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 роботи: «**Обгрунтування технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно з удосконаленням конструкції глибокорозпушувача**»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми магістр
спеціальності Н7
«Агроінженерія»
Філіпчак Дмитро Сергійович
(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 H7 «Агроінженерія»
(код і назва)

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

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

студенту **Філіпчаку Дмитру Сергійовичу**
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проекту: **«Обгрунтування технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно з удосконаленням конструкції глибокорозпушувача»**
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” листопада 2025 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом проекту 15.05.2025 р.

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

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
- дослідити сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно в Україні, а також визначити значення її виробництва для аграрного сектору;
- провести огляд інноваційних технічних рішень за обраною тематикою;
- розробити технологічні процеси, що забезпечують ефективне вирощування та переробку кукурудзи на зерно;
- запропонувати шляхи вдосконалення конструкції глибокорозпушувача John Deere 512, включаючи виконання розрахунків для модернізованих елементів агрегату;
- визначити основні вимоги щодо безпеки праці під час виконання глибокого рихлення ґрунту;
- провести техніко-економічний аналіз запропонованих рішень та оцінити їх ефективність.

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: динаміка посівів кукурудзи у загальній структурі посівних площ України за 2021-2023 рр.; прикочуючий каток із механізмом його захисту від перевантажень та регулювання; 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 проекту	23.04.2025 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	15.05.2025 р.	

Студент _____ **Філіпчак Д.С.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ

ЗМІСТ 4
ВСТУП 5
1.АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ 6
1.1 Сільськогосподарське значення виробництва кукурудзи на зерно 7
1.2 Огляд найбільш поширених технологій вирощування кукурудзи на зерно 10
1.3 Аналіз впливу способів обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи на зерно 15
1.4 Аналіз конструкцій машин для глибокого розпушення ґрунту 17
1.5 Проектування технологічної карти на вирощування кукурудзи на зерно 23
1.6 Визначення потреби у збиральних машинах та транспортних засобах 27
1.7 Обґрунтування теми дипломного проекту 30
2.УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА JOHN DEERE 512 32
2.1 Обґрунтування запропонованого технічного рішення та основних елементів конструкції 32
2.2 Перевірочні розрахунки на міцність 36
2.3 Визначення ресурсу підшипників кочення секції катка 41
3. ОХОРОНА ПРАЦІ 44
3.1 Правила безпеки праці при виконанні технологічних операцій з обробітку ґрунту .. 44
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 47
ВИСНОВОК 51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 53

ВСТУП

Вирощування кукурудзи на зерно – ключовий напрямок аграрного виробництва в Україні

Кукурудза є однією з провідних культур у сільському господарстві України, що відіграє значну роль у формуванні експортного потенціалу країни. Завдяки сучасним високоврожайним гібридам ця культура демонструє стійкість до змін клімату та захворювань, що забезпечує стабільність виробництва.

Цінність зерна кукурудзи обумовлена його високим вмістом вуглеводів, білків і жирів, що робить її незамінним компонентом харчової промисловості та комбікормів. Завдяки цим властивостям вона користується великим попитом як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

У період 2021-2023 рр. площі під вирощування кукурудзи в Україні варіювалися в межах 4,1 – 5,5 млн га, причому найбільші посіви зосереджені у центральних і західних регіонах країни, де агрокліматичні умови найсприятливіші. Незважаючи на різні виклики, аграрні підприємства активно культивують кукурудзу, оскільки при правильному підході та сприятливій погоді її врожайність може досягати 80-100 ц/га.

Україна розглядає кукурудзу як стратегічно важливу культуру, оскільки вона не лише забезпечує внутрішні потреби, а й формує значну частку експортних поставок, сприяючи наповненню державного бюджету.

Серед технологій вирощування кукурудзи на зерно основними залишаються класичні та мінімальні системи обробітку ґрунту. При цьому саме обробіток ґрунту значною мірою визначає собівартість продукції, що робить його оптимізацію вкрай актуальною. Особливо важливо дослідити вплив обробітку ґрунту на врожайність у південних регіонах України, де агрокліматичні умови відрізняються підвищеною посушливістю.

Основними факторами, які визначають рівень урожайності кукурудзи, є метод обробітку ґрунту, раціональне застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Правильний вибір технології ґрунтообробки має критичне значення для ефективного використання вологи та збереження родючості ґрунту.

З огляду на це, необхідно розглянути сучасні тенденції у застосуванні ґрунтообробних машин і визначити найбільш ефективні підходи до обробітку ґрунту для підвищення врожайності кукурудзи в умовах України.

Одним із ключових викликів при вирощуванні кукурудзи на зерно є високі витрати на ґрунтообробні операції. Значна кількість технологічних процесів вимагає великих експлуатаційних витрат, що створює потребу в оптимізації системи обробітку ґрунту.

Наукові дослідження підтверджують, що для досягнення максимальної врожайності кукурудзи необхідно виконувати глибоке розпушування ґрунту (до 35-40 см) у поєднанні із внесенням високих доз калійних та фосфорних добрив. Такий підхід сприяє покращенню структури ґрунту, збереженню вологи та забезпеченню рослин необхідними елементами живлення.

Однак, конструкції існуючих глибокорозпушувачів мають як переваги, так і недоліки. Оптимальним варіантом є комбіновані агрегати, які поєднують розпушувальні лапи, дискові батареї та котки. Це дозволяє не лише руйнувати ущільнені горизонти ґрунту, а й одразу вирівнювати та прикочувати його поверхню, зменшуючи кількість проходів техніки полем.

Метою дипломного проєкту є удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно через модернізацію конструкції глибокорозпушувача.

Завдання дипломного проєкту, провести аналіз технологій вирощування кукурудзи та її ролі в експортному потенціалі України, виконати огляд сучасних технічних рішень у сфері ґрунтообробної техніки, розробити технологічні процеси вирощування кукурудзи, орієнтовані на ефективність, запропонувати удосконалену конструкцію глибокорозпушувача John Deere 512, що підвищить якість обробітку ґрунту, провести розрахунки міцності та довговічності елементів модернізованого агрегату, окреслити вимоги до безпеки праці при виконанні глибокого рихлення ґрунту, виконати техніко-економічний аналіз проєкту, оцінити його ефективність та окупність.

Таким чином, удосконалення конструкції глибокорозпушувача сприятиме зниженню витрат на обробіток ґрунту, покращенню агрофізичних властивостей ґрунту та підвищенню врожайності кукурудзи.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

1.1 Сільськогосподарське значення виробництва кукурудзи на зерно

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур в Україні та займає провідні позиції у сільськогосподарському виробництві. Протягом останніх десятиліть ця культура стала основною для рослинництва країни завдяки своїй високій врожайності та адаптивності до різних кліматичних умов.

Сучасні сорти та гібриди кукурудзи демонструють підвищену стійкість до захворювань і погодних змін, що дозволяє аграріям ефективно культивувати її навіть у регіонах із несприятливими умовами.

Кукурудза має високий вміст вуглеводів, білків і жирів, що робить її незамінною сировиною для харчової промисловості. Крім того, вона багата на вітаміни групи В, вітамін С, а також важливі мінерали – калій, магній і фосфор [1].

Продукція переробки кукурудзи активно використовується у виготовленні борошна, круп, кукурудзяного сиропу, консервованих продуктів, снеків та інших харчових виробів.

Не менш важливу роль кукурудза відіграє у кормовій промисловості. Жоден комбікорм для тварин не обходиться без додавання кукурудзяного шроту, макухи або силосу, що є високопоживним кормом для великої рогатої худоби [2].

Однією з ключових переваг кукурудзи є її значна продуктивність на одиницю площі. Врожайність цієї культури може досягати 70-100 ц/га, що суттєво перевищує показники інших зернових культур. Для отримання аналогічної кількості зерна з інших рослин необхідно задіяти значно більші площі посівів.

Кукурудза на зерно є ключовою культурою аграрного сектору України, забезпечуючи стабільні врожаї та широкий спектр застосування у харчовій та кормовій галузях. Завдяки своїй універсальності, високій продуктивності та економічній доцільності, ця культура залишається одним із найважливіших елементів сільськогосподарського виробництва країни. Упродовж **2020-2023 років** [3] площі під посівами кукурудзи в Україні коливалися в межах **4,11–5,52 млн га** (рис. 1.1). Найбільші території, відведені під цю культуру, традиційно зосереджені в **центральних та західних регіонах**, де кліматичні умови є найбільш сприятливими для її вирощування.

Попри різноманітні виклики, що виникають у процесі культивування кукурудзи, аграрні підприємства продовжують активно розширювати посівні площі цієї культури. Завдяки **правильно підібраній технології обробітку ґрунту, внесенню добрив та оптимальному догляду**, урожайність кукурудзи на зерно може досягати **70-100 ц/га** за сприятливих погодних умов.

Таким чином, кукурудза залишається **однією з провідних культур українського агропромислового комплексу**, що забезпечує стабільний високий врожай та значний внесок у розвиток сільського господарства країни.

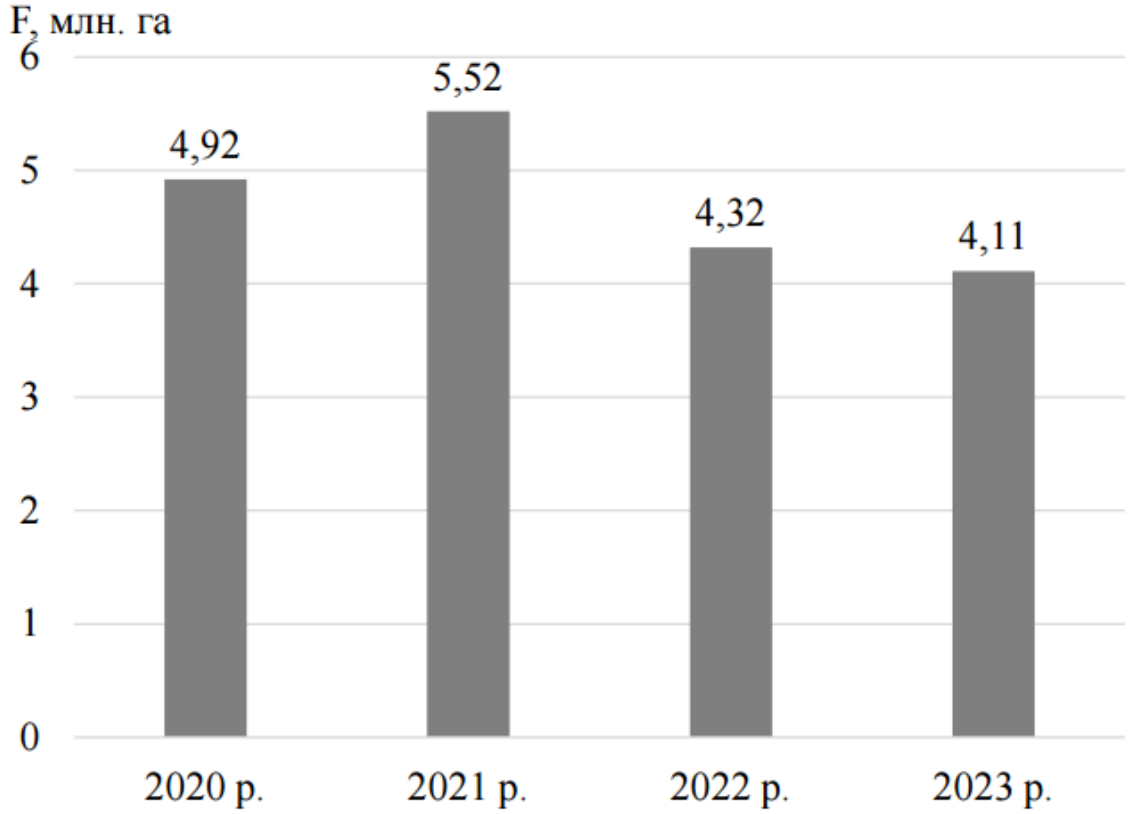


Рисунок 1.1 – Посівні площі під врожай кукурудзи на зерно в Україні за 2020-2023 рр. [3].

Кукурудза відіграє ключову роль в аграрному секторі України, оскільки не лише задовольняє внутрішній попит, а й виступає вагомим експортним продуктом, що забезпечує значний приплив валютних надходжень до державного бюджету. Останні роки відзначилися значним скороченням посівних площ кукурудзи [3], що зумовлено, зокрема, втратою частини територій південних регіонів України, де ця культура традиційно вирощувалася із застосуванням систем зрошення. Через тимчасову окупацію ці землі стали недоступними для сільськогосподарського виробництва.

Попри це, кукурудза має помітні переваги перед іншими зерновими культурами.

Як яра рослина, вона дає стабільно високі врожаї, навіть за несприятливих погодних умов [4]. Середня врожайність у 2021-2023 роках варіювалася в межах 63,5–80,1 ц/га (рис. 1.2), що підтверджує її високий потенціал у зерновому виробництві.

