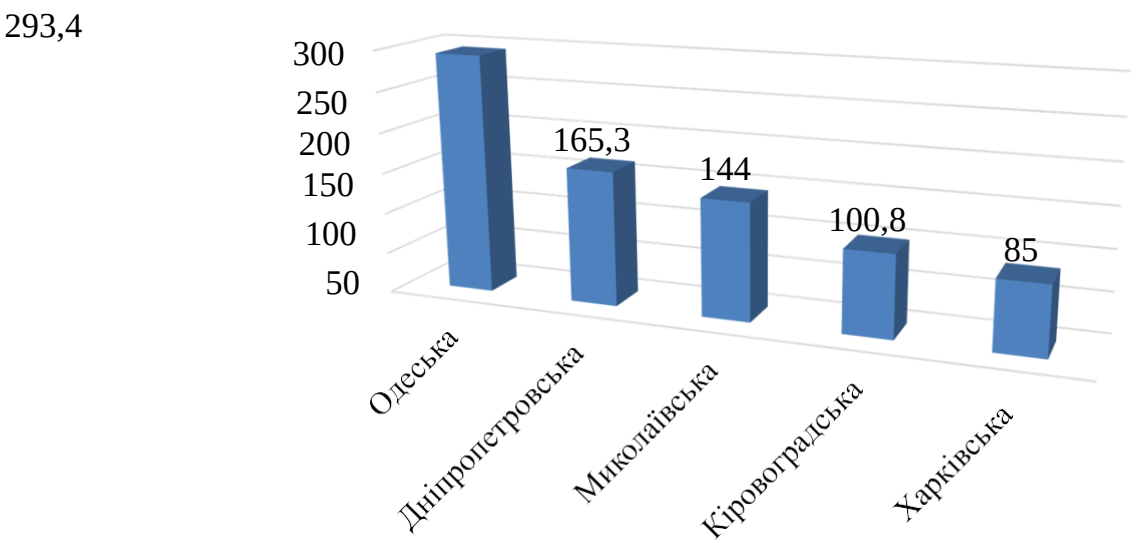


Рисунок 1.3 – Регіони України з найбільшими площами посівів ячменю.

Як показують наведені дані, Дніпропетровська область залишається одним із провідних регіонів з вирощування ячменю. Урожайність цієї культури суттєво залежить від правильного дотримання агротехнічних заходів та ефективного управління всіма стадіями виробничого процесу. Середні показники врожайності ячменю в українських господарствах за останні три роки наведені на рис. 1.4.

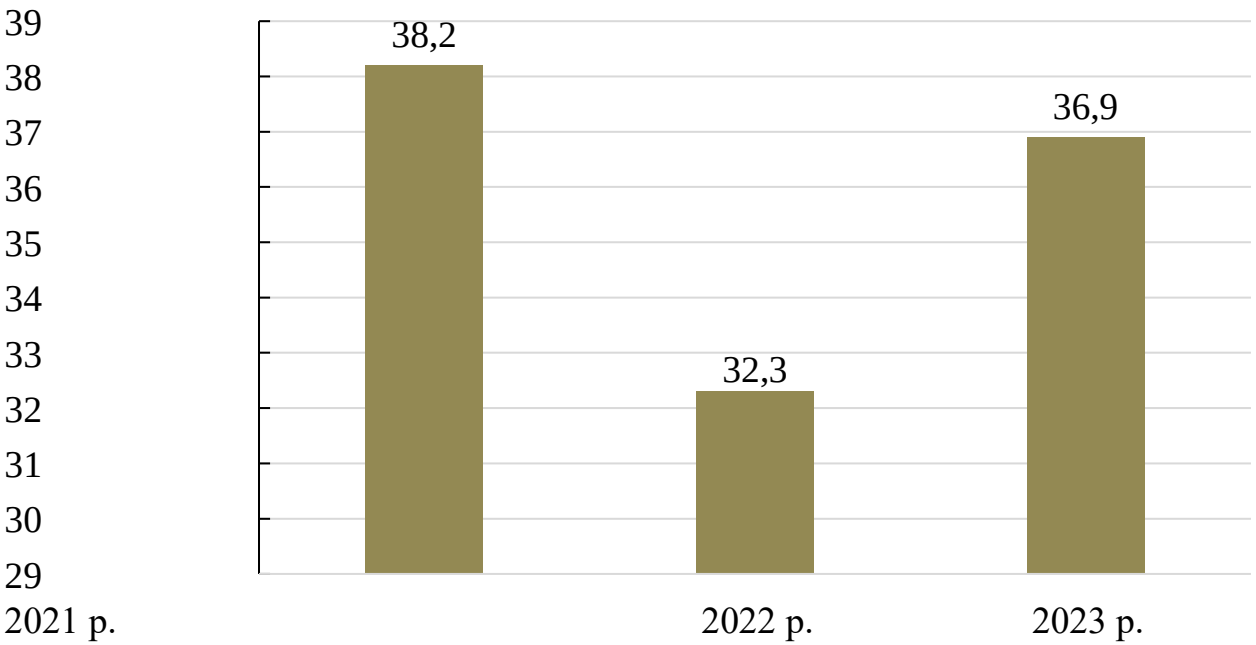


Рисунок 1.4 – Середня врожайність ячменю в Україні у 2021–2023 роках.

Падіння врожайності ячменю у 2022 році було спричинене як воєнними обставинами, зокрема скороченням посівних площ, так і труднощами у забезпеченні оптимальних умов для росту культури. Одними з головних викликів того періоду стали проблеми з логістикою, що ускладнили доставку добрив, засобів захисту рослин та інших важливих ресурсів.

Окрім зазначених факторів, рівень врожайності ячменю безпосередньо залежить від правильно обраної технології вирощування та комплексу агротехнічних заходів, що її супроводжують [1, 4]. У зв’язку з цим постає необхідність детального аналізу існуючих технологій обробітку культури та визначення найбільш ефективних методів її вирощування в умовах Дніпропетровської області.

1.2 Особливості технології вирощування ячменю

Вирощування будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема ячменю, необхідно розпочинати з правильного вибору попередника. Для цієї культури оптимальними попередниками є бобові, картопля та кукурудза [1, 2, 4]. Однак, у випадку озимого ячменю кукурудза, хоча й вважається гарним попередником, збирається занадто пізно, що не дозволяє рослинам досягти необхідної фази розвитку до зими. Тому для озимого ячменю найбільш придатними культурами-попередниками є бобові та картопля. Не рекомендується висівати ячмінь після соняшнику, цукрових буряків та жита, оскільки це може негативно вплинути на врожайність.

Оскільки в даному випадку планується вирощування ярого ячменю, його розміщують у сівозміні на полях, які звільнилися після збирання кукурудзи на зерно. Особливу увагу при вирощуванні культури слід приділяти рівню забур'яненості полів, оскільки бур'яни значно знижують урожайність, пригнічуючи ріст ячменю.

Технологія підготовки ґрунту залежить від попередника та обраної системи обробітку. В Україні найпоширенішими є класична, мінімальна та, меншою мірою, нульова технології вирощування ячменю. Для дипломного проєкту вибір оптимальної технології буде здійснено після аналізу наукових публікацій щодо ефективності різних агротехнічних методів.

Класична технологія передбачає виконання комплексу ґрунтообробних операцій, які включають дискування або лущення стерні залежно від попередника, оранку на глибину до 27 см, а також додаткові заходи щодо збереження вологи навесні [2]. Підготовка ґрунту до сівби здійснюється за допомогою культиваторів або комбінованих ґрунтообробних агрегатів, які мають низку переваг. Зокрема, вони забезпечують якісну обробку ґрунту навіть при значній кількості пожнивних решток, наприклад, після кукурудзи. Крім того, використання комбінованої техніки дозволяє скоротити кількість проходів по полю, що мінімізує ризик ущільнення ґрунту. Оскільки ярий ячмінь має слабко розвинену кореневу систему, яка переважно розташована у верхніх шарах ґрунту, тому щільність ґрунту відіграє ключову роль у його розвитку. Для забезпечення оптимальних умов вегетації необхідно максимально зберігати вологу. Одним із важливих агротехнічних заходів є ранньовесняне боронування, яке не лише зменшує втрати вологи, а й ефективно стримує розвиток бур'янів.

Сівбу ярого ячменю слід проводити якомога раніше, щойно ґрунтові умови дозволять вийти в поле посівному агрегату. Найчастіше це відбувається наприкінці березня. Головна мета ранніх строків посіву – забезпечити достатню кількість вологи у посівному шарі для стартового розвитку культури. Надалі рослина зможе використовувати вологу з глибших горизонтів ґрунту.

Оптимальна норма висіву визначається залежно від регіону вирощування та рекомендацій виробників насіння. У більшості випадків цей показник коливається в межах 3–5 млн насінин на гектар [4, 5]. Для підвищення врожайності обов'язковою процедурою є передпосівне протруювання насіннєвого матеріалу, наприклад, препаратами Круїзер (0,5 л/т) або Тебуконазол (0,5 л/т). Також рекомендовано

застосовувати стимулятори росту, зокрема гумат калію.

Посів здійснюється з міжряддям 12,5–17 см насінням сортів, таких як Себастьян, Вакула, Луран та інших. Глибина загортання насіння визначається залежно від природно-кліматичних умов регіону. У середньому вона становить 4–5 см, але в посушливих зонах може збільшуватися до 6–7 см, а в окремих випадках – до 8 см.

Під час сівби ячменю доцільно одночасно вносити стартові мінеральні добрива, наприклад, нітромофоску в кількості 100–150 кг/га. Ця культура добре реагує на додаткове живлення, тому протягом вегетації слід проводити кілька підживлень. Одним із результативних методів є внесення аміачної селітри в обсязі до 150 кг/га. Окрім того, ефективним способом підвищення врожайності є позакореневе підживлення карбамідом (5 кг/га) у поєднанні з сульфатом магнію (2–2,5 кг/га).

Комплексний догляд за посівами ячменю обов’язково передбачає використання засобів захисту рослин, спрямованих на боротьбу з хворобами та шкідниками. Щоб знизити ризик грибкових уражень, необхідно застосовувати фунгіциди, зокрема Прима (0,5 л/га), Флексі (0,2 л/га), Рекс Дуо (0,4 л/га) та інші препарати. Для захисту від шкідників рекомендується використовувати інсектициди, такі як Фастак (0,15 л/га) або Бі-58 (1,2 л/га). Захворювання можуть спричиняти значні втрати врожаю, які іноді сягають 70 %, тому профілактичні заходи є ключовими для забезпечення прибутковості виробництва.

На фазі кущення важливо провести внесення гербіцидів, які контролюють рівень забур’яненості полів. Для стимуляції росту та підвищення якості зерна можна застосовувати спеціальні біостимулятори, наприклад, Мікрокат Зерновий (2 г/га). Усі препарати захисту рослин використовуються у вигляді робочих розчинів з об’ємом від 70 до 200 л/га та вносяться польовими обприскувачами.