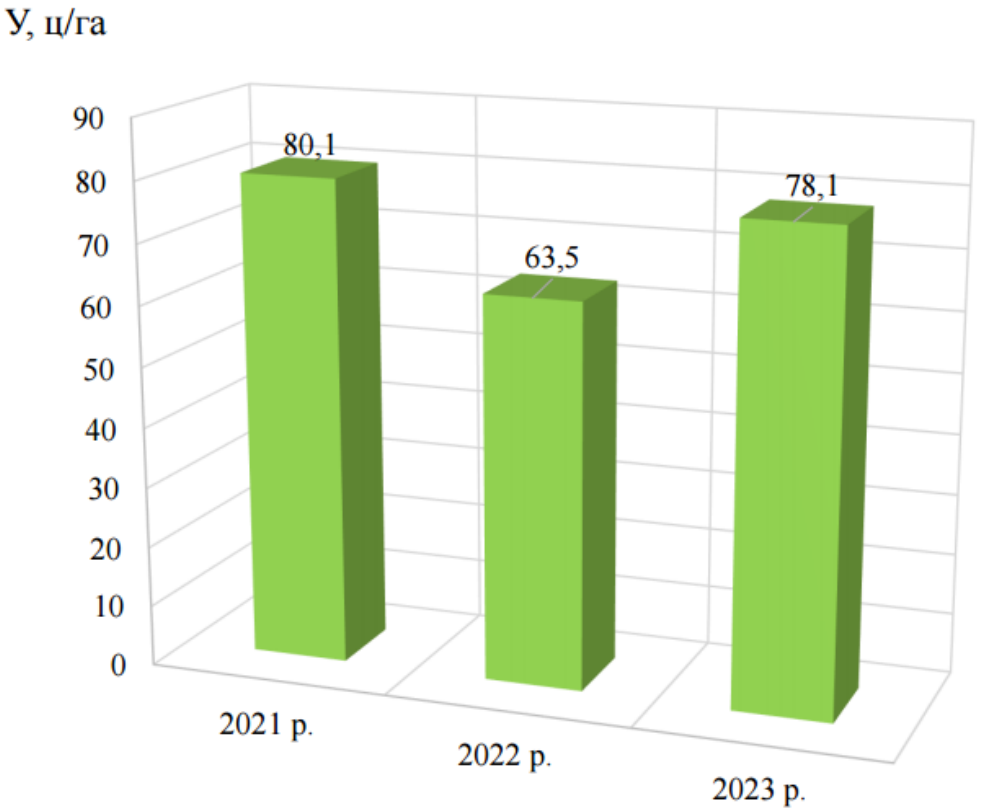


Рис. 1.2 Врожайність кукурудзи на зерно в Україні за 2022-2024 рр.

Кукурудза на зерно є однією з провідних культур у структурі посівних площ України, займаючи значну частку загального землеробства (рис. 1.3).

Упродовж 2021-2023 років її частка в загальній площі посівів не опускалася нижче 18,4%, поступаючись лише озимій пшениці та соняшнику. Однак у 2022-2023 роках спостерігалося скорочення площ під кукурудзою, що було спричинене втратою частини південних регіонів, де ця культура традиційно вирощувалася у зрошуваних умовах.

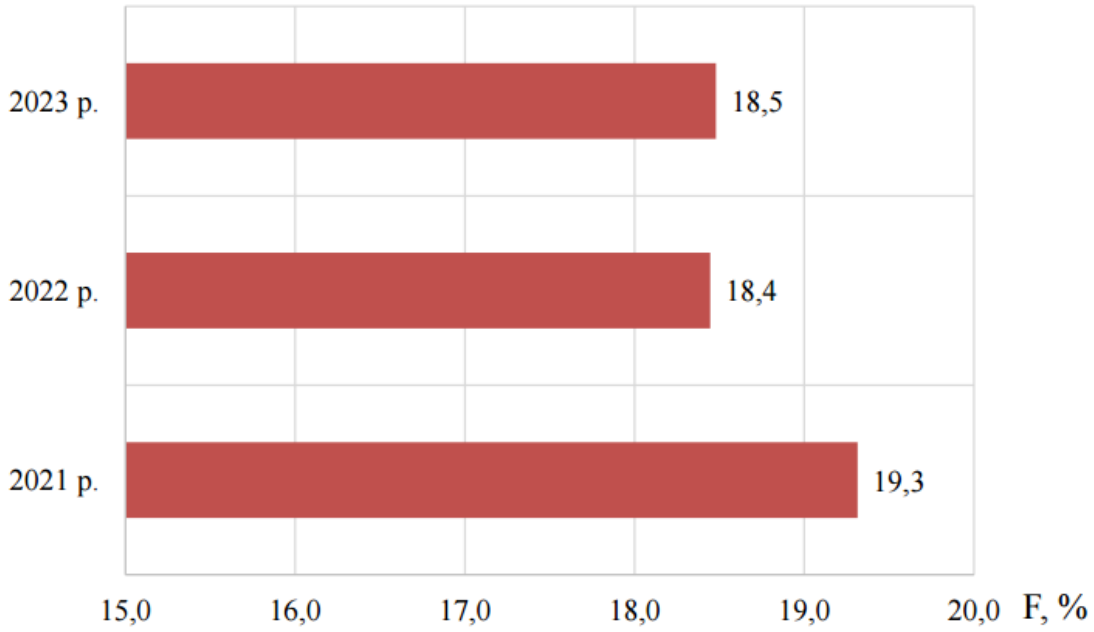


Рисунок 1.3 – Динаміка посівів кукурудзи у загальній структурі посівних площ України за 2021-2023 рр.

Отже, можна підсумувати, що кукурудза залишається однією з найважливіших культур в Україні, займаючи значні площі у сільськогосподарському виробництві. При цьому рівень її врожайності безпосередньо залежить від вибору технології вирощування та раціонального застосування добрив, що є ключовими факторами для досягнення високих показників продуктивності.

1.2Огляд найбільш поширених технологій вирощування кукурудзи на зерно

В Україні застосовуються різні технології вирощування кукурудзи на зерно, серед яких класична, мінімальна, гербіцидна, Strip-till та інші. Кожна з них має свої особливості та переваги, що впливають на врожайність і витрати виробництва [5-8].

Ця система вирощування є найбільш традиційною та перевіреною часом серед сучасних методів культивування кукурудзи. Головна особливість класичної технології полягає у створенні оптимальних умов для росту та розвитку культури завдяки багаторазовому обробітку ґрунту.

До комплексу технологічних операцій входять:

– Глибока оранка або дискування для покращення структури ґрунту.

– Багатоетапне механічне оброблення: культивація, боронування, міжрядний обробіток.

– Застосування мінеральних і органічних добрив відповідно до

агрохімічного аналізу ґрунту.

Основна перевага цієї технології – висока ефективність у регулюванні водного та повітряного режимів ґрунту, що позитивно впливає на врожайність. Однак її недоліком є високі енергозатрати, зокрема через значну кількість проходів техніки та збільшене споживання пального.

Класична технологія вирощування кукурудзи на зерно вирізняється мінімальним використанням хімічних засобів захисту рослин, окрім фунгіцидів та інсектицидів, які застосовуються за необхідності.

Одним із головних аспектів цієї технології є боротьба з бур'янами, що здійснюється переважно механічними методами через багаторазовий обробіток ґрунту.

З огляду на те, що найкращими попередниками для кукурудзи є зернові колосові, першою технологічною операцією після збирання врожаю є лущення або дискування стерні. Якщо рівень засміченості бур'янами високий, цей процес повторюють кілька разів.

Наступний етап – глибокий обробіток ґрунту, що може досягати 27 см і більше. Для цього використовуються плуги та розпушувачі, які забезпечують оптимальну структуру ґрунту. Для поверхневого обробітку найефективнішими є комбіновані агрегати, такі як «Європак» та «Horsch», які дозволяють подрібнювати пожнивні рештки, перемішувати їх із ґрунтом та одночасно вирівнювати поверхню.

Кукурудза має високі потреби у волозі та мінеральних речовинах, тому внесення добрив є обов’язковим етапом. Для досягнення оптимального балансу поживних елементів доцільно попередньо аналізувати вміст мінералів у ґрунті, що дозволяє визначити необхідні норми внесення добрив.

Підготовка до сівби включає:

– Протруювання насіння, якщо цього не було зроблено раніше.

– Обробку стимуляторами росту для покращення схожості та стійкості молодих рослин.

Терміни посіву безпосередньо залежать від температури ґрунту. Мінімальна температура для початку сівби становить 8 ºС. Якщо цей показник нижчий, то процес проростання може затягнутися до 25-30 днів, що підвищує ризики загнивання насіння або ураження його шкідниками.

Сівбу виконують високоточними сівалками, які забезпечують однонасіннєве висівання.

– Ширина міжрядь варіюється від 45 см до 70-75 см.

– Головна вимога при визначенні норми висіву – урахування природних втрат та потенційної схожості насіння, що впливає на густоту майбутніх сходів.

Класична технологія вирощування кукурудзи забезпечує високу врожайність за рахунок багаторазового обробітку ґрунту та оптимального догляду за посівами. Її головною перевагою є ефективний контроль бур'янів та покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту, що створює сприятливі умови для росту та розвитку культури.

Одним із важливих аспектів класичної технології вирощування кукурудзи є правильне визначення норми висіву. Оскільки лабораторні показники схожості насіння можуть відрізнятися від реальних польових умов, до розрахованої норми додається страховий запас у межах 20-30%, що дозволяє компенсувати можливі втрати.

Комплекс заходів із догляду за посівами включає:

– Досходове боронування для руйнування ґрунтової кірки та знищення проростаючих бур'янів.

– Боронування після появи сходів, що сприяє покращенню аерації ґрунту.

– Міжрядні обробки, які виконують для механічного контролю бур'янів та розпушення ґрунту.

Збирання кукурудзи починають, коли вологість зерна досягає 25-35%. Оскільки оптимальна вологість для зберігання становить 14%, зібране зерно зазвичай потребує досушування. В залежності від рівня вологості та засміченості, врожай або відправляють на очищення та досушування, або транспортують безпосередньо на склад чи елеватор. Основна перевага – можливість отримання максимально високої врожайності за умови дотримання всіх агротехнічних вимог.

– Недоліки – значні витрати на виконання технологічних операцій, що призводить до високої собівартості продукції.

– Часто спостерігається ураження посівів специфічними хворобами, що може значно знизити врожайність.

На відміну від класичної технології, мінімальна система вирощування передбачає скорочений комплекс обробітку ґрунту, що суттєво зменшує витрати на

паливо та експлуатацію техніки.

Головна відмінність – зменшення глибини обробітку ґрунту до 16-20 см. Це досягається застосуванням комбінованих ґрунтообробних машин, які за один прохід виконують відразу кілька технологічних операцій.

Комбіновані агрегати можуть містити:

1. Дискові батареї для подрібнення пожнивних решток.
2. Розпушувальні лапи для розрихлення ґрунту.
3. Прикочуючі котки для вирівнювання поверхні.

Завдяки використанню таких машин мінімізується кількість проходів техніки, що сприяє збереженню ґрунтової вологи та зменшенню його ущільнення.

Таким чином, мінімальна технологія дозволяє суттєво скоротити витрати, зменшуючи кількість обробітків, тоді як класична система забезпечує найвищу врожайність, але потребує значних ресурсів. Вибір конкретної технології залежить від агрокліматичних умов, економічних можливостей господарства та стану ґрунтів.

Мінімальна технологія вирощування кукурудзи відрізняється меншою кількістю операцій з обробітку ґрунту порівняно з класичною системою. Для скорочення витрат широко застосовуються комбіновані ґрунтообробні агрегати, що поєднують активні робочі органи.

Ключові особливості:

– Глибина обробітку ґрунту обмежується 16-20 см.

– Використання універсальних агрегатів, які одночасно рихлять, вирівнюють ґрунт і зменшують кількість проходів техніки.

– Посівна кампанія та збирання врожаю не відрізняються від класичної технології.

– Захист посівів здійснюється переважно за рахунок внесення пестицидів та гербіцидів.

Ця технологія виключає традиційний основний і передпосівний обробіток ґрунту, а також відмову від міжрядного культивування. Посів здійснюється безпосередньо в необроблений ґрунт за допомогою спеціальних сівалок, здатних працювати у таких умовах.

Переваги No-till:

1. Зниження витрат на техніку та паливо.

2. Мінімальне випаровування вологи завдяки шару пожнивних решток на поверхні поля.

3. Збереження структури ґрунту, що сприяє зменшенню його ерозії.

Недоліки No-till:

1. Висока залежність від хімічних засобів захисту, оскільки бур’яни не знищуються механічним шляхом.

2. Необхідність використання спеціалізованих сівалок, що підвищує початкові витрати на технологію.

3. Низька врожайність, яка в середньому становить 25-32 ц/га.

Технологія Strip-till поєднує елементи мінімального та No-till обробітку, дозволяючи зменшити затрати на обробіток ґрунту, водночас поліпшуючи умови для росту культури.

Основною особливістю є обробка лише вузькими смугами ґрунту шириною до 15 см, куди потім висівають насіння, решта ґрунту залишається необробленою, що зменшує випаровування вологи та мінімізує ерозію.

Недоліками Strip-till є необхідність виконання смугового обробітку восени, що вимагає точного дотримання технології та використання систем GPS-навігації, висока вартість обладнання, адже машини для Strip-till мають складну конструкцію та потребують значних інвестицій.

Кожна з розглянутих технологій має свої переваги та недоліки, і вибір оптимального варіанту залежить від економічних можливостей господарства, кліматичних умов та агротехнічних особливостей ґрунтів.

Класична технологія забезпечує найвищу врожайність, але потребує значних ресурсів. Мінімальна технологія дозволяє зменшити витрати на обробіток ґрунту, не знижуючи суттєво врожайність. No-till зменшує витрати на техніку та паливо, але має низьку врожайність та високу залежність від хімічного захисту. Strip-till поєднує переваги мінімального та нульового обробітку, зберігаючи оптимальне зволоження ґрунту, але потребує дорогого обладнання та точного дотримання технології.

Хоча технологія Strip-till має значні переваги, зокрема збереження вологи та мінімізацію ерозії ґрунту, її реалізація на великих площах є складною.

Це пояснюється:

1. Високою вартістю обладнання.

2. Невисокою продуктивністю через малу ширину захвату.

Через це впровадження Strip-till доцільніше для господарств із меншими площами або можливістю точного внесення добрив у зоні посіву.

Гербіцидні технології вирощування кукурудзи мають багато спільних елементів із класичною, мінімальною чи No-till системою. Вибір конкретного варіанту залежить від методу підготовки ґрунту.

Основна відмінність гербіцидної технології – це активне застосування гербіцидів, які містять діючі речовини:

– Флорасулам
– Мезотріон
– Нікосульфурон

Використання сучасних гербіцидних засобів забезпечує повний контроль над бур’янами. Препарати не лише знищують існуючі рослини, а й проникають у ґрунт, пригнічуючи сходи бур'янів ще на ранніх стадіях.

Переваги гербіцидної технології, зазвичай достатньо одного внесення препарату на весь період вирощування, ефективність не залежить від погодних умов, зокрема рівня вологості ґрунту чи опадів, простота застосування – зменшується потреба у багаторазовому механічному обробітку.

Недоліки гербіцидної технології, обмежений вибір культур-послідовників – після вирощування кукурудзи важливо враховувати залишкову дію гербіцидів, залежність від хімічних засобів, що може викликати резистентність бур’янів при систематичному використанні тих самих препаратів.

Кожна із розглянутих технологій має свої переваги та недоліки, і остаточне рішення повинно базуватися на агрокліматичних умовах регіону, фінансових можливостях господарства та наявності необхідної техніки.

На сьогодні класичні та мінімальні технології залишаються найбільш поширеними методами вирощування кукурудзи. Основний вплив на собівартість зерна має саме система обробітку ґрунту, тому доцільним є вивчення її впливу на врожайність у різних регіонах України, зокрема в умовах півдня.

1.3Аналіз впливу способів обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи на зерно

Наукові дослідження [10, 11] підтверджують, що система основного обробітку ґрунту має суттєвий вплив на врожайність кукурудзи. Тому при плануванні технології вирощування цієї культури слід приділити особливу увагу вибору оптимального способу обробітку.

Однак, окрім правильної підготовки ґрунту, важливу роль відіграє система удобрення. Дослідження доводять, що внесення оптимальної кількості мінеральних та органічних добрив безпосередньо впливає на рівень урожайності кукурудзи на зерно (рис. 1.4).

Таким чином, для отримання високих урожаїв важливо комплексно поєднувати ефективну систему обробітку ґрунту із раціональною схемою удобрення, що враховує потреби культури на кожному етапі її розвитку.

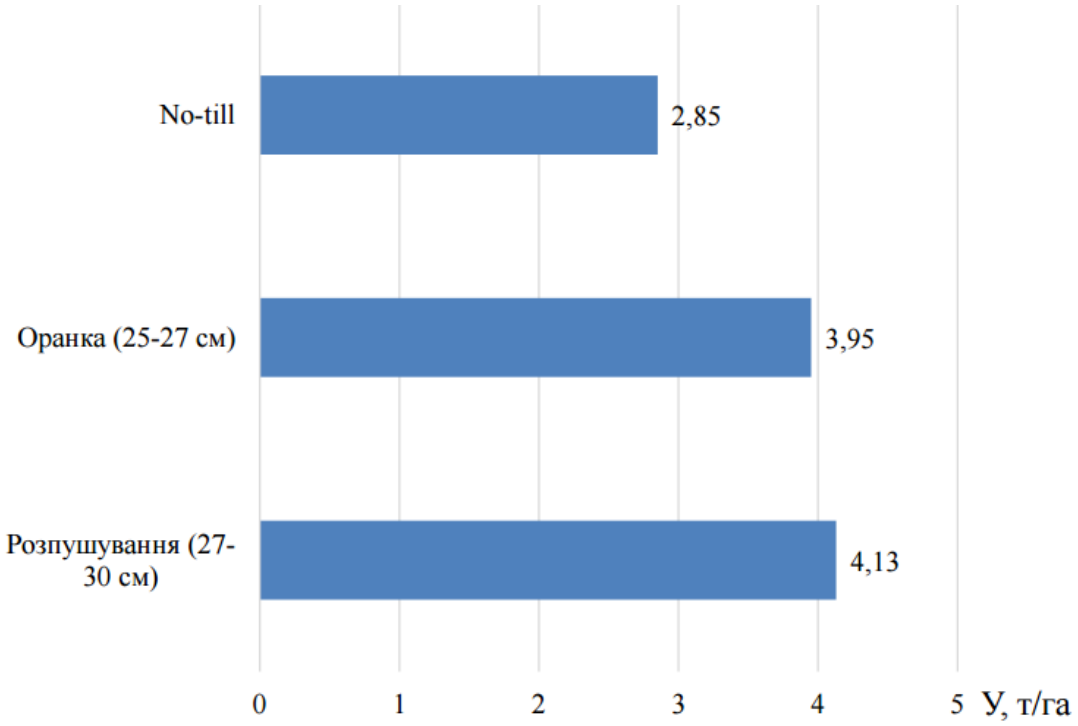


Рисунок 1.4 – Урожайність гібриду кукурудзи Дніпровський 181 в залежності від способу обробітку ґрунту (створено автором за даними [10])

Аналіз наведених даних свідчить про високу ефективність розпушування ґрунту у порівнянні з іншими методами його обробітку. Даний спосіб не лише сприяє покращенню структури ґрунту, а й дозволяє суттєво знизити витрати пального у порівнянні з традиційною оранкою.

Окрім обробітку, раціональне внесення добрив відіграє ключову роль у підвищенні врожайності. Дослідження підтверджують, що система удобрення N45P45 + N15P15K15 забезпечила найвищий рівень урожайності серед усіх досліджуваних варіантів.

Таким чином, поєднання глибокого розпушування ґрунту із оптимальною схемою удобрення дозволяє досягти максимального ефекту та підвищити продуктивність вирощування кукурудзи на зерно.

1.4Аналіз конструкцій машин для глибокого розпушення ґрунту

Розглянемо будову та особливості конструкцій глибокорозпушувачів ґрунту, що виробляються як вітчизняними, так і закордонними компаніями.

Серед українських виробників ґрунтообробної техніки, особливою популярністю користується продукція компанії Demetra. Підприємство випускає лінійку глибокорозпушувачів ГРД, які мають ширину захвату від 1,5 до 3,6 м.

Основні конструктивні елементи глибокорозпушувачів серії ГРД:

– Розпушувальні лапи, що забезпечують глибоке розпушування без перевороту скиби.

– Задні шаблевидні котки, які допомагають вирівнювати поверхню поля після проходу агрегату (рис. 1.5) [12].

Завдяки простоті конструкції та ефективності у роботі, глибокорозпушувачі Demetra широко застосовуються у сільському господарстві для підвищення родючості ґрунту та оптимізації його водно-повітряного режиму.



Рисунок 1.5 – Глибокорозпушувач ГРД-5

Конструкція глибокорозпушувачів серії ГРД забезпечує якісний обробіток ґрунту на агрофонах із мінімальною кількістю пожнивних решток. Вона ефективно працює після стерні зернових культур або багаторічних трав, забезпечуючи розпушення ґрунту без його перевертання.

Можливі проблеми при значній кількості рослинних решток:

– Зниження якості обробітку ґрунту – нерівномірність розпушення через накопичення рослинних залишків.

– Збільшення тягового опору агрегату, що призводить до вищої витрати пального.

– Накопичення залишків на лапах розпушувача, особливо в кінці загінки, що створює додатковий механічний опір (рис. 1.6).

Таким чином, ефективність глибокорозпушувачів ГРД суттєво знижується при роботі на полях із великою кількістю пожнивних решток, що необхідно враховувати при виборі технології обробітку ґрунту.



Рисунок 1.6 – Глибокорозпушувач ГРД-5 та накопичення рослинних решток в кінці загінки [13]

Схожу конструкцію з ГРД-5, мають глибокорозпушувачі GASPARDO серії PINOCCHIO (рис. 1.7) [14]. Він має ряд розпушувальних лап та прикочуючий коток, що встановлений позаду лап.



Рисунок 1.7 – Глибокорозпушувач GASPARDO серії PINOCCHIO

Оскільки конструкція глибокорозпушувачів ГРД-5 є аналогічною до інших моделей серії ГРД, вона також має той самий недолік – накопичення рослинних залишків на розпушувальних лапах при значній кількості пожнивних решток на полі.

Можливі рішення проблеми забивання лап:

1. Встановлення розрізних дисків перед лапами, що дозволяють подрібнювати пожнивні рештки перед основним розпушенням.

2. Використання додаткових розпушувачів, які ефективно розрізають ґрунт і залишки перед лапами.

Один із таких рішень реалізовано у глибокорозпушувачах Wil-Rich, які обладнані дисковими ріжучими елементами (рис. 1.8) [15]. Таке конструктивне рішення значно покращує прохідність агрегату, зменшуючи ймовірність забивання ґрунтообробних органів пожнивними залишками.



Рисунок 1.8 – Глибокорозпушувач Wil-Rich 357 [15]

Встановлення розрізних дисків перед лапами значно зменшує накопичення пожнивних решток на робочих органах глибокорозпушувачів, що покращує їхню прохідність. Проте, рівномірність обробітку, особливо якість вирівнювання поверхні ґрунту, залишається на задовільному рівні.

Додатковим рішенням для покращення якості обробітку є встановлення планчастих або трубчастих котків після ряду (або рядів) лап.

Функції котків:

– Вирівнювання поверхні ґрунту;

– розбивання грудок;

– часткове ущільнення верхнього шару для збереження вологи.

Один із прикладів такої конструкції реалізований у глибокорозпушувачах Cultiplow (Agrisem), які оснащені спеціальними котками для оптимізації обробітку

ґрунту (рис. 1.9) [16]. Це дозволяє зменшити втрати вологи та покращити структуру обробленого шару, що є важливим фактором при вирощуванні в умовах недостатнього зволоження.



Рисунок 1.9 – Глибокорозпушувач Cultiplow (Agrisem)

Використання котків для вирівнювання ґрунту значно покращує якість обробітку, проте в таких конструкціях відсутні додаткові робочі органи, які могли б мінімізувати накопичення рослинних залишків на лапах розпушувача.

Ефективне рішення, встановлення батареї дисків перед розпушувальними лапами. Таке технічне рішення дозволяє:

1. Попередньо подрібнювати пожнивні рештки, зменшуючи їх накопичення на лапах.
2. Рівномірно розподіляти органічну масу по поверхні поля.
3. Поліпшити якість обробітку ґрунту, зменшуючи грудкуватість.

Одним із прикладів такого підходу є глибокорозпушувач John Deere 512, який оснащений дисковими батареями перед основними розпушувальними елементами (рис. 1.10). Це підвищує рівномірність обробітку, запобігає надмірному накопиченню рослинних залишків та покращує структуру ґрунту після проходу агрегату.



Рисунок 1.10 – Глибокорозпушувач John Deere 512

Глибокорозпушувач John Deere 512 оснащений двома батареями дисків, які розташовані до та після розпушувальних лап.

Функції передньої та задньої батарей дисків:

1. Передня батарея – виконує поверхневий обробіток, подрібнює пожнивні рештки та частково перемішує їх із ґрунтом. Це дозволяє розпушувальним лапам працювати по рівномірно розподіленому фоні, зменшуючи накопичення рослинних залишків на їх стійках.

2. Задня батарея – виконує додаткове подрібнення решток та розбиває грудки великого розміру, покращуючи структуру ґрунту.

Конструктивними недоліками є відсутність котків, що могли б забезпечити остаточне вирівнювання, ущільнення та розбиття дрібних грудок, обмежена ширина захвату, що знижує продуктивність агрегату, потреба у весняному додатковому обробітку, оскільки нерівномірність поверхні ґрунту може ускладнювати подальшу передпосівну підготовку.

Модернізація конструкції шляхом встановлення котків після другої батареї дисків дозволить покращити вирівнювання ґрунту, зменшити втрати вологи за рахунок ущільнення верхнього шару, підвищити продуктивність обробітку, зменшивши потребу у додаткових весняних технологічних операціях.

Таким чином, удосконалення конструкції John Deere 512 шляхом додавання котків зробить його більш універсальним, дозволяючи використовувати як восени, так

і навесні, мінімізуючи потребу у додатковому обробітку перед сівбою.