Збирання врожаю ячменю здійснюється самохідними комбайнами після того, як вологість зерна знижується до 15–18 %. Для високорослих сортів або полеглих посівів може застосовуватися роздільний метод збирання. Після збирання врожай необхідно довести до нормативних показників вологості шляхом досушування у стаціонарних умовах. Важливим аспектом є правильне налаштування молотильного та сепарувального механізму комбайна, оскільки зерно ячменю має ніжну структуру і може легко пошкоджуватися при невідповідному режимі роботи техніки.

1.3 Аналіз досліджень щодо ефективності технологічних прийомів при

вирощуванні ячменю

Технологічні заходи при вирощуванні ячменю відіграють ключову роль у формуванні високої врожайності культури. Серед найважливіших факторів, що впливають на кінцевий результат, особливе значення мають система обробітку ґрунту та стратегія внесення добрив [6-12]. Для глибшого розуміння ефективності цих процесів варто звернутися до наукових досліджень українських вчених у даній галузі.

Серед численних методів обробітку ґрунту особливе значення надається оранці, плоскорізному обробітку та використанню дискових агрегатів. Глибина їх проведення варіюється в межах 12–18 см, залежно від агрокліматичних умов та специфіки вирощування культури. Наукові дослідження [8, 9, 11-12] активно висвітлюють вплив мінімального обробітку ґрунту на продуктивність ярого ячменю.

Зокрема, у роботі [8] доведено, що в умовах несприятливого клімату рівень урожайності ярого ячменю суттєво визначається вибором системи основного обробітку ґрунту (рис. 1.5).

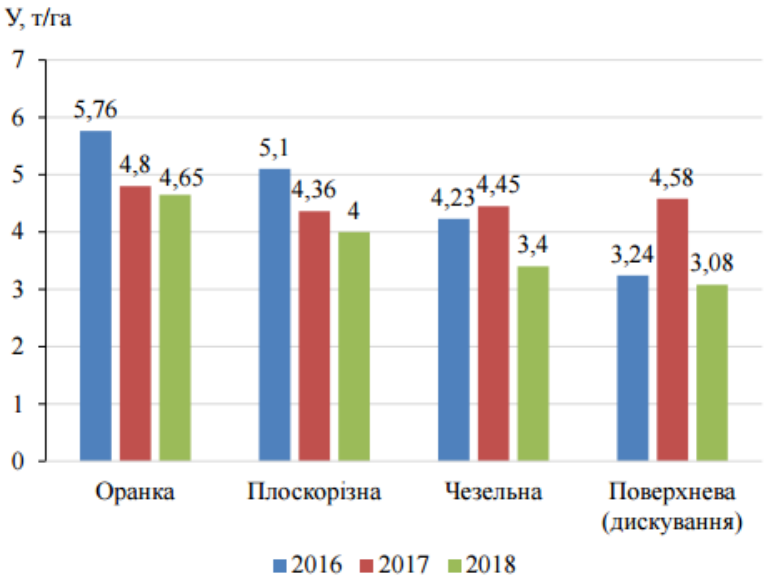


Рисунок 1.5 – Вплив методу обробітку ґрунту на врожайність ярого ячменю (складено автором за даними [8])

Аналіз отриманих даних свідчить, що за сприятливих погодних умов вибір системи обробітку ґрунту не чинить істотного впливу на врожайність. Наприклад, у 2017 році дискування на глибину 10–12 см забезпечило врожайність 4,58 т/га, що перевищувало показники, отримані при використанні плоскорізного обробітку або чизелювання. Водночас у несприятливі роки цей метод демонстрував найнижчу ефективність серед розглянутих варіантів.

У дослідженні [11] було проведено порівняльний аналіз ефективності різних

систем обробітку ґрунту для вирощування ярого ячменю, включаючи традиційну оранку, мінімальний обробіток (10–12 см), mini-till (6–8 см) і технологію No-till. Результати показали, що No-till не забезпечує високих урожаїв, демонструючи найгірші показники серед усіх варіантів. Водночас поверхневий обробіток ґрунту на 6–8 см виявився досить ефективним, забезпечивши врожайність на рівні 4,02 т/га. Для порівняння, традиційна оранка дала змогу отримати 4,16 т/га, що лише на 3,3 % перевищує врожайність при застосуванні менш глибокого обробітку. При цьому менш енергоємні методи обробітку дозволяють суттєво знизити виробничі витрати на вирощування зерна.

У роботі [12] зазначено, що внесення мінеральних добрив або поєднання органічних і мінеральних добрив дає приблизно однаковий ефект у підвищенні врожайності, незалежно від методу обробітку ґрунту. Одним із ключових показників ефективності агротехнологічних заходів, окрім загального врожаю, є маса 1000 насінин. Дослідження засвідчили, що найбільша маса зерна спостерігалася при застосуванні плоскорізного обробітку. Щодо загальної врожайності, то традиційна оранка забезпечувала найвищі показники. Проте в окремі роки різниця між методами обробітку була мінімальною, що свідчить про вирішальну роль погодних умов та запасів ґрунтової вологи, а вже на другому місці стоїть сам спосіб обробітку.

Щодо системи удобрення, то врожайність ячменю зростала пропорційно до збільшення норм внесення добрив, за умови дотримання допустимих концентрацій [6, 8-10]. Оптимальною нормою мінеральних добрив для досягнення максимальної врожайності, незалежно від методу обробітку ґрунту, є N60P30K30. Недостатнє внесення азоту призводило до помітного зниження врожайності.

Зважаючи на аналізовані дані, для дипломного проєкту обрано технологію вирощування ярого ячменю із застосуванням поверхневого обробітку ґрунту за допомогою дискових знарядь. Оскільки найкращим попередником для ярого ячменю є кукурудза, передпосівний обробіток ґрунту потребує застосування катків-подрібнювачів або комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Використання останніх має значні переваги над окремими технологічними операціями, оскільки забезпечує якісну підготовку ґрунту за меншу кількість проходів техніки, що сприяє збереженню вологи та зменшенню ущільнення ґрунту.

1.4 Огляд особливостей конструкцій машин для комбінованого

обробітку ґрунту

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур дедалі більше орієнтуються на мінімальний обробіток ґрунту. Це сприяє зменшенню кількості проходів техніки по полю, що, у свою чергу, допомагає мінімізувати його ущільнення. Використання комбінованих агрегатів не тільки скорочує кількість проходів машинно-тракторних агрегатів (МТА), а й знижує потребу у великій кількості технічних засобів. Такі агрегати можуть застосовуватися як для основного, так і для передпосівного обробітку, що робить їх універсальними та ефективними.

Окрім цього, комбіновані ґрунтообробні машини значно знижують трудові витрати у процесі вирощування сільськогосподарських культур та допомагають зменшити випаровування вологи, що позитивно впливає на водний баланс ґрунту.

Серед найвідоміших зарубіжних виробників техніки для комбінованого обробітку ґрунту слід відзначити компанії Lemken, Gregoire Besson, John Deere та інші. Вітчизняні виробники також активно працюють у цьому напрямку, серед них – ТОВ «Восход», ТОВ «Краснянське СП «Агромаш», «Уманьфермаш» та інші.

Окремої уваги заслуговують комбіновані агрегати типу компакторів або дискаторів. Зокрема, серія машин Kompakt від «Агромаш-Калина» (рис. 1.6) забезпечує ефективний комбінований обробіток ґрунту, що зазвичай виконується після оранки [13].



Рисунок 1.6 – Агрегат для обробітку ґрунту Kompakt

Даний агрегат обладнаний комплексом робочих елементів, кожен із яких виконує ключову роль у процесі обробітку ґрунту. До його конструкції входять розпушувальні лапи, що працюють у місцях проходу коліс трактора, катки для подрібнення грудок і рослинних залишків, а також кілька рядів стрілчастих лап, які здійснюють обробіток ґрунту на визначеній глибині. Завершальним елементом механізму є прикочуючі катки,

що забезпечують ущільнення ґрунту після його обробки.

Загалом, агрегат ефективно готує ґрунт до сівби, проте його продуктивність може знижуватися при значній кількості пожнивних залишків. Крім того, ця машина не призначена для глибокого основного обробітку ґрунту.

Серед комбінованих ґрунтообробних агрегатів особливо вирізняється модель TopDown від компанії Väderstad (рис. 1.7). Цей агрегат поєднує в собі кілька видів робочих органів, що забезпечують високу якість обробітку ґрунту. Його конструкція включає два ряди дискових ножів, які розрізають верхній шар, подрібнюють рослинні рештки та рівномірно перемішують їх із ґрунтом [14].

Наступним робочим органом є розпушувальні лапи, здатні працювати на глибину до 27 см, що сприяє формуванню пухкого шару, необхідного для розвитку кореневої системи рослин. За ними розташовані спеціальні вирівнювальні котки, які забезпечують рівну поверхню поля. Завершує обробіток система прикочуючих катків, що додатково подрібнюють та ущільнюють ґрунт, створюючи оптимальні умови для подальшої сівби.



Рисунок 1.7 – Комбінований агрегат для обробітку ґрунту TopDown Väderstad [14]

Цей комбінований агрегат характеризується широкими можливостями застосування в різних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Проте серед його недоліків слід відзначити значну вартість – понад 2 млн грн за модель із шириною захвату 5 м. Окрім цього, для його ефективного функціонування необхідні високопотужні трактори, що робить використання агрегату економічно невигідним або недоступним для малих і середніх фермерських господарств. Ще одним обмеженням є його непридатність для системи мінімального обробітку ґрунту.

Подібну конструкцію має культиватор Tiger MT від компанії Horsch, який розроблений спеціально для обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур, таких як кукурудза та соняшник. Його оснащення включає передній ряд дискових ножів, розпушувальні лапи та другий ряд дискових робочих органів. Завершальну стадію обробітку виконують прикочуючі котки, які сприяють створенню оптимальної

структури ґрунту.

Як і попередня машина, Tiger MT має певні обмеження у застосуванні для різних технологій вирощування культур. Крім того, використання цього агрегату для обробітку ґрунту після збирання зернових та зернобобових культур може призводити до підвищених витрат пального порівняно з дисковими агрегатами.

Українські виробники також пропонують ефективні комбіновані агрегати для обробітку ґрунту. Наприклад, АГД-2,8 ВО у своїй конструкції має каток для подрібнення пожнивних залишків, кілька рядів дискових робочих органів, розпушувальний шлейф шпорових катків та прикочуючий коток, що забезпечує ретельний обробіток ґрунту та створює сприятливі умови для висіву культур (рис. 1.8). Завдяки продуманій конструкції цей агрегат забезпечує якісну підготовку ґрунту та може ефективно працювати за різних умов, що робить його універсальним у використанні.



Рисунок 1.8 – Агрегат для обробітку ґрунту **АГД-2,8**

Представлений агрегат має обмежену модельну лінійку з максимальною шириною захвату до 3,5 м, що значно знижує його продуктивність і обмежує можливість застосування в середніх і великих агропідприємствах.

Водночас комбінований дисковий агрегат DK-4000, вироблений заводом Агротех, забезпечує якісний обробіток ґрунту незалежно від типу попередника та демонструє високу ефективність навіть за значної кількості пожнивних залишків (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Універсальний дисковий агрегат DK-4000 [15]

Цей агрегат для обробітку ґрунту оснащений масивним катком, що подрібнює пожнивні рештки, кількома рядами дискових елементів для ґрунтообробки, а також здвоєним прикочуючим катком, який забезпечує вирівнювання та ущільнення ґрунтової поверхні [15].

До недоліків даної машини можна віднести порівняно невелику ширину захвату, що не перевищує 4 метрів, а також високу вартість, яка становить 800–900 тис. грн.

У зв’язку з цим виникає необхідність удосконалення наявної ґрунтообробної техніки без значних фінансових витрат. Зокрема, доцільним рішенням може стати встановлення додаткових катків-подрібнювачів на важкі дискові борони. Це дозволить покращити ефективність обробітку ґрунту, зберігаючи водночас значно нижчі витрати порівняно з придбанням нової машини.

1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту

Ячмінь є однією з найпоширеніших зернових культур у світовому сільському господарстві. За обсягами виробництва він посідає четверте місце, поступаючись лише пшениці, кукурудзі та рису. Високий рівень вирощування цієї культури зумовлений її значною роллю у виробництві кормів для тварин, а також частковим використанням у харчовій промисловості.

В Україні площі під посівами ячменю варіюються від 1,4 до 1,7 млн га залежно від року, проте врожайність залишається нестабільною. Досягнення високих показників врожайності значною мірою залежить від правильного застосування технологічних прийомів. Наукові дослідження підтверджують, що ключовими факторами, що впливають на продуктивність ярого ячменю, є система обробітку ґрунту та внесення добрив.

Одним із ефективних методів є поверхневий обробіток ґрунту на глибину 10–12

см, який зазвичай виконується дисковими боронами або комбінованими агрегатами. Однак, при обробітку полів після кукурудзи часто виникають труднощі із забезпеченням належної якості виконання цієї операції.

З метою оптимізації витрат на обробіток ґрунту під час вирощування ярого ячменю, а також для забезпечення високої якості виконання агротехнічних заходів, необхідно удосконалювати застосовувані методи та обладнання. Для забезпечення якісного обробітку ґрунту доцільно використовувати комбіновані агрегати. Проте вартість сучасної техніки для основного та передпосівного обробітку є досить високою: імпортні агрегати можуть коштувати до 2,5 млн грн, тоді як вітчизняні аналоги – до 1 млн грн. У зв’язку з цим виникає необхідність модернізації наявних ґрунтообробних машин у господарстві, адаптуючи їх до специфічних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Метою даного дипломного проєкту є оптимізація використання техніки при вирощуванні ярого ячменю та розробка конструкції катка-подрібнювача.

Досягнення цієї мети передбачає виконання таких завдань:

– Аналіз сучасних технологій вирощування ячменю та технічних рішень у даній сфері.

– Проєктування технологічних процесів, що застосовуються для вирощування культури.

– Модернізація конструкції дискової борони шляхом оснащення її катком-подрібнювачем.

– Виконання розрахунків на довговічність конструктивних елементів катка-подрібнювача.

– Визначення ключових вимог з охорони праці при виконанні ґрунтообробних робіт та електродугового ручного зварювання.

– Проведення техніко-економічного обґрунтування запропонованого рішення.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ

2.1 Розробка технологічних процесів виробництва ячменю ярого

У даному дипломному проєкті для вирощування ярого ячменю застосовується технологія мінімального обробітку ґрунту. Основною характеристикою цієї методики є використання дискового агрегату, обладнаного катком-подрібнювачем, що сприяє ефективному руйнуванню залишків рослинності. Конструкція катка дозволяє регулювати його вагу шляхом наповнення внутрішніх порожнин водою, що дає змогу адаптувати його роботу до різних аграрних умов.

Розглянемо ключові технологічні етапи вирощування культури. Основний обробіток ґрунту проводиться модернізованою дисковою бороною John Deere 637 у комплексі з трактором John Deere 8335R на глибину до 16 см. Оскільки попередником для ячменю є кукурудза, під час дискування агрегат працює з підвищеним навантаженням на катки-подрібнювачі, що забезпечується їх додатковим обтяженням водою. Виконання цієї операції заплановане на другу половину жовтня після збирання кукурудзи.

Весняний передпосівний обробіток ґрунту здійснюється одразу перед сівбою з одночасним внесенням мінеральних добрив. Орієнтовні строки проведення – кінець березня або початок квітня залежно від погодних умов.

Сівба здійснюється насінням сорту Дев’ятий вал із нормою висіву 180–200 кг/га. Як мінеральне добриво використовується нітромофоска в дозуванні 120 кг/га.

Для боротьби з бур'янами через 3–5 днів після сівби застосовується гербіцид Прима в кількості 0,5 л/га з використанням 120–150 л/га робочого розчину. У першій половині травня планується внесення фунгіцидів Рекс-Дуо (0,4 л/га) і Фалькон (0,6 л/га), яке поєднується з позакореневим підживленням карбамідом (5 кг/га) і сульфатом магнію (2,5 кг/га). За необхідності, наприкінці квітня – на початку травня проводиться додаткове підживлення аміачною селітрою (150 кг/га) за допомогою розкидача мінеральних добрив.

На початку червня, під час завершення фази кущення, для захисту культури від шкідників і стимуляції її росту виконується обробка регулятором росту Терпал (1,5 л/га) та інсектицидом Фастак (0,15 л/га). Ці препарати застосовуються одночасно у вигляді бакової суміші з нормою 120–150 л/га.

Збирання врожаю здійснюється самохідними комбайнами. Враховуючи всі заплановані технологічні заходи, формується план механізованих робіт. Для розрахунку параметрів технологічної карти використовується загальноприйнята методика [16].

Окрім основних агротехнічних операцій, план включає допоміжні заходи, зокрема транспортування насіння, добрив, води, а також завантаження й перевезення необхідних матеріалів.

Технологічна карта містить 23 колонки, в яких представлено ключові дані про вирощування культури. Заповнення карти розпочинається з нумерації операцій, їхніх назв і агротехнічних вимог. У колонці №5 зазначається загальний обсяг передбачених робіт.

Враховуючи наявний парк сільськогосподарської техніки господарства, визначаються оптимальні склади МТА для кожної операції, які фіксуються у колонках 9–11. Далі для кожного агрегату вносяться відповідні нормативні показники у колонках 14 і 19, включаючи продуктивність і витрати пального.

Розглянемо розрахунок продуктивності під час виконання дискування стерні після кукурудзи. Для цього використовується агрегат, що включає трактор John Deere 8335R і дискову борону John Deere 637 із шириною захвату 8,9 м.

Значення продуктивності агрегату (виробіток за годину змінного часу) вноситься до колонки 13 та обчислюється за формулою (2.1). Нормативні показники продуктивності визначаються на основі господарських параметрів або відповідно до встановлених норм виробітку й витрат пального [17, 18, 29].

Для обраного агрегату, що включає трактор John Deere 8335R і дискову борону John Deere 637 із шириною захвату 8,9 м, нормативна продуктивність становить 54,6 га/зм. Враховуючи це, проводиться розрахунок продуктивності за годину змінного часу (2.1).

$$W_{\text{доб}} = \frac{54{,}6}{7} = 7{,}8 \text{ га/год}$$

Розрахунок добової продуктивності агрегату для дискування виконується за формулою (2.2).

Залежно від організації роботи, може використовуватися одно- або двозмінний режим. У даному випадку приймаємо тривалість робочого дня 14 годин, це значення вноситься у колонку №8 плану механізованих робіт.

Для внесення пестицидів встановлюється робочий режим із тривалістю зміни 12

годин на добу.

Отже отримаємо:

$$W_{доб} = 7{,}8 \cdot 14 = 109,\ 2 \text{ га / добу}$$

Мінімальну кількість МТА, необхідну для вчасного виконання технологічної операції, розраховуємо за формулою (2.3).

З урахуванням зазначених параметрів отримаємо:

$$n = \frac{315}{109{,}2 \cdot 5} = 0{,}57 \text{ од.}$$

Отже, для виконання операції дискування вибирається один агрегат.

Наступні розділи технологічної карти містять інформацію про потребу в обслуговуючому персоналі. Кількість працівників, залучених до роботи з МТА, визначається на основі встановлених нормативів у господарстві. У сучасних умовах керування машинно-тракторним агрегатом виконує один механізатор без додаткової допомоги. Водночас, на окремих етапах технологічного процесу, що потребують ручної праці (наприклад, завантаження матеріалів або контроль роботи садильних машин), можуть залучатися додаткові працівники. Відповідна кількість основного та допоміжного персоналу фіксується у колонках №17 і №18.

Нормативні значення питомої витрати пального визначаються відповідно до внутрішніх норм підприємства або довідкових даних [17–19]. Отримані розрахунки заносяться до колонки №19 плану механізованих робіт. Якщо витрати пального зазначені в л/га, їх необхідно перевести у відповідні одиниці виміру.

Щоб конвертувати витрату пального з л/га у кг/га, отримане значення множиться на густину пального.

Для операції дискування нормативна витрата пального прийнята на рівні 6,75 кг/га.

Загальний обсяг пального, необхідного для виконання технологічної операції, розраховується за формулою (2.5).

Для вибраної операції дискування проводиться відповідний розрахунок за цією формулою:

$$G = 6{,}75 \cdot 315 = 2126 \text{ кг}$$

Планування процесу вирощування сільськогосподарських культур передбачає розрахунок витрат на виплату заробітної плати працівникам, які залучені до виконання технологічних операцій. Найоптимальніший підхід до цього – визначення витрат на основі питомих затрат праці.

Розрахунок питомих затрат праці для виконання технологічної операції проводиться за такою формулою: (2.6)

Таким чином при виконанні дискування ґрунту отримаємо:

$$З_{п} = \frac{1}{7,8} = 0,128 \text{ люд} - \text{год/га}$$

Загальні витрати робочого часу на виконання технологічної операції дискування ґрунту визначаються шляхом множення питомих затрат праці на запланований обсяг робіт:

$$З_п = 0,128 \cdot 315 = 40,38 \text{ люд-год.}$$

Визначити загальну кількість нормо-змін можливо за таким виразом: (2.7)

Для виконання операції дискування за допомогою МТА, що складається з трактора John Deere 8335R та дискової борони John Deere 637, здійснюємо відповідний розрахунок:

$$Н_{зм} = \frac{315}{54,6} = 5,77 \text{ нормо} - \text{змін}$$

Розрахунки, пов’язані з проектуванням інших механізованих операцій у процесі вирощування ярого ячменю, здійснюються за аналогічною методикою. Отримані результати заносяться до **додатку А**.