1.5 Проектування технологічної карти на вирощування кукурудзи на зерно

Для вирощування кукурудзи на зерно обрана технологія, яка включає комплекс технологічних операцій, зокрема основний обробіток ґрунту та заходи гербіцидного захисту.

В рамках основного обробітку передбачено проведення таких операцій, як лущення стерні (дискування) після попередника та глибоке розпушування ґрунту на глибину понад 35 см. Оскільки попередником для кукурудзи є озимий ріпак, першим етапом стане лущення стерні із використанням агрегату, що складається з трактора Case Steiger 500 та дискового агрегату Case RMX 370 (10,3 м). Глибина обробітку запланована в межах 10–12 см. Завдяки великій ширині захвату цей комплекс забезпечує високу продуктивність і помірні витрати пального. Внесення мінеральних чи органічних добрив у цей період не передбачається. Основною метою лущення є зменшення забур’яненості, часткове подрібнення пожнивних решток та стимулювання проростання насіння бур’янів.

У жовтні заплановано виконання глибокого розпушування ґрунту за допомогою агрегату на базі трактора Case MX 310 та глибокорозпушувача JD 512 (4,2 м). Цей глибокорозпушувач, відомий також як «дискатор», має у своїй конструкції кілька рядів дисків. Перший ряд дисків встановлений перед розпушувальними лапами і призначений для підрізання бур’янів, розпушення верхнього шару ґрунту, подрібнення пожнивних решток та їх перемішування із землею. Це дозволяє знизити навантаження на розпушувальні лапи та зменшити їхній опір. Другий ряд дисків розташований позаду лап і призначений для подрібнення грудок та вирівнювання поверхні ґрунту. У результаті проходу агрегату утворюється горбиста поверхня з незначними нерівностями. Основним недоліком JD 512 є відсутність прикочуючих котків, тому в рамках удосконалення конструкції планується їх встановлення. Це рішення дозволить додатково вирівняти поверхню, ущільнити верхній шар ґрунту та зменшити втрати вологи.

Наступним етапом стане весняне боронування, яке дозволить зменшити випаровування вологи та знищити бур’яни на ранніх стадіях розвитку. Роботи виконуються гусеничними тракторами із широкозахватними боронами з пружинними

пальцями, що забезпечують якісний обробіток та мінімальні експлуатаційні витрати. Боронування проводиться за необхідності, залежно від стану поля.

Сівба кукурудзи здійснюється за нормою 75–90 тис. насінин/га із використанням гібридного насіння, адаптованого до гербіцидного захисту. Одночасно з посівом можливе внесення мінеральних добрив (100 кг/га у зону сівби) або ж проведення посіву без добрив.

Через 3–4 тижні після сівби проводиться внесення гербіциду на основі ацетохлору (Харнес) із нормою 2,5 л/га діючої речовини. Така схема дозволяє отримати сходи кукурудзи та проростання більшості бур'янів перед обробкою. Оптимальна фаза розвитку бур’янів для внесення гербіциду: 2–4 листки у дводольних видів та до 5 листків у однодольних. Це сприяє ефективному знищенню бур’янів, які могли б конкурувати з культурними рослинами. Препарат має тривалу захисну дію протягом вегетації, незалежно від рівня опадів, проте його повторне використання має певні обмеження.

Важливим етапом вирощування кукурудзи є підживлення рослин у період вегетації. Найефективнішим методом є позакореневе внесення добрив, що дозволяє оперативно постачати поживні речовини до всіх частин рослини. Внесення здійснюється шляхом обприскування суміші карбаміду (10 кг/га), препарату Росток Цинк (1 л/га) та сульфату магнію (4 кг/га) самохідним обприскувачем JD 4830. Об’єм робочої рідини варіюється в межах 50–150 л/га залежно від виду препаратів.

Наступною операцією у догляді за посівами є внесення інсектициду Майстер із нормою 1,25 л/га. За необхідності також застосовується трихограма для захисту посівів від шкідників.

Збирання кукурудзи на зерно проводиться комбайном Case 9240 із напівгусеничною ходовою системою, що забезпечує високу продуктивність і прохідність навіть за складних польових умов.

На основі наведених технологічних операцій буде виконано розрахунок елементів технологічної карти вирощування кукурудзи на зерно. Проєктування технологічних процесів здійснюється відповідно до затверджених методик [17, 18].

При складанні плану механізованих робіт враховуються не лише основні технологічні операції, а й допоміжні процеси, зокрема транспортування, завантаження

та розвантаження добрив, насіння, води для пестицидних розчинів тощо.

У таблиці механізованих робіт міститься інформація про номер операції, її назву, агротехнічні вимоги, одиниці обліку та обсяг виконаних робіт. Враховуючи парк техніки підприємства, визначаються склади машинно-тракторних агрегатів (МТА) для основних і допоміжних операцій. Після вибору складу МТА вказуються змінний виробіток та нормативні витрати пального.

Для демонстрації методики розрахунку наведемо приклад для МТА на базі трактора Case MX 310 з глибокорозпушувачем JD 512 (4,2 м).

Продуктивність за годину змінного часу для наведеного складу МТА визначаємо за рівнянням (1.1):

Обираємо з нормативних документів підприємства або на основі типових норм [19-21].

$$W_{\text{год}} = \frac{23{,}8}{7} = 3{,}4 \text{ га/год}$$

Продуктивність МТА за добу визначаємо враховуючи тривалість роботи протягом доби та годинний виробіток за виразом (1.2).

Для більшості технологічних операцій приймаємо тривалість роботи протягом доби – 14 годин (дві зміни), для операцій із застосуванням пестицидів 12 годин (дві зміни по 6 годин кожна).

З врахуванням наведених даних, отримаємо:

$$W_{доб} = 3{,}4 \cdot 14 = 47{,}6 \text{ га / добу}$$

При плануванні роботи МТА необхідно щоб їх кількість забезпечувала виконання технологічної операції у встановлені агротехнічні терміни.

Необхідну кількість МТА для вчасного виконання операції розраховуємо за формулою (1.3):

Для операції глибокого рихлення приймаємо значення – 7 діб.

З врахуванням наведених вище даних, отримаємо:

$$n = \frac{305}{47{,}6 \cdot 7} = 0{,}915 \text{ од.приймаю 1 агрегат.}$$

Необхідність у залученні обслуговуючого персоналу визначають, виходячи з встановленої змінності виконання технологічних операцій та їх специфіки (графи №17,

№18). Додаткові працівники можуть залучатися до робіт, що пов’язані із завантаженням сівалок, якщо відсутня механізація цього процесу. Також можливе залучення допоміжного персоналу під час збирання врожаю для здійснення контролю якості збирання та завантаження зерна.

Витрати пального (графа №19) встановлюються відповідно до затверджених у господарстві нормативних показників для кожної технологічної операції. Також допустимо використання типових норм продуктивності та витрат палива, наведених у відповідних довідниках [19-21]. Визначене значення питомої витрати пального на одиницю виконаної роботи заноситься до стовпчика №19, що дозволяє оцінити загальні витрати на виконання технологічної операції та оптимізувати використання ресурсів.

У випадку коли нормативне значення витрати палива вказане в літрах на гектар, то для визначення витрати палива в кг будемо використовувати формулу (1.4).

З врахуванням вищевказаних даних отримуємо:

$$g = 12{,}9 \cdot 0{,}83 = 10{,}7 \text{ кг/га}$$

Загальний обсяг палива, який необхідно для проведення технологічної операції визначаємо за формулою (1.5).

Для технологічної операції глибоке рихлення отримуємо:

$$G = 10{,}7 \cdot 305 = 3263{,}5 \text{ кг}$$

Для обліку обсягів затрат праці та визначення орієнтовних витрат на заробітну плату обслуговуючому персоналу при вирощуванні кукурудзи на зерно необхідно визначати питомі затрати праці.

Питомі витрати часу на виконання технологічної операції визначаємо за формулою (1.6).

Враховуючи відомі значення виробітку та кількості працівників для проведення глибокого рихлення маємо:

$$З_{п} = \frac{1}{3{,}4} = 0{,}294 \text{ люд-год/га}$$

Сумарний обсяг витрат робочого часу (графа № 22) при проведенні операції глибокого рихлення визначаємо шляхом множення питомих затрат робочого часу на загальний обсяг роботи:

$$З_п = 0{,}294 \cdot 305 = 89{,}71 \text{ люд-год.}$$

Визначити загальну кількість нормо-змін можна за формулою (1.7).

Для проведення технологічної операції глибокого рихлення агрегатом Case MX 310 + JD 512, отримуємо:

$$Н_{зм} = \frac{305}{23{,}8} = 12{,}815 \text{ нормо-змін}$$

Розрахунки для всіх інших механізованих робіт при вирощуванні кукурудзи на зерно виконуємо аналогічно. Остаточні результати розрахунків заносимо до додатку А пояснювальної записки.

1.6 Визначення потреби у збиральних машинах та транспортних засобах

Ефективне транспортування врожаю від збиральних машин до місця зберігання відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійної роботи комбайнів. Раціональна організація логістики збору та перевезення зерна дозволяє мінімізувати простої техніки, знизити витрати на пальне та скоротити загальну собівартість процесу. Важливим фактором є своєчасне планування транспортних маршрутів, оптимізація складу машинно-тракторних агрегатів і вибір найбільш ефективних засобів перевезення, що відповідають обсягам урожаю та відстані до місця зберігання.

Збирання та транспортування є мінімальними. Для забезпечення цього необхідно визначити оптимальну кількість збиральних машин, і відповідно транспортних засобів для відвезення зібраного врожаю цими машинами.

Розрахунки починається із визначення мінімальної кількості комбайнів, що здатні у встановлені агротехнічні терміни виконати заплановай обсяг робіт щодо збирання врожаю.

Мінімальна кількість комбайнів визначається за виразом (1.8).

Збирання кукурудзи на зерно буде виконуватися самохідним комбайн Case 9240.

Нормативна продуктивність даного збирального агрегату становить – $W_{доб} = 62{,}9$ га, із приставкою шириною захвату 7,2 м, за умови роботи протягом 14 годин.

Враховуючи наведені дані отримуємо:

$$n = \frac{305}{62{,}9 \cdot 5} = 0{,}96 \approx 1$$

Згідно з розрахунками, мінімальна необхідна кількість комбайнів для збирання врожаю становить одну одиницю. Проте використання лише одного комбайна є недоцільним, оскільки в господарстві застосовується бункер-перевантажувач для ефективного збору врожаю та його подальшого вивантаження у транспортні засоби.

З метою оптимізації процесу збирання та скорочення тривалості робіт, прийнято рішення використовувати три комбайни Case 9420. Це дозволить рівномірно розподілити навантаження між машинами, зменшити ризики простоїв, забезпечити безперебійну роботу транспортної системи та знизити втрати врожаю під час збирання.

Наступним етапом є визначення обсягу насіння, яке необхідно перевезти від комбайнів.

Обсяг врожаю, що необхідно перевезти розраховуємо за формулою (1.9).

Ваховуючи таку інформацію, отримаємо:

$$M = 62{,}9 \cdot 6{,}9 \cdot 3 = 1302{,}03m$$

Планується, що для перевезення врожаю від комбайну буде використаний трактор Case 380 з бункером перевантажувачем Kinze 1500, з об’ємом кузова 60 м^3. Для зручності транспортного процесу вивантаження зерна із бункера перевантажувача буде виконуватися у автомобілі Volvo та DAF, із напівпричепами, що мають об’єм кузова також 60 м^3. Вантажопідйомність транспортних засобів становить 40 т., яка з врахуванням насипної щільності насіння кукурудзи – 0,7 т/м^3, не буде перевищена.

Кількість бункерів від комбайнів, що можуть бути накопичені у бункері перевантажувачі розраховуємо за формулою (1.10).

Враховуючи це, отримуємо:

$$n_б = \frac{60}{14{,}4} = 4{,}16 \approx 4$$

Отже у бункері перевантажувачі може накопичуватися зерно у кількості чотирьох бункерів. Таким чином загальний обсяг зерна кукурудзи у бункері-перевантажувачі буде становити 56 м^3.

При проектуванні збирально транспортного комплексу робіт необхідно забезпечити безперебійну роботу комбайнів. Час наповнення бункера зерном кукурудзи розраховуємо за формулою (1.11).

Отже отримуємо:

$$t_{\text{нап}} = \frac{1{,}1 \cdot 14{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot 600}{6{,}9 \cdot 7{,}2 \cdot 7{,}75} = 17{,}2 \approx 17 \text{ хв}$$

З огляду на те, що у збиральному ланцюзі працюватимуть три комбайни, процес наповнення бункера перевантажувача зерном відбуватиметься наступним чином: один комбайн наповнює два бункери, а решта два — по одному, після чого врожай розвантажується у транспортні засоби. Враховуючи, що на розвантаження одного бункера комбайна потрібно близько 3 хвилин, можна прийняти, що повне заповнення бункера перевантажувача триватиме приблизно 40 хвилин.

Далі розраховуємо загальну кількість рейсів, необхідних для перевезення добового обсягу зібраного врожаю. Це дозволить забезпечити ефективну логістику, мінімізувати простої комбайнів і забезпечити безперервний процес збирання та транспортування врожаю за формулою (1.12).