2.2 Розробка операційно-технологічної карти на виконання дискування ґрунту

Обробіток ґрунту є одним із ключових етапів у процесі вирощування сільськогосподарських культур. Його основною метою є формування оптимального орного та посівного шару, покращення агрофізичних властивостей ґрунту, боротьба з бур'янами та накопичення вологи.

Щільність ґрунту відіграє важливу роль у проростанні насіння, розвитку сходів, рості культурних рослин та формуванні їхньої кореневої системи. Завдяки роботі ґрунтообробних агрегатів вдається створити необхідні параметри щільності, що сприяє підвищенню врожайності.

Операційно-технологічна карта зазвичай формується на основі стандартної

методики та включає наступні розділи [20]:

- Призначення операції та умови її виконання.
- Агротехнічні вимоги до процесу обробітку.
- Визначення складу та режимів роботи МТА.
- Підготовка агрегату до виконання технологічного процесу.
- Підготовчі роботи на полі: розбивка на загінки, позначення поворотних смуг тощо.
- Виконання технологічної операції на загінці.
- Оцінка якості проведеного дискування.
- Дотримання норм охорони праці та екологічних вимог.

Вихідні параметри для складання операційно-технологічної карти:

- Площа поля: 85 га
- Довжина гону: 950 м
- Попередня культура: кукурудза
- Ширина захвату дискового агрегату: 8,9 м

Призначення технологічної операції та умови виконання:

Дискові агрегати застосовуються в системі основного ґрунтообробітку та виконують такі функції:

- Розпушування верхнього шару ґрунту до 20 см.
- Підрізання та подрібнення бур’янів з їх подальшим перемішуванням із землею.
- Усунення тріщин на поверхні ґрунту.
- Внесення та рівномірне перемішування пожнивних решток.
- Створення парникового ефекту, що стимулює проростання бур’янів.

Зважаючи на те, що попередником для ярого ячменю є кукурудза, обробка здійснюватиметься за допомогою дискової борони John Deere 637, яка може бути обладнана як гладкими сферичними, так і вирізними дисками.

Одним із ключових факторів, що впливають на ефективність роботи дискових агрегатів, є висота незібраної частини врожаю. Для культур із грубостебловою структурою оптимальна висота стерні перед обробітком повинна становити 15–25 см, а товщина пожнивних залишків – 30–45 мм.

Оцінюючи агрофон, необхідно враховувати тип ґрунту та його опір під час різання

та подрібнення. Вирішальним чинником є механічний склад ґрунту, що впливає на ефективність дискування та потребує врахування при плануванні технологічного процесу.

Агротехнічні вимоги до виконання дискування після грубостеблових культур:

- Глибина обробітку повинна становити 16–20 см із допустимим відхиленням не більше ±2 см.
- Після проходу агрегату частки ґрунту розміром до 50 мм мають складати не більше 75 % від загального об'єму.
- Вміст пиловидних частинок (до 0,25 мм) не повинен зростати після виконання операції.
- Корені бур'янів та пожнивні залишки повинні бути повністю підрізані, подрібнені та частково (не менше 50 %) загорнуті в ґрунт.
- Максимальна висота гребенів на поверхні поля не повинна перевищувати ±4 см від середнього рівня.
- Дискові агрегати повинні забезпечувати відповідні якісні показники незалежно від попередника та за вологості ґрунту в межах 17–27 %.

Визначення складу та режимів роботи МТА:

Розрахунок параметрів функціонування машинно-тракторного агрегату (МТА) для виконання дискування проводиться в робочому режимі, з урахуванням максимально допустимого навантаження на трактор та оптимальної швидкості руху.

Загальний тяговий опір дискового агрегату визначається за формулою (2.8).

Опір, що виникає під час взаємодії робочих органів дискової борони із ґрунтом, розраховується за виразом (2.9).

Для МТА на дискування отримаємо:

$$R_{р.о.} = 4 \cdot 890 \cdot 16 = 56960H = 56{,}96кН$$

Тяговий опір перекочування знаряддя змайдемо за формулою: (2.10)

З врахуванням наведених даних маємо:

$$R_{пер} = 5200 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}12 = 6121H = 6{,}12кН$$

Опір, який виникає при русі МТА на підйом розраховуємо за виразом: (2.11)

Для обраного складу агрегату визначаємо опір, що виникає при подоланні підйому за вище наведеною формулою:

$$R_i = 5200 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}02 = 1020H = 1{,}02кH$$

З врахуванням визначених вище елементів складових опору визначаємо загальний опір дискового знаряддя:

$$R_a = 56{,}96 + 6{,}12 + 1{,}02 = 64{,}1кH$$

Режим роботи енергетичного засобу можна оцінити за коефіцієнтом завантаження трактора за тяговим зусиллям з врахуванням обраної передачі за виразом: (2.12)

Оскільки допустимий агротехнічний діапазон швидкостей роботи дискової борони John Deere 637 становить 8–12 км/год, обраний трактор John Deere 8335R здатний забезпечити необхідний режим роботи на 9-й та 10-й передачах.

Тягові характеристики трактора на цих передачах такі:

– 9 передача: робоча швидкість – 8,88 км/год, тягове зусилля – 81,26 кН.

– 10 передача: робоча швидкість – 10,29 км/год, тягове зусилля – 70,63 кН.

Таким чином, для двох вказаних передач трактора John Deere 8335R отримаємо:

$$\eta_{m9} = \frac{64{,}1}{84{,}26 - 180 \cdot 0{,}02} = 0{,}82$$

$$\eta_{m9} = \frac{64{,}1}{70{,}63 - 180 \cdot 0{,}02} = 0{,}95$$

За основну передачу приймаємо 10-ту, оскільки вона забезпечує кращий ступінь завантаження трактора порівняно з 9-ю передачею. Крім того, на цій передачі швидкість руху вища, що дозволяє підвищити продуктивність машинно-тракторного агрегату під час виконання дискування.

Підготовка МТА до виконання технологічної операції

Перед початком дискування необхідно провести технічний огляд агрегату, щоб переконатися у його справності. Зокрема, слід перевірити:

– Стан обертових елементів, забезпечити вільне провертання дискових батарей без осьового люфту.

– Величину зазору між дисками та опорною поверхнею – вона не повинна перевищувати 6 мм.

– Стан ріжучих кромок дисків – їх товщина має становити не більше 0,5 мм.

– Кут заточування робочих органів – він має бути в межах 50° ± 2°, що

перевіряється за допомогою шаблону.

Агрегатування дискового знаряддя проводиться відповідно до встановлених вимог та нормативів. Після приєднання до трактора необхідно:

– Перевірити паралельність розташування секцій борони відносно її поздовжньої осі.

– Відрегулювати кут атаки дискових батарей за допомогою спеціальних механізмів.

– Протестувати роботу гідросистеми для забезпечення плавного переведення агрегату з транспортного положення у робоче та навпаки.

– Для причіпних дискових борін обов’язково виконується горизонтальне вирівнювання за допомогою гвинтових механізмів, що забезпечує рівномірність обробітку ґрунту.

Підготовка поля до роботи МТА:

Перед початком виконання технологічної операції необхідно визначити напрям руху агрегату. Як правило, він обирається вздовж довшої сторони поля для зменшення кількості розворотів та підвищення продуктивності роботи.

Наступним етапом є відбивання поворотних смуг на краях поля. Важливо, щоб їхня ширина була кратною ширині захвату машинно-тракторного агрегату (МТА).

Для виконання дискування використовується човниковий спосіб руху, який забезпечує рівномірний обробіток ґрунту. У разі, якщо поле має нерегулярну форму, доцільно застосовувати круговий спосіб руху.

Мінімальну ширину поворотної смуги визначаємо за формулою: (2.13-2.16)

Приймаємо для трактора – 2,1 м, борони – 7,7 м.

Отже отримаємо:

$$L_a = 2{,}1 + 7{,}7 = 9{,}8\ м$$

$$e = 0{,}6 \cdot 9{,}8 = 5{,}88\ м$$

$$R = 1{,}1 \cdot 8{,}9 \cdot 0{,}96 = 9{,}4\ м$$

$$E = 1{,}1 \cdot 9{,}4 + 5{,}88 = 16{,}22\ м$$

Мінімальну ширину поворотної смуги слід узгодити з робочою шириною захвату

МТА, яка становить 8,55 м. Враховуючи це, оптимальне значення ширини поворотної смуги приймається на рівні 17,1 м, що забезпечить зручність розворотів і ефективність виконання технологічної операції. Ефективність обраного способу руху агрегату можна оцінити за параметром коефіцієнт робочих ходів: (2.17-2.19)

З врахуванням розрахованих раніше даних маємо:

$$L_{xx} = 7 \cdot 9,4 = 65,8 м$$

$$L_p = 950 - 2 \cdot 17,1 = 915,8 м$$

$$\varphi = \frac{915,8}{915,8 + 65,8} = 0,933$$

Так як коефіцієнт робочих ходів вище 0,9 вважаємо, що обраний спосіб руху є раціональним для виконання дискування.

Робота МТА в загінці. Визначаємо продуктивність МТА для дискування (2.20).

Коефіцієнт використання часу розраховуємо за формулою: (2.21)

Робочий час зміни можна визначити з врахування затрат на простої та холості ходи МТА за формулою: (2.22)

Тпз=4хв;

Приймаємо $T_ф$ = 30 хв;

Приймаємо $T_{пер}$ = 26 хв;

Коефіцієнт що враховує затрати часу на виконання поворотів МТА розраховуємо за виразом: (2.23)

Коефіцієнт повороту становить:

$$\tau_{пов} = \frac{5 \cdot 50}{3,6 \cdot 950} = 0,073$$

Коефіцієнт використання робочого часу зміни приймаємо рівний 0,85. Таким чином, продуктивність МТА складе:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 8,9 \cdot 10,29 \cdot 7 \cdot 0,85 = 54,6 га/зм$$

Питому витрату пального під час дискування ґрунту машинно-тракторним агрегатом John Deere 8335R + дискова борона John Deere 637 визначаємо на основі годинної витрати пального в робочому режимі та продуктивності агрегату.

Згідно з [20, табл. 3.1], тягова потужність трактора John Deere 8335R на 10-й передачі становить 201,8 кВт, а питома витрата пального – 0,261 кг/кВт·год.

Відповідно, годинна витрата пального для даного режиму роботи складає:

201,8 кВт × 0,261 кг/кВт·год = 52,67 кг/год.

З урахуванням продуктивності МТА, яка становить 54,6 га/зм або 7,8 га/год, витрату пального на одиницю виконаної роботи визначаємо за допомогою ділення годинної витрати пального на виконання дискування становить 6,75 кг/га

Контроль та оцінка якості виконання дискування. Оцінювання якості проведеної операції здійснюється шляхом порівняння фактичних показників із встановленими агротехнічними вимогами.