Витрати часу на виконання одного циклу автомобіля, визначаємо з виразу (1.13).

Час руху з вантажем та повернення до комбайнів визначаємо за формулою (1.14).

З врахуванням цього, отримуємо:

$$t_{\text{рух}} = \frac{62{,}5 \cdot 8}{25 \cdot 0{,}5} = 40 \text{ хв}$$

Таким чином, кількість рейсів буде становити:

$$n_{\text{р}} = \frac{T_{\text{доб}}}{t_{\text{ц}}} = \frac{840}{40} = 21 \text{ рейс}$$

Кількість транспортних засобів приймається в залежності від відстані перевезень. Так як, час наповненням бункера перевантажувача становить 40 хв., а тривалість рейсів автомобіля 40 хв., тому необхідно прийняти два автомобілі для перевезення врожаю кукурудзи.

Обсяг врожаю, який перевозить один автомобіль будемо розраховувати за формулою (1.15).

Таким чином, для перевезення врожаю за другим критерієм необхідно автомобілів:

$$n = \frac{\text{М}}{\text{М}_1} = \frac{1302{,}03}{823{,}2} = 1{,}6 \approx 2 \qquad (1.16)$$

Розроблено детальний план механізованих робіт із вирощування кукурудзи на зерно з урахуванням наявного парку техніки та сучасних агротехнологічних підходів.

Проведено узгодження роботи збирально-транспортного ланцюга, визначено оптимальну кількість технічних засобів для ефективного виконання завдань. Обґрунтовано використання трьох комбайнів Case 9240, що забезпечують безперебійну збиральну кампанію. Для транспортування врожаю передбачено застосування трактора Case Magnum 380 у комплекті з бункером-перевантажувачем KINZE 1500, а також двох вантажних автомобілів (Volvo FH12 або DAF), що дозволяє уникнути простоїв під час перевезення зерна.

Розраховано загальні витрати палива на виконання всього комплексу робіт при вирощуванні кукурудзи на зерно на площі 305 га, які становлять 12 003,6 кг. У перерахунку на одиницю площі витрата пального складає 37,95 кг/га. Загальні витрати праці на весь цикл робіт сягають 329,7 люд.-год, а питомі трудозатрати становлять 1,43 люд.-год/га. Це підтверджує ефективність обраної технології та оптимального складу технічних засобів, що дозволяє досягти високої продуктивності при зниженні витрат ресурсів.

1.7 Обґрунтування теми дипломного проєкту

Встановлено, що основними технологіями вирощування кукурудзи на зерно залишаються класична та мінімальна системи обробітку ґрунту. Саме основний обробіток має найбільший вплив на собівартість виробництва, тому його оптимізація є ключовим фактором підвищення ефективності господарювання, особливо в умовах південних регіонів України.

Головними чинниками, що визначають урожайність кукурудзи є:

1. Метод обробітку ґрунту.
2. Оптимізація внесення мінеральних добрив.
3. Застосування засобів захисту рослин.

Оскільки кукурудза потребує глибокого розпушування для забезпечення оптимального розвитку кореневої системи, найефективнішою технологією є обробіток на глибину 35-40 см із внесенням калійно-фосфорних добрив.

Обмежувальні фактори застосування багаторівневого обробітку ґрунту– високі експлуатаційні витрати на виконання всіх технологічних операцій та витрати пального та зношення техніки при багаторазовому проходженні полем.

Для підвищення ефективності доцільно застосовувати комбіновані агрегати, які

поєднують у своїй конструкції розпушувальні лапи, оснащені дисковими батареями для подрібнення пожнивних решток та мають котки для вирівнювання та ущільнення ґрунту.

Оптимізація ґрунтообробних операцій можлива шляхом модернізації існуючих глибокорозпушувачів.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно шляхом удосконалення конструкції глибокорозпушувача для забезпечення раціонального використання ресурсів та оптимізації процесу обробітку ґрунту.

Досягнення зазначеної мети дипломного проєкту передбачає виконання таких основних завдань:

1. Дослідити сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно в Україні, а також визначити значення її виробництва для аграрного сектору. Провести огляд інноваційних технічних рішень за обраною тематикою.

2. Розробити технологічні процеси, що забезпечують ефективне вирощування та переробку кукурудзи на зерно.

3. Запропонувати шляхи вдосконалення конструкції глибокорозпушувача John Deere 512, включаючи виконання розрахунків для модернізованих елементів агрегату.

4. Визначити основні вимоги щодо безпеки праці під час виконання глибокого рихлення ґрунту.

5. Провести техніко-економічний аналіз запропонованих рішень та оцінити їх ефективність.

2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА JOHN DEERE 512

2.1 Обґрунтування запропонованого технічного рішення та основних елементів конструкції

Конструкція глибокорозпушувача John Deere 512 включає дві батареї дисків, розташовані попереду та позаду розпушувальних лап. Перша батарея дисків виконує функцію підрізання бур'янів і пожнивних решток, розпушуючи верхній шар ґрунту на глибину до 16 см. Далі розпушувальні лапи здійснюють основний обробіток, розрихлюючи ґрунт на глибину до 40 см. Завершує процес друга батарея дисків, яка виконує додаткове подрібнення великих грудок і часткове вирівнювання поверхні ґрунту.

Однак, практичні випробування показують, що такий склад робочих органів не завжди забезпечує необхідну якість обробітку. Після проходу агрегату залишаються значні грудки, що ускладнює подальші технологічні операції та негативно впливає на рівномірність посівного шару (рис. 2.1). Це свідчить про необхідність удосконалення конструкції шляхом встановлення додаткових вирівнювальних котків або зміни параметрів робочих органів для покращення якості обробітку ґрунту.



Рисунок 2.1 – Розмір грудок після обробітку ґрунту глибокорозпушувачем John Deere 512

Для кращого розуміння розмірів грудок на рис. 3.1 варто зазначити, що стерня, присутня на зображенні, належить озимому ячменю. Така нерівномірна та надмірно

розпушена поверхня сприяє значним втратам вологи, що може негативно вплинути на подальший розвиток культури.

Одним із можливих способів вирішення цієї проблеми є виконання технологічної операції коткування ґрунту, яка сприяє зменшенню розміру грудок, вирівнюванню поверхні поля та зниженню втрат вологи. Проте додаткове коткування вимагає залучення окремого агрегату, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат і може викликати небажане ущільнення ґрунту після його глибокого розпушення.

Тому в дипломному проєкті пропонується модернізувати глибокорозпушувач John Deere 512, оснастивши його додатковими прикочувальними котками (рис. 2.2, поз. 1). Конструкція передбачає кріплення котків через механізм 2 із використанням системи захисту від перевантажень на основі пружинних елементів. Це дозволяє зменшити ударні навантаження на раму та уникнути пошкоджень при роботі на нерівних ділянках.

Монтаж котків до рами розпушувача буде здійснюватися за допомогою швидкознімних П-подібних хомутів, що забезпечує можливість швидкого демонтажу у разі відсутності потреби в їх використанні. Така модифікація дозволить зменшити розміри фракцій ґрунту, покращити його ущільнення після розпушування та запобігти надмірним втратам вологи без додаткових витрат на окрему операцію коткування.

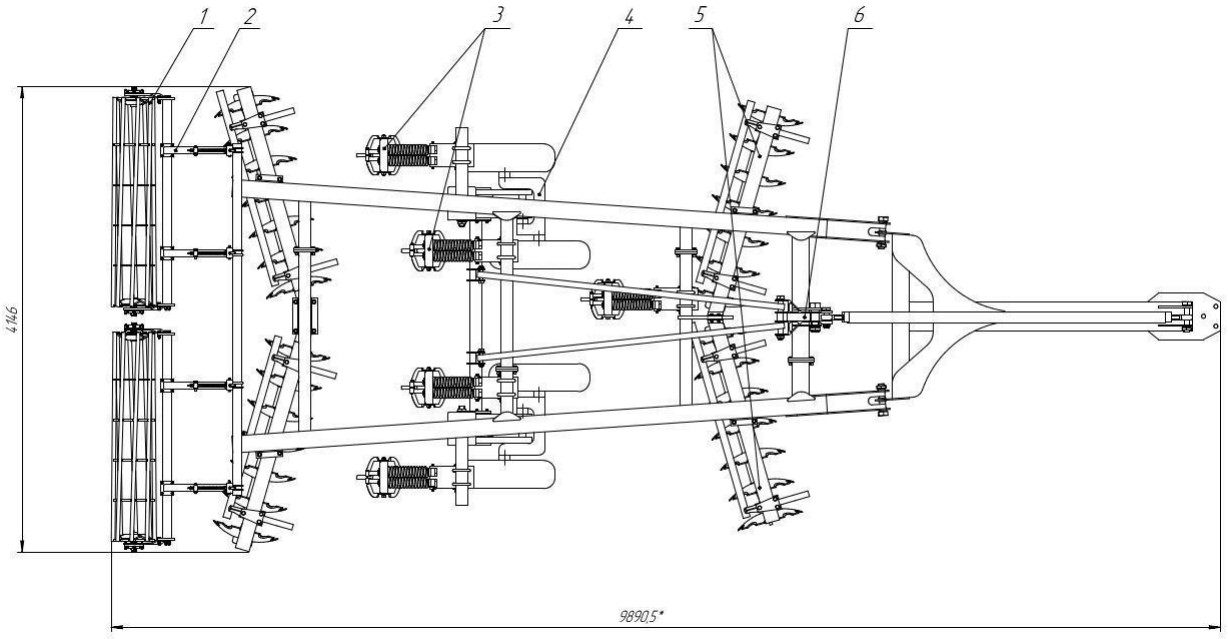


Рисунок 2.2 – Загальний вид удосконаленого розпушувача John Deere 512

Як робочі органи котка використовується профільна труба (поз. 1) діаметром 33 мм із товщиною стінки 4 мм. У разі потреби збільшення сили прикочування можливе застосування суцільного профілю того ж діаметра, що підвищить тиск на ґрунт та

покращить його ущільнення.

Розміщення труб на котку виконано за спірально-гвинтовою схемою (рис. 2.3), що забезпечує більш ефективне подрібнення грудок, рівномірний розподіл ґрунту по поверхні та якісне загортання пожнивних решток. Завдяки такій геометрії коток мінімізує ефект хвилястості поверхні після проходження агрегату, а також сприяє зменшенню опору руху, що дозволяє знизити витрати пального при експлуатації.

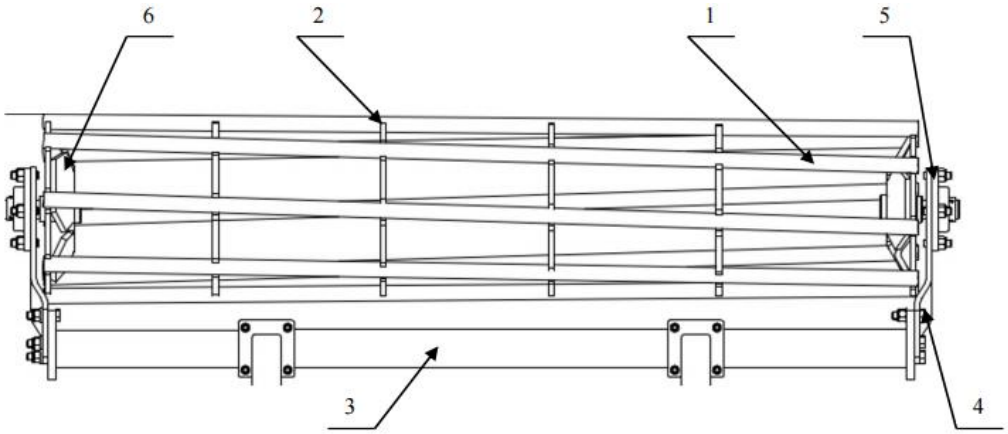


Рисунок 2.3 – Каток секція 2 м: 1 – труба; 2 – фланець; 3 – балка; 4 – кронштейн; 5 – підшипниковий вузол; 6 – цапфа

Для забезпечення жорсткості конструкції робочі елементи котка (труби) надійно приварені до фланців. По одному фланцю розташовано на торцях котка, а ще чотири рівномірно розподілені по всій довжині. Фланці виготовлені з листової сталі товщиною 20 мм, що гарантує високу міцність і довговічність конструкції.

В якості опорних елементів використовуються спеціальні підшипники кочення фланцевого корпусного типу UCF 208 FBJ або їх аналогічні моделі. Це забезпечує плавну роботу котка, зменшує навантаження на його конструкцію та підвищує ресурс вузла.

Система захисту від перевантажень котків реалізована за допомогою тяг і пружинного механізму, що виконує демпферну функцію (рис. 2.4). Коток закріплений не жорстко до рами через спеціальний кронштейн, що дозволяє йому вільно переміщуватися у вертикальній площині. Таке технічне рішення дає змогу регулювати зусилля прикочування залежно від стану ґрунту, а також забезпечує ефективну роботу захисного демпферного механізму при нерівностях рельєфу.