– Глибина обробітку вимірюється лінійкою по всій ширині захвату агрегату не менше ніж у 28 точках. Якщо відхилення перевищує ±2 см, необхідно виконати коригування налаштувань дискової борони.

– Оцінку якості підрізання бур’янів та пожнивних залишків проводять шляхом розкриття борозни розміром 15–20 см у ширину та до 10 см у довжину. Аналіз співвідношення підрізаних бур’янів до загальної засміченості дає змогу оцінити ефективність роботи агрегату.

– Подрібнення рослинних залишків перевіряють візуальним способом.

– Ступінь кришення ґрунту оцінюють за допомогою рамки квадратного перерізу 1×1 м, яку випадковим чином кидають по діагоналі не менше 10 разів. Далі підраховують кількість грудок, розмір яких перевищує 50 мм.

Охорона праці при виконанні технологічних операцій**.** Основними вимогами під час проведення польових робіт є:

– Допуск до роботи лише кваліфікованих працівників, які пройшли інструктаж і медичний огляд.

– Заборона виконання ремонтних робіт під час руху МТА.

– Перед початком регулювання або ремонту агрегату обов’язкове вимкнення двигуна трактора.

– Заточування робочих органів слід проводити на спеціальному обладнанні або з використанням відповідного інструменту.

– Перебування сторонніх осіб на МТА під час роботи заборонене.

У межах дослідження розроблено план механізованих робіт з вирощування ярого ячменю за мінімальною технологією обробітку ґрунту.

Було визначено, що загальні витрати пального на виконання технологічних

операцій із вирощування ячменю на площі 315 га становлять 8599,0 кг. Таким чином, питома витрата пального на 1 га вирощуваної площі склала 28,1 кг/га.

Питома трудомісткість проектної технології склала 1,47 люд.-год/га.

Було розроблено операційну технологію дискування за участю трактора John Deere 8335R у поєднанні з дисковою бороною John Deere 637.

Раціональність вибору способу руху машинно-тракторного агрегату для дискування підтверджена коефіцієнтом робочих ходів, який становить 0,93.

Ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям на 10-й передачі становить 0,95, що свідчить про ефективне використання його потужності.

Встановлено, що змінна продуктивність агрегату сягає 54,6 га/зм, при питомій витраті пального – 6,75 кг/га.

2.3 Удосконалення конструкції дискової борони JOHN DEERE 637

2.3.1 Обґрунтування технічного рішення та особливостей удосконаленої конструкції борони

Одним із найкращих попередників для вирощування ярого ячменю є кукурудза на зерно. У разі застосування класичної технології обробітку ґрунту труднощі з його підготовкою, як правило, не виникають. Спочатку виконується дискування важкими дисковими боронами, після чого здійснюється оранка, плоскорізний обробіток або глибоке розпушування. Однак така технологія передбачає значні витрати ресурсів, особливо на етапах основного та передпосівного обробітку ґрунту.

Наукові дослідження підтверджують, що ярий ячмінь здатний забезпечувати високі врожаї навіть за умов мінімального обробітку ґрунту. Проте тут виникає певна проблема: агрегати для мінімального обробітку, зокрема дискові борони, не завжди ефективно подрібнюють пожнивні рештки після грубостеблових культур за один прохід. Виконання повторної операції не лише підвищує витрати пального, але й спричиняє надмірне ущільнення ґрунту.

Це створює потребу в поєднанні декількох типів робочих органів в єдиній ґрунтообробній машині, здатній одночасно подрібнювати пожнивні рештки та забезпечувати якісний обробіток ґрунту.

У рамках дипломного проєкту запропоновано модернізацію стандартної конструкції дискової борони John Deere 637 шляхом додавання катків-подрібнювачів (рис. 3.1).

1. Катки 1 встановлюються на передню частину борони за допомогою спеціальних кронштейнів 2, які дозволяють регулювати силу їхнього притискання до ґрунту.

2. Конструкція катка передбачає можливість збільшення його маси шляхом заповнення водою пустотілої труби, розташованої у центральній частині катка.

Таке технічне рішення дає змогу значно збільшити масу катка подрібнювача у випадку неякісної роботи в стандартній версії.

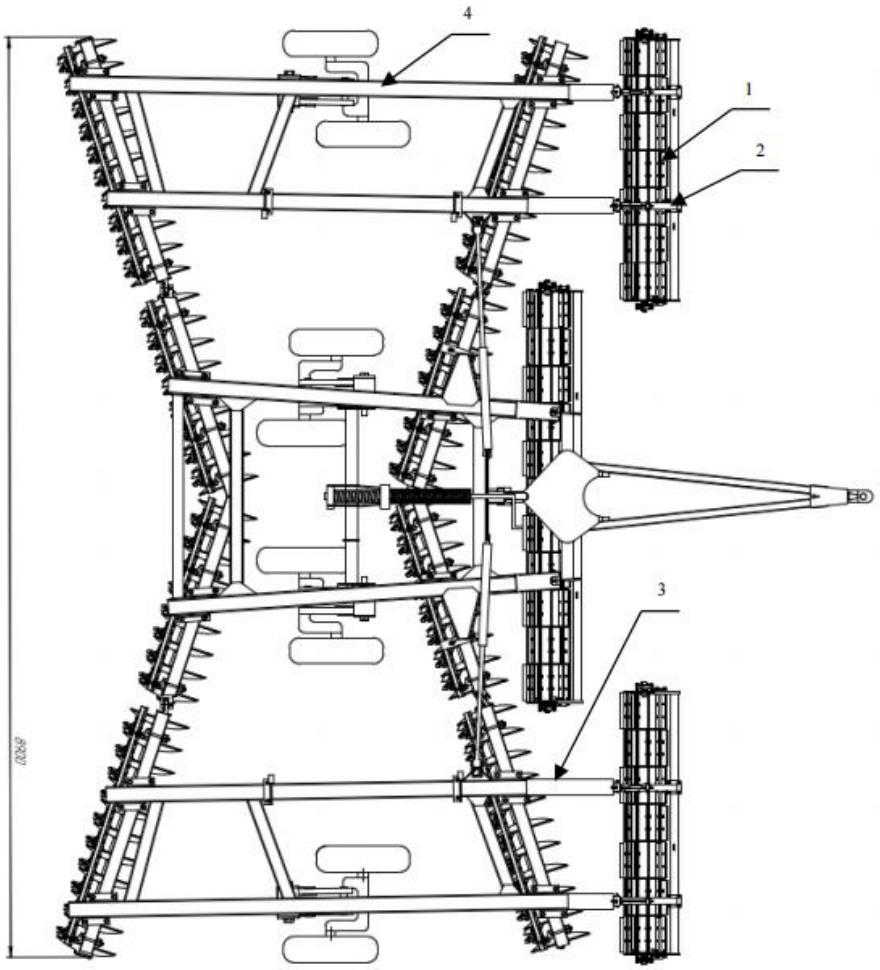


Рисунок 2.1 – Удосконалена конструкція дискової борони John Deere 637: 1 – секція катка подрібнювача; 2 – кронштейн катка; 3 – подовжувач основної рами борони; 4 – основна рама

У запропонованій конструкції передбачено встановлення трьох катків, які забезпечують ефективне подрібнення пожнивних решток:

– Центральний каток із шириною захвату 4 м, розташований у другому ряді.

– Два бокові катки, кожен із шириною захвату 2,55 м, встановлені в першому ряді.

Для закріплення бокових секцій катків до основної рами дискової борони 4

передбачено подовжувачі 3, до яких кріпляться кронштейни катків (рис. 2.1).

Таке компонування дозволяє перекрити робочі зони катків, запобігаючи утворенню необроблених ділянок, що забезпечує рівномірне та якісне подрібнення пожнивних решток.

Основна конструкція катка подібна до прикочувального катка, проте містить додаткові посилення несучих елементів для підвищення міцності та довговічності.

Каток оснащений 11 рядами ножів, які закріплені на планках у шаховому порядку (рис. 2.2). Таке розташування забезпечує рівномірне подрібнення пожнивних решток та покращує якість обробітку ґрунту.

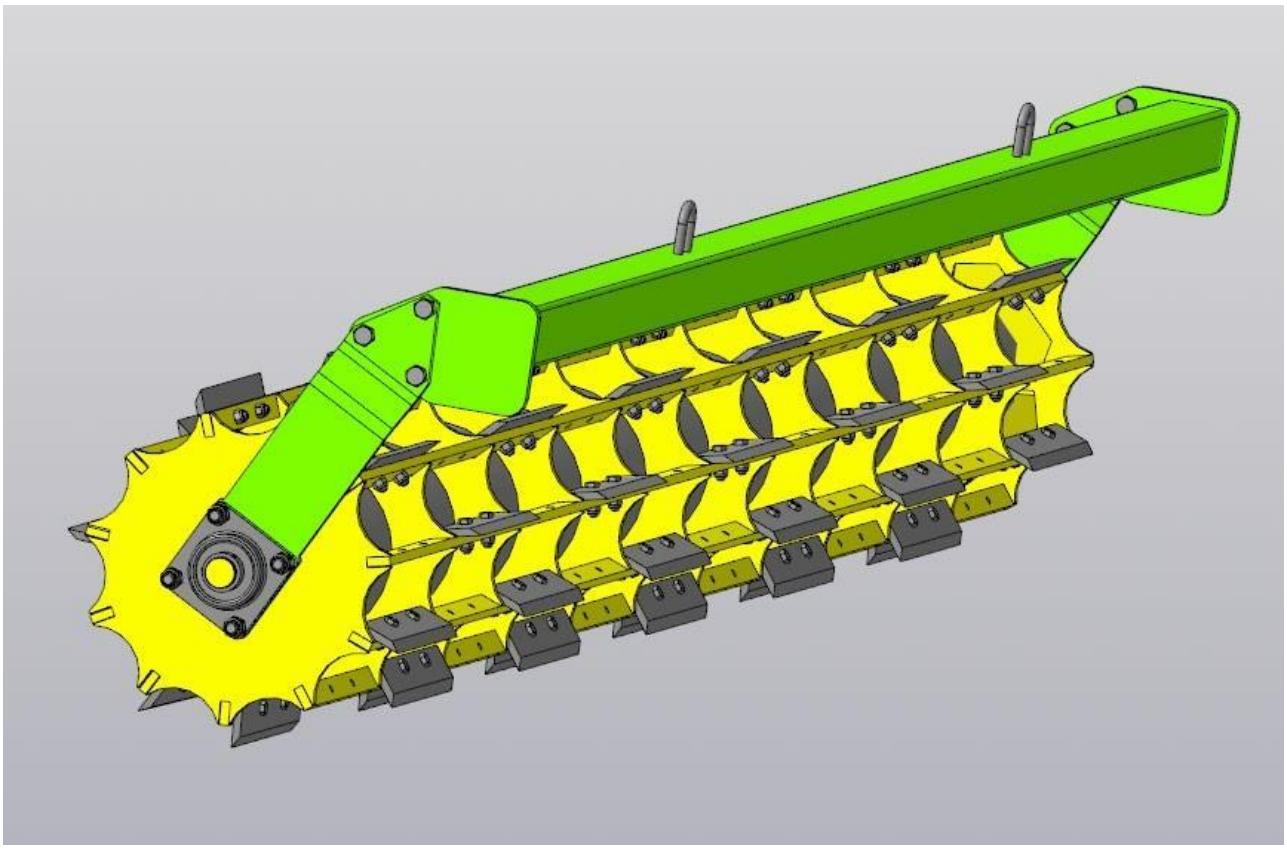


Рисунок 2.2 – Каток-подрібнювач

Кожна планка катка має отвори для кріплення ножів, що дозволяють встановлювати їх суцільним рядом. Це сприяє зменшенню розміру частинок пожнивних решток при їх подрібненні. Однак, такий підхід також призводить до збільшення тягового опору знаряддя, що необхідно враховувати при його експлуатації.