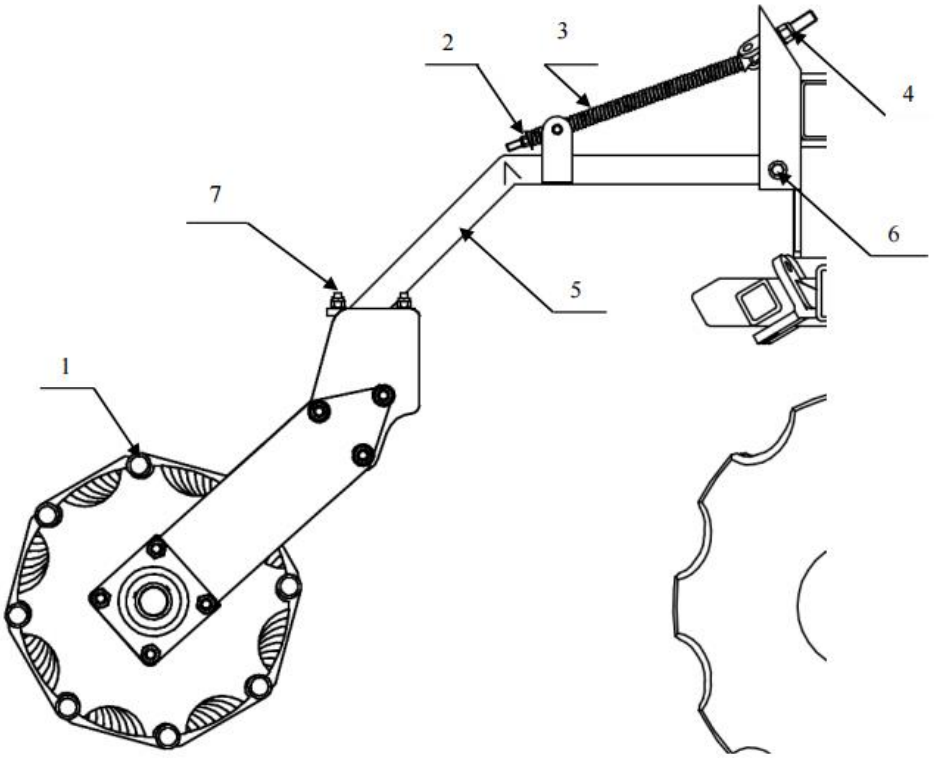


Рисунок 2.4 – Прикочуючий каток із механізмом його захисту від перевантажень та регулювання: 1 – каток; 2 – механізм регулювання жорсткості пружини; 3 – пружина; 4 – гвинт регулювання розташування катка по висоті; 5 – нижня тяга (балка); 6 – кронштейн; 7 – П-подібні хомути (болти-скоби)

Механізм захисту налаштовується та функціонує наступним чином. Гвинт 4 (рис. 2.4) використовується для регулювання висоти розташування котка у вертикальній площині залежно від глибини обробітку та стану ґрунту.

За умов роботи на агрофоні з великою кількістю пожнивних решток або розгалуженою кореневою системою необхідно збільшити притискне навантаження на коток. Це забезпечить ефективне подрібнення глиб та вирівнювання поверхні поля.

Якщо кількість пожнивних решток незначна, а після проходу другої батареї дисків немає великих грудок ґрунту, коток можна підняти вище або навіть відключити механізм притискання, щоб уникнути зайвого ущільнення.

Жорсткість пружини регулюється гайкою 2 (рис. 2.4). Підтягування гайки стискає пружину, що збільшує зусилля притискання котка до ґрунту. Навпаки, відпускання гайки зменшує жорсткість, що дає змогу адаптувати механізм під різні умови експлуатації.

Ця система забезпечує гнучке налаштування роботи котка, що підвищує якість обробітку ґрунту та зменшує витрати на додаткові технологічні операції.

Необхідність регулювання жорсткості пружини обґрунтовується поточним

станом ґрунту, зокрема рівнем вологості, механічним складом і наявністю пожнивних решток.

Каток приєднується до рами за допомогою кронштейна 6 і П-подібних хомутів або болтів-скоб, що забезпечує швидкий демонтаж у разі потреби.

Нижня тяга 5 з'єднана з кронштейном 6 через болтове з'єднання, дозволяючи катку обертатися навколо болта та копіювати рельєф ґрунту у вертикальній площині.

Використання П-подібних хомутів дозволяє горизонтальне переміщення катка по балці рами глибокорозпушувача, що уможливлює регулювання відстані між катками та мінімізує ризик їх забивання пожнивними рештками.

Секція катка з’єднана з балкою механізму захисту також через П-подібні хомути 7 (рис. 2.4), що дозволяє знімати окремі частини конструкції без необхідності демонтажу всього вузла.

Для підтвердження працездатності запропонованого технічного рішення буде проведено:

– Перевірочні розрахунки підшипників кочення, щоб оцінити їхню довговічність у робочих умовах.

– Розрахунки міцності окремих елементів конструкції, що дозволить визначити навантаження, які витримує система, і можливі точки напруження.

Ці заходи гарантують надійну роботу модернізованого глибокорозпушувача, забезпечуючи ефективне ущільнення ґрунту, оптимальне вирівнювання поверхні та мінімізацію втрат вологи.

2.2 Перевірочні розрахунки на міцність

забезпечення особливої уваги заслуговують CAE-системи (Computer-Aided Engineering), які дозволяють проводити аналіз конструкційних елементів на міцність, жорсткість та деформації.

Однією з найпоширеніших програм для таких розрахунків є ANSYS, яка дозволяє застосовувати метод кінцевих елементів (МКЕ) для моделювання напружено-деформованого стану конструкцій.

Основні критерії перевірки конструкції катка:

– Запас міцності – визначається за допомогою аналізу напружень у критичних зонах конструкції.

– Граничні деформації – оцінюються для запобігання небажаним зміщенням

або втраті співвісності.

– Жорсткість вузлів – аналізується для забезпечення стійкості конструкції під робочими навантаженнями.

– Аналіз вузлів з'єднання – перевіряється стійкість кріплень та механізму регулювання.

Використання програмних пакетів для аналізу**:**

– SolidWorks Simulation – дозволяє швидко оцінити напруження та переміщення елементів конструкції.

– Autodesk Inventor Nastran – дає змогу проводити більш деталізований аналіз конструкційних деформацій.

– ANSYS Mechanical – забезпечує точний розрахунок напружено-деформованого стану елементів катка з урахуванням реальних навантажень.

Проведення перевірочних розрахунків із застосуванням сучасних CAE-систем дозволить забезпечити оптимальну міцність і жорсткість конструкції, уникнути втрати працездатності механізму та забезпечити надійну і довговічну експлуатацію катка. Досить потужним інструментом для виконання інженерних розрахунків є пакет SOLIDWORKS Simulation Express, який дозволяє моделювати навантаження та аналізувати міцність конструкційних елементів.

Для оцінки надійності та міцності балки 3 (рис. 2.3) виконаємо симуляцію навантаження, враховуючи умови її експлуатації та точки кріплення секції катка.

Методика виконання розрахунку:

– Граничні умови: балка закріплюється до рами розпушувача за допомогою двох хомутів і кронштейнів (рис. 2.4).

– Прикладене навантаження: сила діє у точках кріплення секції катка, імітуючи реальні робочі умови.

– Матеріал балки: конструкційна сталь із заданими механічними характеристиками (межа текучості, модуль пружності, міцність на розрив).

– Тип аналізу: статичний розрахунок на напружено-деформований стан.

Очікувані результати моделювання:

– Визначення зон найбільших напружень, що дозволить оцінити ризик руйнування або деформації балки.

– Аналіз прогину балки, що важливо для підтримання точності роботи механізму.

– Перевірка запасу міцності, щоб уникнути передчасного зношення або поломок.

Використання SOLIDWORKS Simulation Express дозволяє провести точну перевірку балки на міцність та визначити оптимальну геометрію і матеріал для забезпечення довговічності та надійності конструкції в умовах експлуатації.



Рисунок 2.4 – Схема розташування точок прикладання сили (навантаження) та закріплення балки в Simulation Express

Проаналізувавши отримані результати, встановлено, що мінімальний запас міцності для вказаних вихідних параметрів складає 24,9. Це свідчить про значний резерв міцності конструкції, що дозволяє уникнути деформацій та руйнувань при експлуатації.

Основні висновки за результатами аналізу:

– Конструкція балки зі сталі AISI 1020 (аналог сталь 20) забезпечує достатню жорсткість і міцність при прикладеному навантаженні.

– Розподіл сил у точках кріплення (A та D) рівномірний (по 810 Н на кожну опору), що мінімізує ризик локальних деформацій.

– Відстань між точками кріплення (BC = 915 мм) не створює критичних напружень у балці, що гарантує її довговічність.

– Перші ознаки напруженого стану виникають у місцях кріплення балки до механізму захисту катка, проте рівень напруги значно нижчий за межу текучості матеріалу.

Рекомендації для покращення конструкції:

– Оптимізація ваги: можливо зменшити товщину стінки балки або використати високоміцні марки сталі для зниження маси без втрати міцності.

– Перевірка на втомну міцність: для оцінки тривалості експлуатації за динамічних навантажень слід виконати аналіз на циклічну втому.

– Модифікація кріплень: для підвищення надійності можна використовувати додаткові ребра жорсткості в зонах максимальних навантажень.

Отже, проведене моделювання підтверджує надійність конструкції балки, що забезпечує стабільну роботу катка навіть за інтенсивної експлуатації.

Недостатня міцність конструкції спостерігається лише при перевищенні допустимого запасу міцності в 30 разів. На рис. 2.5 відображені критичні зони, у яких можливе руйнування за умови надмірного перевантаження. Це свідчить про те, що конструкція має значний запас міцності і здатна витримувати навантаження, в десятки разів вищі за робочі умови експлуатації.

Отже, конструкція балки забезпечує високу міцність, що унеможливлює деформації та руйнування при нормальних навантаженнях, зони потенційного руйнування виникають лише при надмірному перевищенні допустимих навантажень, що свідчить про високу надійність елементів конструкції, запас міцності у 30 разів дає можливість використовувати конструкцію в умовах динамічних та ударних навантажень без ризику пошкодження.

Рекомендації що до покращення:

– Оптимізація ваги конструкції без зниження міцності шляхом використання високоміцних матеріалів або зміни геометрії балки.

– Додатковий аналіз на втому матеріалу, щоб оцінити довговічність при тривалих циклічних навантаженнях.

– Посилення критичних зон, якщо є необхідність підвищення стійкості при екстремальних умовах експлуатації.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що конструкція повністю відповідає експлуатаційним вимогам, має надлишковий запас міцності та не потребує негайних змін, що забезпечує її надійну роботу у складних умовах.

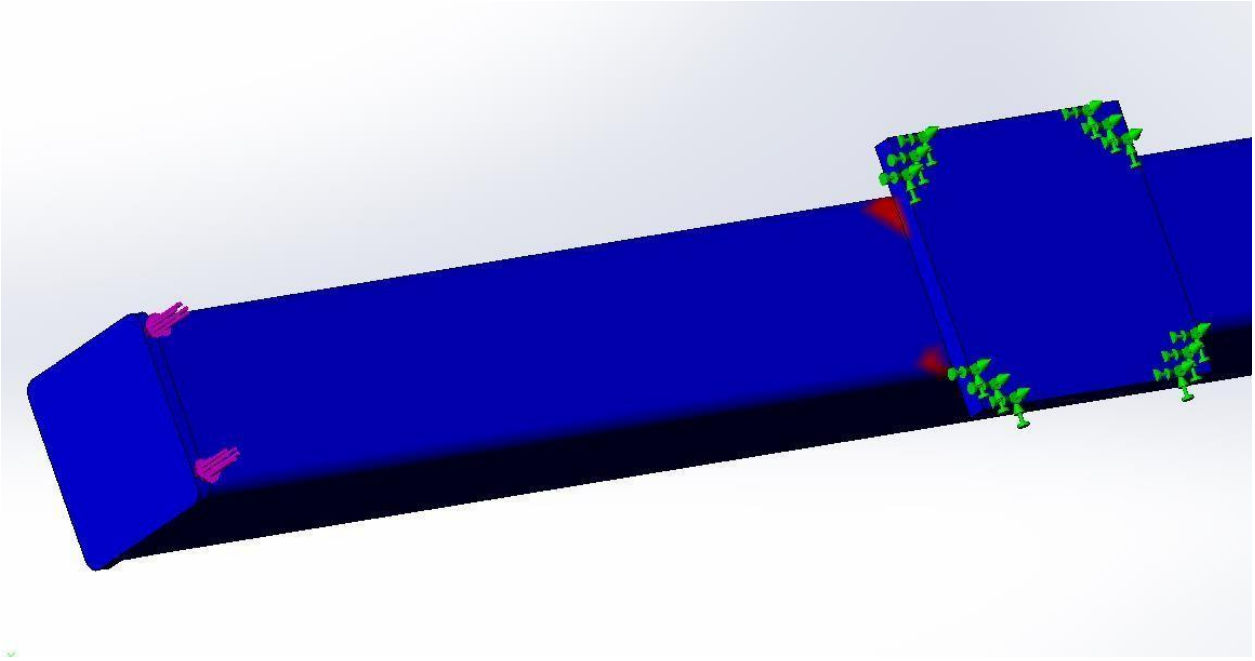


Рисунок 2.5 – Місце (позначене червоним) втрати міцності при перевищені запасу для обраного матеріалу у 30 разів

Як показано на рис. 2.5, зони найбільшої концентрації напружень виникають на зовнішній стороні платини, яка є опорною для секції котка. Це пояснюється найбільшим розтягуванням та деформацією матеріалу балки, а також можливістю вільного переміщення іншого кінця балки відносно її жорстко закріпленої частини.

Окрім запасу міцності, критичним параметром є величина деформації, яка може вплинути на роботу всієї конструкції. Значні деформації можуть викликати: Порушення співвісності підшипникових вузлів та втулок ковзання. Зниження ефективності роботи механізму в цілому через відхилення від розрахункових геометричних параметрів. Підвищене навантаження на окремі вузли, що може спричинити їх передчасний знос.

Для аналізу цього фактору у середовищі SOLIDWORKS Simulation Express було проведено моделювання деформацій балки при робочому навантаженні. На рис. 3.6 наведені результати розрахунків, які дозволяють оцінити величину та розподіл деформацій у конструкції.

Максимальна деформація знаходиться у допустимих межах і не призводить до критичних змін у конструкції. Рівномірний розподіл навантажень гарантує стабільність роботи всіх елементів, зокрема підшипникових вузлів. Можливі зони підвищеної деформації, визначені в ході аналізу, можуть бути посилені зміною товщини матеріалу або додатковими ребрами жорсткості.

Загалом, отримані результати підтверджують ефективність конструкції, однак

можуть бути враховані для її подальшої оптимізації з метою зменшення навантажень на окремі вузли та підвищення довговічності всього механізму.

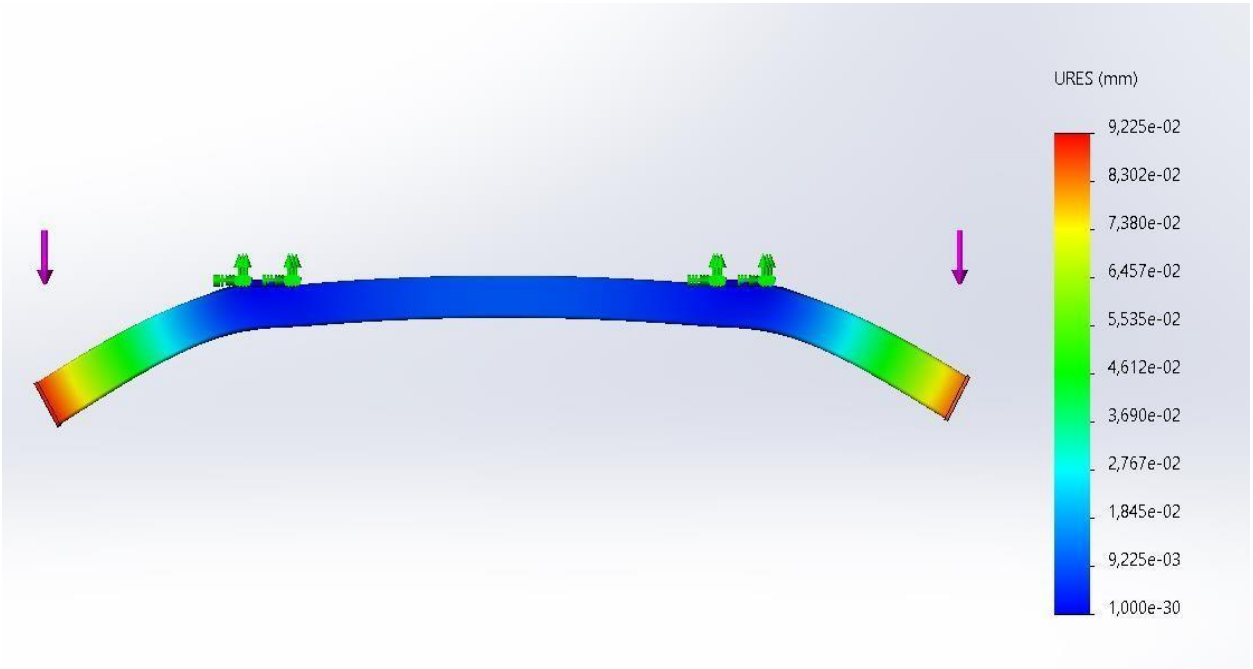


Рисунок 2.6 – Переміщення під дією прикладеної сили до досліджуваної балки

Аналіз отриманих даних (рис. 2.6) підтвердив, що максимальне переміщення балки при робочому навантаженні становить 0,092 мм. Такий рівень деформації є мінімальним і не впливає на працездатність конструкції.

Отже запас міцності балки складає 24,9, що свідчить про її високу надійність та здатність витримувати значні навантаження, жорсткість конструкції відповідає розрахунковим вимогам, що забезпечує стабільність роботи вузлів та механізмів, мінімальна деформація (0,092 мм) гарантує відсутність критичних відхилень у роботі підшипникових опор та збереження геометричної точності.

Таким чином, вибрана конструкція балки повністю відповідає експлуатаційним вимогам і забезпечує ефективність роботи глибокорозпушувача без ризику втрати працездатності або передчасного зносу компонентів.

2.3 Визначення ресурсу підшипників кочення секції катка

Для використання даної конструкції глибокорозпушувача було закладено використання двох котків по 2 метри кожен. Однак, перевірочні розрахунки показали значний запас міцності вибраної балки. Це свідчить про можливість збільшення типорозміру конструкції катка, наприклад, до 4 метрів.

Таким чином, доцільним є перегляд параметрів розрахунку та аналіз впливу збільшеної довжини катка на ресурс підшипникових опор. Додаткове навантаження

потребує коригування розрахунків довговічності підшипників для гарантування їх стабільної роботи в умовах експлуатації.

Розрахунок підшипників кочення виконуємо як для стандартної ширини захвату 2 м, так і для перспективного збільшення до 4 м.

Вибір підшипників базується на статичній або динамічній вантажопідйомності, що залежить від режимів їх роботи. Ключовим параметром для визначення необхідної методики є частота обертання підшипника, яку обчислюємо на основі швидкості руху машинно-тракторного агрегату (МТА) та геометричних розмірів катка.

Приймаємо:

– Робоча швидкість МТА – 9 км/год (або 2,5 м/с).

– Зовнішній діаметр катка – 400 мм (0,4 м).

Відстань, яку проходить каток за один повний оберт, визначається за формулою (2.1).

Частоту обертання катка і відповідно підшипника можемо знайти з виразу, об/с (2.2).

В врахування наведених даних, отримаємо:

$$n_{\text{підш}} = \frac{2{,}5}{1{,}256} = 1{,}99 \approx 2 \text{ об/с} = 120 \text{ об/хв}$$

Так як, частота обертання підшипника більша ніж 1 об/хв, то його підбір необхідно виконувати за динамічною вантажопідйомністю.

Для цього визначають довговічність роботи підшипника кочення в залежності від навантаження на особливостей умов експлуатації. Розрахунок ресурсу або довговічності підшипника кочення проводимо за спрощеною методикою, яка не враховує осьові навантаження. Такий підхід обґрунтований незначними деформаціями конструкції та прямолінійним рухом агрегату під час роботи.

Довговічність підшипникового вузла визначаємо за формулою (2.3).

Еквівалентне навантаження можна розрахувати за спрощеним виразом (2.4)

З врахуванням цього маємо:

$$P_{екв(2\ м)} = 1 \cdot 810 \cdot 3 \cdot 1 = 2430H$$

$$P_{екв(4\ м)} = 1 \cdot 1300 \cdot 3 \cdot 1 = 3900H$$

Для даної конструкції планується використовувати популярний та відносно

недорогий підшипник у корпусі типу UCF 208, який має номінальне значення динамічної вантажності – 29,6 кН. Таким чином, довговічність роботи підшипника буде становити для двох наведених варіантів:

$$L_{n(2м)} = \frac{10^6}{60 \cdot 120}\left(\frac{29600}{2430}\right) = 251025 \text{ год}$$

$$L_{n(4м)} = \frac{10^6}{60 \cdot 120}\left(\frac{29600}{3900}\right) = 77169 \text{ год}$$

З урахуванням середньорічного запланованого навантаження глибокорозпушувача на рівні 50–55 змін, загальна тривалість роботи МТА протягом року не перевищує 400 годин.

Виконані розрахунки підтверджують, що обраний підшипниковий вузол для катка шириною 2 м забезпечує довговічність на рівні 250 000 годин. У разі збільшення довжини катка до 4 метрів, прогнозований ресурс підшипника становитиме не менше 77 000 годин.

Таким чином, обраний підшипниковий вузол гарантує надійну експлуатацію глибокорозпушувача протягом усього періоду його служби без необхідності заміни.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Правила безпеки праці при виконанні технологічних операцій з обробітку ґрунту

У сільському господарстві основними агрегатами для обробітку ґрунту залишаються машинно-тракторні комплекси, в яких роль енергетичного засобу виконує трактор. Виконання технологічних операцій із ґрунтообробною технікою передбачає взаємодію робочих органів машин із ґрунтом, зокрема дискових борін, лап культиваторів, плугів та розпушувачів. Такі механізми можуть становити потенційну загрозу як для механізаторів, так і для персоналу, що знаходиться поблизу.

З метою забезпечення безпеки до роботи з ґрунтообробною технікою допускаються виключно кваліфіковані працівники, які пройшли необхідний інструктаж [22]. Весь персонал, який бере участь у технологічному процесі, має бути забезпечений спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту, якщо цього вимагають умови роботи. Відповідальність за створення безпечного середовища покладається на роботодавця [22].

Під час виконання робіт чи транспортування техніки від місця стоянки до поля категорично забороняється присутність сторонніх осіб. Перед початком роботи обслуговуючий персонал повинен пройти навчання з надання першої медичної допомоги. Кожен машинно-тракторний агрегат (МТА) повинен бути оснащений аптечкою першої допомоги.

Відпочинок та прийом їжі дозволяється тільки після повної зупинки МТА та заглушення двигуна. У разі погіршення самопочуття працівник зобов’язаний негайно повідомити керівника робіт та припинити виконання обов’язків. Повернення до роботи можливе лише після покращення стану здоров'я та отримання дозволу від медичного працівника. Перед початком виконання технологічних операцій необхідно надягти спеціальний одяг та передбачені засоби індивідуального захисту, якщо цього вимагають умови праці. Приєднання сільськогосподарської машини до трактора здійснюється на спеціальному майданчику, за умови відсутності сторонніх осіб у зоні з’єднання. Запуск двигуна трактора дозволяється лише після перевірки положення важеля перемикання передач та справності блокувальних пристроїв. Перед початком роботи необхідно переконатися у справності всіх елементів зібраного машинно-тракторного агрегату (МТА). Рух агрегату починається з подачі звукового сигналу, при

цьому слід упевнитися, що на лінії руху немає інших працівників.

Під час роботи заборонено залишати кабіну трактора та виконувати будь-які регулювальні дії на ходу. Підйом і опускання глибокорозпушувача, а також його переміщення на поворотних смугах допускається лише за умови повної відсутності людей у зоні роботи МТА. Якщо передбачається тривала перерва у виконанні робіт, агрегат слід перевести в транспортне положення або опустити його робочі органи на ґрунт.

На ґрунтообробних агрегатах категорично заборонено встановлювати додаткові місця для сидіння, окрім тих, що передбачені виробником. Робота в умовах недостатньої видимості дозволяється лише за умови справного освітлення на тракторі та навісному обладнанні.

Сполучення робочих елементів ґрунтообробної техніки має здійснюватися за допомогою спеціальних інструментів та пристроїв, передбачених виробником. Очищення робочих органів глибокорозпушувача від ґрунту, бур'янів або пожнивних решток допускається лише після повної зупинки агрегату та заглушення двигуна трактора. Найбільша кількість травм при виконанні ґрунтообробних робіт трапляється через недотримання цього правила.

Оскільки глибокорозпушувач, окрім лап, обладнаний батареями дисків, слід дотримуватись підвищених заходів безпеки при роботі з дисковими агрегатами. Одним із ключових аспектів є одним із ключових аспектів безпечної експлуатації глибокорозпушувача є правильне розташування чистиків на дискових робочих органах. Це дозволяє мінімізувати налипання ґрунту та запобігти його забиванню. Всі регулювальні роботи спочатку проводяться у спеціально облаштованих місцях, таких як ремонтна бригада чи машинний двір. У разі необхідності додаткове налаштування в полі здійснюється лише після повної зупинки агрегату.

Глибину обробітку налаштовують на спеціальному майданчику, змінюючи положення кріпильних елементів розпушувальних стійок. Заміна зношених чи пошкоджених деталей (наприклад, зрізних болтів, чистиків та інших елементів) здійснюється на краю поля із застосуванням відповідного інструменту. Якщо необхідно заточити робочі кромки дисків, це роблять на початку зміни із використанням спеціалізованого обладнання та засобів індивідуального захисту.

Дії у разі аварійної ситуації: якщо під час роботи виявлено несправність МТА,

агрегат необхідно негайно зупинити. У разі нещасного випадку слід терміново повідомити керівника або відповідальну особу. Пріоритетним є надання першої медичної допомоги потерпілому. При цьому, зона події повинна залишатися незмінною для проведення подальшого розслідування причин інциденту.