В якості опорних елементів катка використовуються стандартні підшипникові вузли, які широко застосовуються на стійках дискових борін. Завдяки цьому вони є універсальними як для базової конструкції борони, так і для додатково встановленого катка-подрібнювача.

Робочим елементом катка є ніж (рис. 2.3), виготовлений із зносостійкої

високолегованої сталі. Він кріпиться до планки катка за допомогою болтових з'єднань, що забезпечує надійність кріплення та можливість його швидкої заміни у разі зношення.

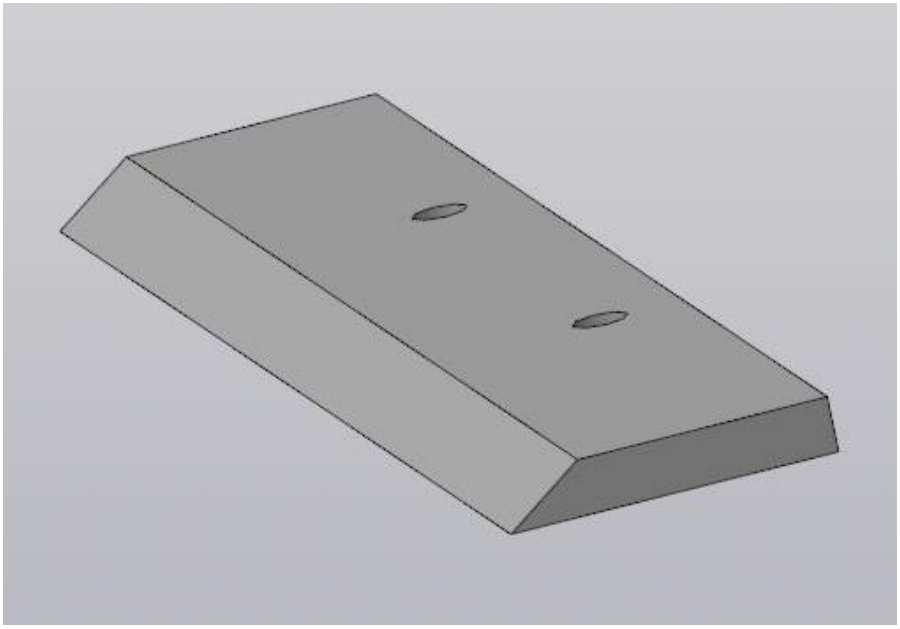


Рисунок 2.3 – Ніж катка-подрібнювача

Ніж катка має загострений один край із кутом заточування 35º. За потреби на верхню частину робочої кромки можна нанести додаткове зносостійке покриття, що забезпечить ефект самозагострення у процесі експлуатації.

Відстань між ножами, розташованими в шаховому порядку, становить 250 мм, а при суцільному встановленні – 125 мм. У разі використання суцільного розміщення ножів необхідно заповнювати внутрішню порожнину труби катка водою, щоб забезпечити достатню силу різання.

Основні складові елементи катка:

– Робочі органи – ножі (поз. 2, рис. 2.4), встановлені на планках 5, які закріплюються на фланцях 6 за допомогою зварного з’єднання.

– Центральна труба 4 діаметром 235 мм і товщиною стінки 2 мм. Заповнення труби водою (для катка довжиною 4 м) збільшує його масу на 153 кг.

– Опорна система 7, що включає фланцевий підшипниковий вузол типу UCF 208.

– Корпус підшипника закріплений через боковину 8 за допомогою болтового з’єднання до кронштейна 1, який нерухомо фіксується на балці 3 катка методом зварювання.

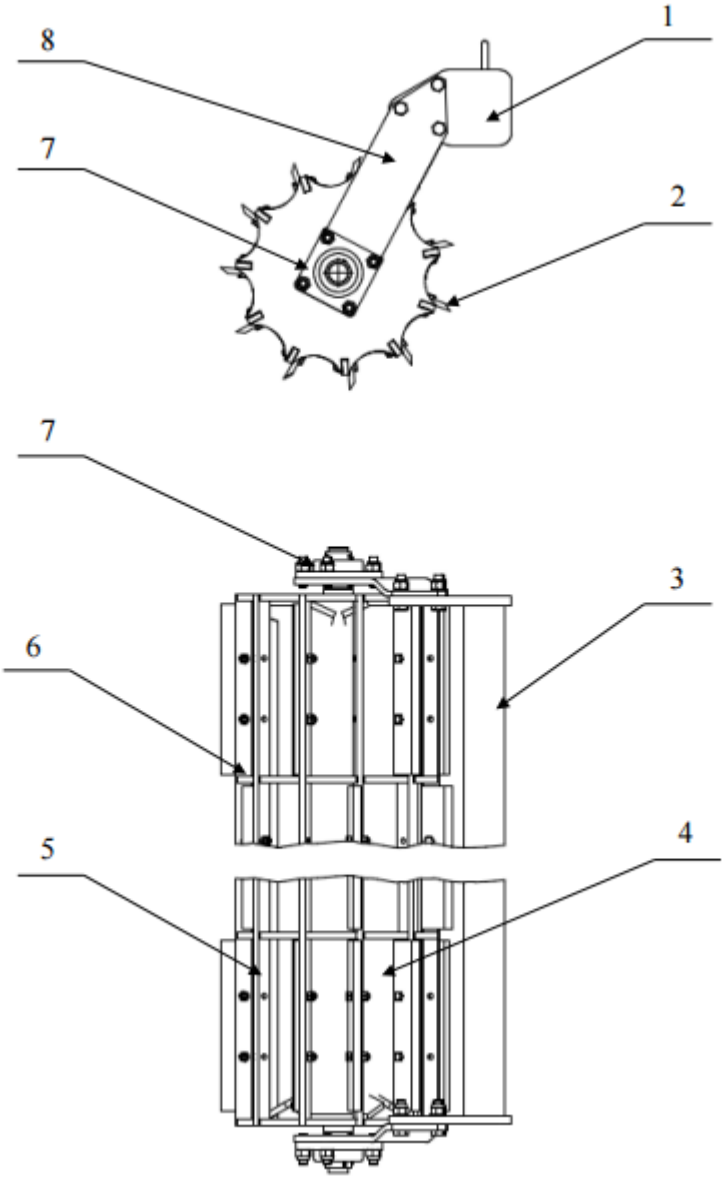


Рисунок 2.4 – Загальний вид розробленої конструкції катка-подрібнювача: 1 – кронштейн; 2 – ніж; 3 – балка; 4 – труба; 5 – планка; 6 – фланець; 7 – корпусний підшипниковий вузол; 8 – боковина.

Розроблений ґрунтообробний агрегат функціонує за наступним принципом. Катки-подрібнювачі, розташовані у передній частині, першими контактують із поверхнею поля, здійснюючи подрібнення пожнивних решток на фрагменти довжиною до 250 мм. Одночасно вони проводять попередній обробіток ґрунту, створюючи сприятливі умови для подальшої роботи дискових робочих органів. Катки-подрібнювачі виконують попередній обробіток ґрунту на глибину 3–5 см, ефективно подрібнюючи пожнивні рештки.

Далі дискові батареї здійснюють основний обробіток на задану глибину, додатково подрібнюючи залишки рослин, підрізаючи бур’яни та перемішуючи їх із ґрунтом.

Завдяки такій комбінованій роботі агрегат забезпечує якісне розпушення ґрунту навіть за значної кількості пожнивних решток від грубостеблових культур, виконуючи весь процес за один прохід.

2.3.2 Розрахунок довговічності підшипникового вузла катка-подрібнювача

Для ґрунтообробного агрегату розроблено каток-подрібнювач із можливістю збільшення власної маси за рахунок заповнення центральної труби водою. Це, своєю чергою, підвищує навантаження на підшипникові вузли, тому необхідно провести перевірочні розрахунки їхньої довговічності для двох випадків: без наповнення водою та з наповненням.

Конструкція підшипникових вузлів уніфікована як для катка шириною 4 м, так і для катка шириною 2,5 м. Проте, через значно вищі навантаження на елементи при збільшенні ширини захвату, розрахунки будуть виконані для катка-подрібнювача 4 м.

Оцінка працездатності підшипників здійснюється шляхом аналізу динамічної або статичної вантажопідйомності [21]. Вибір параметра для перевірки залежить від частоти обертання підшипника, тому першочергово необхідно розрахувати частоту обертання катка-подрібнювача, враховуючи його геометричні параметри та робочу швидкість руху агрегату.

Відповідно до попередніх розрахунків, швидкість руху дискового агрегату встановлена на рівні 10,3 км/год.

Зовнішній діаметр катка-подрібнювача, який контактує з ґрунтом, прийнято рівним 395 мм. Цей параметр визначено як діаметр зовнішньої кромки поперечних планок, до яких закріплені ножі, оскільки вони мінімально заглиблюються у ґрунт порівняно з ріжучими елементами подрібнювача.

З урахуванням геометричних параметрів катка-подрібнювача та технологічних режимів роботи машинно-тракторного агрегату (МТА), обчислюємо відстань, яку проходить подрібнювач за один оберт, використовуючи формулу (2.24)

Враховуючи робочу швидкість МТА для дискування та шлях, який проходить каток-подрібнювач за один оберт, можемо визначити частоту обертання підшипника (катка) за формулою: (2.25)

Приймаємо з пункту 2.2 даної роботи – 2,86 м/с.

Отже у результаті отримаємо:

$$n_{\text{підшипника}} = \frac{2{,}86}{1{,}24} = 2{,}30 \text{ об/с}$$

У результаті перерахунку частоти обертання у об/хв, отримуємо значення 138 об/хв.

Оскільки частота обертання перевищує 1 об/хв, перевірку довговічності підшипникового вузла слід проводити за критерієм динамічної вантажопідйомності.

Розрахунок довговічності підшипників базується на величині навантаження та режимах експлуатації вузла.

Оцінку довговічності підшипникових елементів виконуємо без урахування осьових навантажень, приймаючи певне спрощення щодо їх відсутності. Це обґрунтовано тим, що під час виконання сільськогосподарських технологічних операцій робота агрегату здебільшого відбувається у прямолінійному русі.

Ресурс підшипникового вузла розрахуємо за виразом (2.26)

Приймається з технічної характеристики підшипника;

$P_{екві в}$ – еквівалентне навантаження, що діє на підшипник, Н.

Величину навантаження визначимо з формули (2.27)

Оскільки у конструкції катка-подрібнювача обертається внутрішнє кільце, приймаємо V = 1.

Оскільки обробіток ґрунту після грубостеблових культур супроводжується значними коливаннями навантажень (неоднорідність рельєфу, каміння, різна структура пожнивних решток та ґрунту), приймаємо максимальне значення $K_б$ = 3. Це забезпечує необхідний рівень довговічності підшипникового вузла.

Для дискових знарядь, що працюють при температурі не вище 35–45 ºС, приймаємо K_m = 1.

Маса катка та розподіл навантажень. Відповідно до розробленої конструкції катка-подрібнювача, при ширині захвату 4 м, стандартна маса агрегату становить 367,8 кг (3678 Н).

У випадку заповнення центральної труби водою, маса збільшується на 173 кг, що дає загальне значення 540,8 кг (5408 Н).

Оскільки конструкція передбачає два підшипникові вузли, для подальших розрахунків приймаємо половину загального навантаження на кожен підшипник. Кількість підшипникових вузлів у конструкції катка-подрібнювача становить 2 шт.

Приймається, що навантаження рівномірно розподіляється по всій ширині захвату агрегату.

З урахуванням цих даних визначаємо значення мінімального та максимального навантаження на підшипникові опори для двох варіантів експлуатації:

– Без наповнення водою: рівномірно розподілене навантаження на один підшипник.

– З наповненням центральної труби водою: збільшене навантаження, пропорційно розподілене між двома підшипниковими вузлами.

$$P_{екв(\text{Pmin})} = 1 \cdot 1839 \cdot 3 \cdot 1 = 5517H$$

$$P_{екв(\text{Pmax})} = 1 \cdot 2704 \cdot 3 \cdot 1 = 8112H$$

У конструкції катка-подрібнювача передбачено використання підшипникового вузла, що поєднує підшипник та фланцевий корпус в єдиній конструкції.

Для розрахунків та визначення експлуатаційних характеристик прийнято підшипникову опору UCF208 SNR (виробництво – закордонне). Динамічна вантажопідйомність даного підшипника становить 28,7 кН.

З урахуванням визначених характеристик і розрахункових навантажень ресурс (довговічність) підшипникового вузла для двох варіантів експлуатації (без наповнення водою та з наповненням) складе:

$$L_{n(Pmin)} = \frac{10^6}{60 \cdot 138}\left(\frac{28700}{5517}\right) = 628 \text{ год}$$

$$L_{n(Pmax)} = \frac{10^6}{60 \cdot 138}\left(\frac{28700}{8112}\right) = 427 \text{ год}$$

Продуктивність скомплектованого машинно-тракторного агрегату (МТА) для виконання обробітку ґрунту, розрахована на основі операційно-технологічної карти, становить 7,8 га/год.

Виходячи з цього, середній ресурс підшипникового вузла катка-подрібнювача за двома варіантами навантаження (без наповнення водою та з наповненням) буде обчилюватись за формулою (2.28)

Отже, напрацювання до відмови підшипникового вузла катка- подрібнювача буде становити:

$$H_{(\text{Pmin})} = 7{,}8 \cdot 628 = 4898га$$

$$H_{(\text{Pmax})} = 7{,}8 \cdot 427 = 3330 га$$

Середньорічне завантаження дискового агрегату John Deere 637 складає 1500…1600 га. Отже, обраний тип підшипника катка-подрібнювача забезпечує безперебійну роботу протягом мінімум 2 років навіть за максимального навантаження. У разі використання катка без додаткового довантаження, ресурс підшипникового вузла збільшується і становить щонайменше 3 роки.

У рамках дослідження запропоновано конструкцію катка-подрібнювача у двох модифікаціях — із шириною захвату 4 м та 2,5 м.

Передбачено можливість встановлення ножів як суцільною смугою, так і в шаховому порядку, що дає змогу регулювати ступінь подрібнення пожнивних решток.

Проаналізовано конструктивні особливості катка, зокрема можливість збільшення його маси шляхом заповнення центральної порожнини водою, що дозволяє адаптувати агрегат до різних умов експлуатації.

Проведено перевірочні розрахунки підшипникового вузла, що використовується у розробленій конструкції. Встановлено, що мінімальний ресурс підшипникової опори перевищує 3300 га напрацювання агрегату.

За умови використання катка-подрібнювача без додаткового довантаження, довговічність підшипникових вузлів становить не менше 628 годин роботи.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вимоги безпеки при виконанні технологічної операції дискування

Виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту пов’язане із дією певних шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Зокрема слід назвати такі як: рухомі частини тракторів та сільськогосподарських машин; можливі незакриті колодязі; робота в зоні можливого ризику.

Безпека виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту**.** Процес обробітку ґрунту супроводжується впливом потенційно небезпечних виробничих факторів, серед яких:

– Рухомі механізми тракторів та ґрунтообробних агрегатів.

– Відкриті колодязі та інші приховані загрози на полі.

– Робота поблизу ліній електропередач.

– Підвищена концентрація пилу (зокрема, пил від добрив і пестицидів) у робочій зоні [22].

Перед початком роботи необхідно переконатися, що машинно-тракторний агрегат (МТА) перебуває в технічно справному стані та відповідає нормам безпеки.

Особливу увагу слід приділити:

– Перевірці наявності та правильності встановлення захисних елементів на рухомих частинах трактора та агрегатованої техніки.

– Затягуванню гайок дискової борони та катка-подрібнювача.

– Стану ріжучих кромок робочих органів та чистиків дискової борони.

Перед початком руху або вмиканням валу відбору потужності (ВВП) обов’язково подається звуковий сигнал, і лише після переконання у відсутності людей поблизу можна розпочинати роботу.

При агрегатуванні трактора з навісним ґрунтообробним обладнанням забороняється підіймати машину без вимкнення ВВП [22].

Входження робочих органів дискової борони в ґрунт повинно виконуватися поступово, у русі.

Під час роботи необхідно періодично перевіряти:

– Надійність кріплення робочих органів.

– Стан зчіпного пристрою.

– Фіксацію всіх механізмів агрегату.

Ремонт, регулювання або заправку трактора паливом дозволяється виконувати лише після повної зупинки двигуна.

Якщо одночасно виконується обробіток ґрунту та внесення пестицидів, після тривалого простою необхідно перемішати робочий розчин, використовуючи насос системи внесення.

При виконанні маневрів, зокрема розворотів на поворотній смузі, оператор зобов'язаний переконатися у відсутності персоналу в зоні руху агрегату.

Рух заднім ходом із опущеними робочими органами дискової борони категорично заборонений.

У разі аварійної ситуації необхідно негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун трактора та вжити заходів для усунення небезпеки. Залишати МТА без нагляду з працюючим двигуном забороняється.

Серед найбільш небезпечних процесів обслуговування ґрунтообробного агрегату виділяється очищення робочих органів від ґрунту та пожнивних залишків. Ця операція дозволяється лише при вимкненому двигуні та з використанням спеціального інструменту, розробленого для таких робіт.

Зміна положення робочих органів (переведення з робочого в транспортне або навпаки) повинна здійснюватися виключно механізатором із кабіни трактора.

При виконанні заміни робочих органів необхідно обов'язково зафіксувати раму агрегату на спеціальних підставках, щоб запобігти її мимовільному опусканню.

3.2 Вимоги безпеки при виконанні електродугового ручного зварювання

Розроблена конструкція катка-подрібнювача передбачає використання електродугового зварювання для з'єднання планок катка з фланцями та кріплення кронштейнів до основної балки. Тому необхідно дотримуватись основних вимог безпеки під час виконання цього виду робіт [23].

Основні правила безпеки при ручному дуговому зварюванні:

– Зварювальні роботи повинні виконуватись у стаціонарних умовах з обов'язковим використанням місцевої витяжної вентиляції.

– Якщо виконання зварювальних робіт у стаціонарних умовах неможливе, необхідно застосовувати місцеві відсмоктувальні системи для видалення шкідливих газів і диму.

– У разі виконання робіт на різних висотах, працівники, що знаходяться на нижніх рівнях, повинні бути захищені від розжарених бризок металу та інших небезпечних факторів, пов’язаних із процесом зварювання.

Розміщення легкозаймистих, горючих речовин та вибухонебезпечних матеріалів має здійснюватися не ближче ніж 5 метрів від зони проведення зварювальних робіт.

Якщо роботи виконуються всередині конструкції, необхідно забезпечити контроль швидкості повітряного потоку в робочій зоні, яка не повинна перевищувати 2 м/с.

Видалене повітря із внутрішньої частини виробу повинно негайно виводитися з приміщення, щоб уникнути його повторного потрапляння до робочої зони.

У разі відсутності можливості облаштування місцевої витяжної вентиляції, необхідно примусово подавати чисте повітря безпосередньо до маски зварювальника, забезпечуючи належні умови для безпечного виконання робіт.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Оцінка ефективності впровадження модернізованого МТА зазвичай виконується шляхом порівняння з базовою версією.

При вирощуванні ярого ячменю одним із найкращих попередників є кукурудза на зерно. Для забезпечення високоякісного обробітку ґрунту в умовах мінімальної технології запропоновано використання комбінованого МТА, який включає базову модель дискової борони John Deere 637, оснащену катком-подрібнювачем.

Оскільки запропонований агрегат поєднує декілька технологічних операцій в один прохід, оптимальним підходом до оцінки його ефективності є порівняння з виконанням аналогічних операцій окремими МТА.

Таким чином, для базової технології вирощування приймаємо виконання двох окремих операцій у системі основного обробітку ґрунту:

1. Подрібнення пожнивних решток за допомогою катків.
2. Дискування ґрунту агрегатом John Deere 637.

Для модернізованого варіанту передбачено виконання єдиної операції за допомогою удосконаленої ґрунтообробної машини John Deere 637(К).