Після завершення технологічної операції МТА прямує до місця зберігання згідно заздалегідь визначеного маршруту. По прибуттю на машинний двір або в ремонтну зону необхідно очистити агрегат від залишків ґрунту, пожнивних решток і бур'янів, а також перевірити технічний стан техніки. Якщо виявлено несправності, вони мають бути усунені перед наступним використанням.

Модернізований глибокорозпушувач не створює додаткового негативного впливу на навколишнє середовище порівняно з базовою моделлю. Тому його експлуатація не вимагає впровадження додаткових екологічних заходів.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для оцінки ефективності запропонованого технічного рішення виконуємо порівняння експлуатаційних витрат на основний та передпосівний обробіток ґрунту. Базова версія глибокорозпушувача John Deere 512 залишає на поверхні значну кількість грудок розміром 40–50 мм і більше, а подекуди—до 100 мм. Це ускладнює якісне виконання сівби, що потребує додаткового передпосівного боронування для вирівнювання ґрунту.

Натомість, удосконалена модель John Deere 512M, обладнана додатковими котками, забезпечує подрібнення грудок та формування оптимальної структури ґрунту для сівби без додаткових технологічних операцій.

Методика аналізу ефективності: як показано в таблиці **4**.1, для базового варіанту передбачено дві технологічні операції:

1. Глибоке розпушування.
2. Передпосівне боронування.

Для удосконаленого варіанту передбачено лише одну операцію – розпушування ґрунту модернізованим агрегатом John Deere 512M.

Оцінка економічної доцільності використання кожного варіанту виконана відповідно до загальноприйнятої методики [23]. Початкові дані для проведення аналізу наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для техніко-економічного аналізу

Показники	Варіант	
	базовий	модернізований
Комплекс операцій	Глибоке рихлення + передпосівний обробіток	
Склад МТА: - глибоке рихлення - боронування	Case MX 310+ John Deere 512 Case MX 180+ ЗПГ-24	Case MX 310+ John Deere 512M
Річне завантаження МТА, га: - глибоке рихлення - боронування	1225 5754	1225

Продовження табл. 4.1

Середній виробіток МТА, га/год.: - глибоке рихлення - боронування	 3,5 27,4	3,4
Питома затрата палива $g_п$, л/га: - глибоке рихлення - боронування	 9,6 1,2	10,2
Вартість МТА відповідно до документації господарства (балансова) Б, грн.: - глибоке рихлення - боронування	 1350000+650000 710000+185000	1350000+690000

Орієнтовна вартість виготовлення катка визначена на основі аналогічних промислових зразків і становить 20 000 грн за одиницю. Оскільки на модернізований глибокорозпушувач John Deere 512 передбачається встановлення двох катків завдовжки по 2 метри, загальна сума капітальних вкладень складе 40 000 грн. Це призводить до збільшення балансової вартості агрегату, що враховується в таблиці 4.1.

Для оцінки ефективності впровадженого технічного рішення виконуємо аналіз витрат на основний і передпосівний обробіток ґрунту для двох варіантів:

1. Базовий варіант – передбачає глибоке розпушування + додаткове боронування.

2. Модернізований варіант – використання John Deere 512M без необхідності додаткового передпосівного боронування.

Експлуатаційні витрати для кожного складу МТА розраховуються за формулою (4.1).

На основі виконаних розрахунків оцінюється економічний ефект від впровадження модернізованого агрегату John Deere 512M.

Питомі витрати на ПММ можна розрахувати за формулою (4.2).

З врахування вище наведених даних отримаємо:

$$С^{б}_{пмм(рих.)} = 58 \cdot 11{,}6 \cdot 0{,}83 = 558{,}42 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{пмм(бор.)} = 58 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}83 = 57{,}77 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{пмм} = 58 \cdot 12{,}3 \cdot 0{,}83 = 592{,}12 \text{ грн/га}$$

Витрати на підтримання у працездатному стані МТА можна визначити з виразу

(4.3).

Величину нормативних відрахувань на реновацію та амортизацію необхідно обирати із нормативних даних для певного виду техніки. При цьому, для техніки закордонного виробництва такі дані відсутні. Для спрощення розрахунків приймемо їх рівними – 11 %, як для трактора, так і для сільськогосподарських машин – борони пружинної та глибокорозпушувача.

З урахуванням цієї інформації отримуємо:

$$С^{б}_{м(рих.)} = \left[\frac{2000000 \cdot 11}{100 \cdot 50 \cdot 1225} + \frac{150000}{1225}\right] = 126{,}04 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{м(бор.)} = \left[\frac{905000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 5754} + \frac{67875}{5754}\right] = 12{,}37 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{м} = \left[\frac{2040000 \cdot 11}{100 \cdot 50 \cdot 1225} + \frac{153000}{1225}\right] = 128{,}56 \text{ грн/га}$$

Витрати на ЗП розрахуємо за рівнянням (5.4).

З врахування вихідних даних, маємо:

$$С^{б}_{зп(рих.)} = \frac{1{,}49(1{,}2 \cdot 1 \cdot 600) \cdot 1{,}02}{24{,}5} = 44{,}67 \text{ грн/га}$$

$$С^{б}_{зп(бор.)} = \frac{1{,}49(1{,}2 \cdot 1 \cdot 600) \cdot 1{,}02}{191{,}8} = 5{,}70 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{зп} = \frac{1{,}49(1{,}2 \cdot 1 \cdot 600) \cdot 1{,}02}{23{,}8} = 45{,}98 \text{ грн/га}$$

Таким чином, питомі експлуатаційні витрати складуть:

$$С^{б}_{пит.} = (558{,}42 + 126{,}04 + 44{,}67) + (57{,}77 + 12{,}37 + 5{,}70) = 804{,}97 \text{ грн/га}$$

$$С^{п}_{пит.} = 592{,}12 + 128{,}56 + 45{,}98 = 766{,}66 \text{ грн/га}$$

Питомий економічний ефект на 1 га при вирощуванні кукурудзи складе:

$$Е_{пит} = С^{б}_{пит.} - С^{п}_{пит.} = 804{,}97 - 766{,}66 = 38{,}31 \text{ грн/га}$$

Враховуючи плановий обсяг річного завантаження (1225 га) річний економічний ефект складе:

$$Е^{рік}_{еф} = F \cdot Е_{пит} = 1225 \cdot 38{,}31 = 46929{,}75 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових вкладень становить:

$$Т_{о} = \frac{40000}{46929{,}75} = 0{,}85 \text{ років}$$

Одержані результати представимо у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічна ефективність проєкту

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Модернізо-ваний
Склад МТА: - глибоке рихлення - боронування		Case MX 310+ John Deere 512 Case MX 180+ ЗПГ-24	Case MX 310+ John Deere 512M
Середній виробіток: - глибоке рихлення - боронування	га/год	3,5 27,4	3,4
Питомі експлуатаційні затрати, (для базового варіанту вказані сумарні для двох операцій) в тому числі: затрати на ПММ оплата праці персоналу затрати на ТО, ремонт та амортизацію	грн/га	804,97 616,19 50,37 138,41	766,66 592,12 45,98 128,56
Питомий економічний ефект	грн / га	-	38,31
Річний економічний ефект	грн	-	46929
Термін окупності додаткових капіталовкладень:	років	-	0,85

Виконано техніко-економічний аналіз ефективності використання запропонованої модернізації глибокорозпушувача John Deere 512. Встановлено, що питомий економічний ефект такого рішення складе 38,31 грн/га. Враховуючи нормативне планове завантаження глибокорозпушувача 1225 га/рік, отримаємо економічний ефект у розмірі 46929 грн. При цьому, термін окупності капіталовкладень не перевищує 0,85 року.

ВИСНОВОК

У 2021–2023 роках посівні площі під кукурудзу в Україні варіювалися від 4,1 до 5,5 млн га. Наразі найбільш поширеними технологіями вирощування кукурудзи на зерно залишаються класична та мінімальна. Одним із ключових аспектів при розробці технологій вирощування є оптимізація операцій обробітку ґрунту. Дослідження показали, що для досягнення максимальної якості обробітку при мінімальних експлуатаційних витратах доцільним є використання комбінованих глибокорозпушувачів. Такі агрегати поєднують у собі розпушувальні лапи, батареї дисків і котки, що забезпечують вирівнювання та прикочування ґрунту. Вдосконалення конструкції наявних глибокорозпушувачів дозволяє підвищити ефективність їхньої роботи та знизити витрати ресурсів.

Розроблено детальний план механізованих робіт з вирощування кукурудзи на зерно з урахуванням наявного парку техніки та результатів наукових досліджень. Проведено оптимізацію збирально-транспортної ланки, визначено необхідну кількість комбайнів Case 9240 – 3 одиниці, а також транспортних засобів: трактор Case Magnum 380 із бункером-перевантажувачем KINZE 1500 та два вантажних автомобілі (Volvo FH12 або DAF). Загальна витрата палива на площі 305 га становить 12 003,6 кг, що відповідає 37,95 кг/га. Витрати робочого часу на весь цикл вирощування склали 329,7 люд.-год, а питомі витрати праці – 1,43 люд.-год/га.

Запропоновано модернізацію глибокорозпушувача John Deere 512 шляхом оснащення його прикочувальними котками. Розглянуто специфіку функціонування та регулювання вдосконаленої конструкції. Виконані розрахунки на міцність балки котка підтвердили, що її максимальна деформація не перевищує 0,092 мм, що свідчить про достатню жорсткість конструкції. Оцінка довговічності підшипникових вузлів показала, що їх ресурс для катка шириною 2 м становить не менше 250 000 год. При збільшенні ширини катка до 4 м прогнозований ресурс підшипників складе не менше 77 000 год, що свідчить про високу надійність запропонованої конструкції.

За умови реалізації технічного рішення із застосуванням катка довжиною 4 метри, ресурс обраного підшипникового вузла становитиме не менше 77 000 год. Це свідчить про здатність підшипника працювати протягом усього експлуатаційного періоду без потреби у його заміні.

Проаналізовано основні вимоги щодо безпеки праці під час виконання

технологічного процесу глибокого рихлення ґрунту, що дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити безпечні умови роботи для персоналу.

Проведено техніко-економічну оцінку ефективності запропонованої модернізації глибокорозпушувача John Deere 512. Визначено, що питомий економічний ефект від впровадження вдосконаленої конструкції складе 38,31 грн/га. За нормативного планового завантаження глибокорозпушувача 1 225 га/рік, річний економічний ефект досягне 46 929 грн. При цьому, термін окупності капіталовкладень не перевищує 0,85 року, що підтверджує доцільність і рентабельність впровадження запропонованих удосконалень.

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 Сисин О.В., 2012. – 480 с.
3. Сідашенко О.І. Ремонт машин / За ред. О.І. Сідашенка, А.Я. Поліського. – К.: Урожай, 2004. – 400 с.
4. Авдєєв М.А., Воловик Є.Л., Ульман І.Є. Технологія ремонту машин та обладнання. – М.: Агропромиздат, 1996. – 247 с.
5. Воловик Є.Л. Довідник з відновлення деталей. – К.: Урожай, 2001. – 351 с.
6. Есерберлін Р.Є. Капітальний ремонт автомобілів. – Х.: Транспорт, 1999. – 335 с.
7. Бабусенко С.М. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств. – К.: Техніка, 2000. – 352 с.
8. Довідник з ремонтно-обслуговуючого виробництва агропромислового комплексу / А.Г. Корж та ін. – К.: Урожай, 1998. – 240 с.
9. Обладнання для ремонту сільськогосподарської техніки / За ред. С.С. Черепанова. – К.: Урожай, 2001. – 245 с.
10. Корсаков В.С. Основи технології машинобудування. Підручник для ВНЗ. – К.: Вища школа, 1994. – 333 с.
11. Ремонт сільськогосподарської техніки: Довідник / За ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Урожай, 2002. – 304 с.
12. Тельнов М.Я., Очкасов О.А., Бадаров Є.І. Ремонт машин / За ред. М.Я.

Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 558 с.

13. Технічне обслуговування і ремонт машин / П.В. Лауш, Н.В. Власенко, І.П. Столяров, В.Я. Чабанний. – К.: Вища школа, 1989. – 351 с.

14. Рассказов М.Я. Організація ремонтного виробництва агропрому. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 208 с.

15. Довідник технолога авторемонтного виробництва / За ред. Г.А. Малишева. – М.: Транспорт, 1977. – 432 с.

16. Єрмолов Л.С., Кряжков В.М., Черкун В.Є. Основи надійності сільськогосподарської техніки. – М.: Колос, 1982. – 271 с.

17. Уткін Н.Я. Пристосування для механічної обробки. – 2-ге вид., переробл. і доп. – Л.: Лениздат, 1983. – 175 с.

18. Охорона праці під час ремонту і обслуговування сільськогосподарської техніки: Довідник / Упоряд. В.А. Недригайлов. – М.: Колос, 1981. – 320 с.

19. Буракова С.А. Охорона праці в сільському господарстві. Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1989. – 280 с.

20. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей. – К.: Знання, 2000. – 205 с.

21. Методика визначення економічної ефективності капіталовкладень. – М.: Держбуд, 1998. – 31 с.