Вихідні дані для оцінки економічної ефективності заносяться до табл. 4.1. Аналіз техніко-економічної ефективності виконується згідно з відомою методикою [24].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для економічної оцінки

Показники	Варіант	
	базовий	проектний
Перелік технологічних операцій	Подрібнення катками, дискування грунту	
Склад агрегатів для виконання технологічних операцій: - подрібнення пожнивних решток - дискування	МТЗ-892+ ППР-6 John Deere 8335R+ John Deere 637	John Deere 8335R+ John Deere 637(К)
Нормативний показник завантаження агрегату, га: - подрібнення пожнивних решток - дискування	1512 1785	1638

Продовження. табл. 4.1

Середня продуктивність для операцій, га/год.: - подрібнення пожнивних решток - дискування	 7,2 8,5	7,8
Норма затрати пального $g_п$, кг/га: -подрібнення пожнивних решток - дискування	 2,2 6,6	6,75
Вартість складів МТА (Б), грн.: -подрібнення пожнивних решток - -дискування	680000 3150000	3245000

У таблиці 4.1 взяті такі значення щодо вартості елементів МТА: трактор МТЗ-892 – 470000 грн, каток-подрібнювач ППР-6 – 210000 грн, трактор John Deere 8335R – 2200000 грн, дискова борона John Deere 637 – 950000 грн. Затрати на катки-подрібнювач становлять 95000 грн.

Виконаємо розрахунки щодо експлуатаційних витрат обраних МТА. Експлуатаційні затрати на роботу МТА розраховуємо за формулою(4.1)

Затрати ПММ розраховуємо за формулою(4.2)

Враховуючи наведені дані у табл. 4.1 отримуємо такі результати:

$$С^{б}_{\text{подрібнення(пмм)}} = 60 \cdot 2{,}2 = 132 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{\text{дискутування(пмм)}} = 60 \cdot 6{,}6 = 396 \text{ грн/га}$$

Витрати на підтримання у працездатному стані МТА можна визначити з виразу (5.3).

Враховуючи виведені дані отримуємо:

$$С^{б}_{\text{м(подрібнення)}} = \left[\frac{680000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1512} + \frac{54400}{1512}\right] = 37{,}63 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{\text{м(дискування)}} = \left[\frac{3150000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1785} + \frac{252000}{1785}\right] = 147{,}65 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{м} = \left[\frac{3240000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1638} + \frac{259600}{1638}\right] = 165{,}74 \text{ грн/га}$$

Затрати на ЗП визначаємо за стандартною методикою з рівняння (4.4)

Нормативне значення тарифної ставки приймаємо – 650 грн/зм.

З врахування вихідних даних, отримуємо:

$$С^{б}_{зп(подрібнення)} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 650) \cdot 1,02}{50,4} = 23,52 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{зп(дискування)} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 650) \cdot 1,02}{59,5} = 19,92 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{зп} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 650) \cdot 1,02}{54,6} = 21,71 \text{ грн/га}$$

Отже експлуатаційні затрати при використанні МТА складуть для двох варіантів:

$$С^{б}_{пит} = (132 + 37,63 + 23,52) + (396 + 147,65 + 19,92) = 756,72 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{пит} = 405 + 165,74 + 21,71 = 592,45 \text{ грн/га}$$

Економічний ефект 1 га при використанні комбінованого агрегату буде становити:

$$Е_{пит} = С^{б}_{пит} - С^{п}_{пит} = 756,72 - 592,45 = 164,27 \text{ грн / га}$$

З врахуванням річного завантаження модернізованого дискового агрегату 1638 га, маємо величину річного економічного ефекту:

$$Е^{рік}_{еф} = F \cdot E_{пит} = 1638 \cdot 164,27 = 269074,26 \text{ грн}$$

Термін окупності реалізації технічного рішення становить:

$$T_o = 950000 / 269074 = 0,35 \text{ року}$$

Отримані результати представимо у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічна оцінка

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Перелік технологічних операцій		Подрібнення катками, дискування грунту	
Склад агрегатів: - подрібнення пожнивних решток - дискування		МТЗ-892+ ППР-6 John Deere 8335R+ John Deere 637	John Deere 8335R+ John Deere 637(К)
Питомі експлуатаційні затрати, в тому числі: витрати на ПММ оплата ЗП затрати на амортизацію, ремонт та ТО	грн/га	756,72 528,00 43,44 185,28	592,45 405,00 21,71 165,74

Питомий економічний ефект	грн / га	-	164,27
Річний економічний ефект	грн	-	269074,26
Термін окупності додаткових капіталовкладень	років	-	0,35

Аналіз економічної ефективності впровадження модернізованої конструкції катка-подрібнювача для дискової борони John Deere 637 підтвердив доцільність та актуальність такого технічного рішення.

Розрахунки показали, що економічний ефект від використання вдосконаленого ґрунтообробного агрегату становить 164,27 грн/га.

За умови річного завантаження дискової борони у 210 годин (що еквівалентно 30 змін роботи), загальна економія становить 269 074 грн.

З урахуванням витрат на створення модернізованої конструкції катка-подрібнювача, термін її повної окупності складає всього 0,35 року, що підтверджує високу ефективність впровадження.

ВИСНОВОК

Глобальний аналіз ринкових тенденцій демонструє, що ячмінь займає четверту позицію за обсягами вирощування серед зернових культур, поступаючись лише пшениці, кукурудзі та рису. Його популярність пояснюється значущістю у тваринництві як високоякісного корму та частковим використанням у харчовій промисловості.

В Україні площі під посіви ячменю коливаються в межах 1,4–1,7 млн га, проте врожайність є нестабільною. Дослідження довели, що визначальними факторами продуктивності є методи обробітку ґрунту та системи удобрення.

З метою оптимізації витрат на обробіток ґрунту під час культивування ярого ячменю та підвищення ефективності роботи ґрунтообробних механізмів доцільним є впровадження комбінованих агрегатів. Водночас їхня висока вартість (до 2,5 млн грн для імпортної техніки та до 1 млн грн для вітчизняних аналогів) вимагає модернізації наявного парку обладнання відповідно до специфічних потреб господарств.

Розроблено технологічний план механізованих робіт для вирощування ярого ячменю за мінімальною обробкою ґрунту. Основні результати досліджень:

- Загальна витрата палива на обробіток 315 га становить 8599,0 кг, що відповідає 28,1 кг/га.
- Питомі трудозатрати за проектною технологією – 1,47 люд.-год/га.
- Розроблена операційна технологія дискування для агрегату на базі трактора John Deere 8335R із дисковою бороною John Deere 637.
- Підтверджена ефективність оптимального маршруту руху агрегату, що відображається у коефіцієнті робочих ходів – 0,93.
- Завантаженість трактора за тяговим зусиллям на 10-й передачі досягла 0,95.
- Змінна продуктивність комплексу досягла 54,6 га/зм, а питома витрата палива склала 6,75 кг/га.

Таким чином, впроваджені модернізаційні рішення для ґрунтообробної техніки забезпечують зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності та ефективності технологічного процесу вирощування ярого ячменю. Запропонована удосконалена конструкція катка-подрібнювача у двох модифікаціях: із шириною захвату 4 м і 2,5 м. Передбачена можливість встановлення ножів як суцільною смугою на планках, так і в шаховому порядку, що дає змогу регулювати рівень подрібнення

пожнивних решток залежно від умов експлуатації.

Досліджено конструктивні особливості катка-подрібнювача, зокрема можливість збільшення його ваги шляхом заповнення центральної порожнини водою, що сприяє підвищенню ефективності обробки ґрунту.

Розрахунки підшипникового вузла показали, що мінімальний ресурс підшипників перевищує 3300 га напрацювання агрегату. При експлуатації без додаткового навантаження довговічність підшипникових вузлів сягає не менше 628 годин роботи.

Окреслено ключові вимоги щодо безпеки виконання ґрунтообробних та електрозварювальних робіт, що є критично важливим для надійної експлуатації обладнання.

Аналіз економічної ефективності впровадження модернізованого катка-подрібнювача у склад дискової борони John Deere 637 підтвердив доцільність цього технічного рішення. Розрахунки продемонстрували, що економічний ефект від використання оновленого агрегату становить 164,27 грн/га.

При річному навантаженні борони у 210 годин (або 30 змін роботи) загальна економія сягає 269 074 грн. Враховуючи витрати на модернізацію, термін повної окупності катка-подрібнювача складає всього 0,35 року, що свідчить про високу економічну доцільність його застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для підготовки документації до дипломного проєктування для студентів денної та заочної форми навчання Інституту механізації та електрифікації сільського господарства напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», освітньо-кваліфікаційних рівнів: «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / А.В. Рудь, І.М. Бендера, В.І. Дуганець, Ю.І. Панцир, І.О. Мошенко, О.В. Думанський; за ред. А.В. Рудя. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2014. – 127 с.

2. Дипломне проектування з ремонту машин агропромислового комплексу / І.М. Бендера, А.М. Оленюк, П.П. Федірко та ін.; за ред. І.М. Бендери, А.М. Оленюка. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сісин О.В., 2012. – 480 с.

3. Дзюба П.Я. Програмований посібник з будови автомобіля / П.Я. Дзюба. – К.: Урожай, 1985. – 576 с.

4. Лауш П.В. Технічне обслуговування та ремонт машин / П.В. Лауш. – К.: Вища школа, 1989. – 350 с.

5. Родичев В.А. Трактори і автомобілі: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / В.А. Родичев, Г.І. Родичева. – М.: Вища школа, 1982. – 320 с.

6. Токаренко В.М. Практикум з будови, технічного обслуговування та ремонту автотранспорту / В.М. Токаренко. – К.: Урожай, 1989. – 350 с.

7. Тельнов Н.Ф. Ремонт машин: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Н.Ф. Тельнов. – М.: Агропромиздат, 1992. – 450 с.

8. Сєрий І.С. Курсове та дипломне проєктування з надійності та ремонту машин / І.С. Сєрий, А.П. Смєлов, В.Є. Черкун. – М.: Агропромиздат, 1991. – 210 с.

9. Деталізовані нормативи трудомісткості на ремонт тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин і їх складових частин [методичні рекомендації]. – М.: ГОСНІТІ, 1981. – 84 с.

10. Булей І.А. Проектування ремонтних підприємств сільського господарства / І.А. Булей. – К.: Урожай, 1988. – 532 с.

11. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій. – К.: Урожай, 1998. – 236 с.

12. Напольський Г.М. Технологічне проєктування автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Г.М. Напольський. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.

13. Бутенко В.Г. Ремонт машин в АПК України / В.Г. Бутенко. – Д.: ДГАУ, 1997. – 159 с.

14. Воловик Є.Д. Довідник з відновлення деталей / Є.Д. Воловик. – М.: Колос, 1981. – 320 с.

15. Гуревич Д.Ф. Ремонтні майстерні радгоспів і колгоспів / Д.Ф. Гуревич, А.А. Цирін. – Л.: Колос, 1981. – 335 с.

16. Іванов М.М. Деталі машин: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / М.М. Іванов. – М.: Вища школа, 1991. – 326 с.

17. Кокарьов Ф.М. Охорона праці: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Ф.М. Кокарьов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 316 с.

18. Лехман С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / С.Д. Лехман. – К.: Урожай, 1990. – 286 с.

19. Конкін Ю.А. Практикум з економіки ремонту сільськогосподарської техніки: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Ю.А. Конкін. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256 с.