НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарськихмашин
(назва кафедри)
та системотехніки ім.акад.П.М.Василенка

_____ Гуменюк Ю.О.
(підпис) (ПІБ)

«____» _____2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

на тему: «МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ КРІПЛЕННЯ ГОЛЧАСТОГО КОТКА НА АГРЕГАТІ TERRA-MAX HT1100»

Спеціальність 208«Агроінженерія»
(код і назва)

Гарант освітньої програми
д.т.н., професор. _____ **Братішко В.В.**
(підпис)

Керівник дипломного проекту
к.т.н., доц. _____ **Гуменюк Ю.О.**
(підпис)

Виконав _____ **Коваленко О.А.**
(підпис)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко–технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри сільськогосподарських машин
тасистемотехнікиім.акад.П.М.Василенка

к.т.н., доц. Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
«23 » жовтня 2025р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання дипломного проекту бакалавра студенту
Коваленку Олександру Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
Спеціальність 208«Агроінженерія
(код і назва)
Тема дипломного проекту бакалавра «Механізація процесу обробітку ґрунту з вдосконаленням кріплення голчастого котка на агрегаті Terra-Max HT1100» затверджена наказом ректора НУБіП України від «22» жовтня 2025р. № 510 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру
(рік, місяць, число)
Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Технічний паспорт та інструкція з використання машини, каталог запчастин та прайс листи, глибина обробітку - 12 см.; ширина захвату - 7,5 м.; годинна продуктивність агрегату 7.2 га/год.; глибина обробітку – 10 см.; матеріали наукових та інтернет-видань.
Перелік питань, котрі потрібно розробити:

1. Аналіз існуючих способів обробітку ґрунту.
2. Огляд конструкцій машин комбінованого обробітку ґрунту.
3. Технологічний розрахунок параметрів удосконаленої машини.
4. Заходи з охорони праці.
5. Техніко-економічне обґрунтування удосконаленої машини.

Перелік графічних документів: 1 – Гібридний ґрунтообробний агрегат Terra-Max (загальних вигляд); 2 – Огляд конструкції машин; 3 – Схема робочого процесу;4- Деталювання ; 5 - Таблиця потенційних небезпек (охорона праці); 6 – Техніко- економічна ефективність удосконаленої машини.

Дата видачі завдання «23» жовтня 2025 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Гуменюк Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Коваленко О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 6

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 8

1.1. Вплив існуючих технологій ґрунтообробки на якість підготовки ґрунту 8

1.2. Огляд сучасної ґрунтообробної техніки та ефективність її застосування 10

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАШИН КОМБІНОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 17

2.1 Аналіз конструктивних особливостей машин передпосівного обробітку ґрунту 17

2.2 Основні завдання обробітку ґрунту 24

2.3 Огляд технологічних процесів обробітку ґрунту 25

2.4 Характеристика знарядь та форми робочих поверхонь ґрунтообробних машин передпосівного обробітку 26

2.5 Агротехнічні вимоги 33

3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ 36

3.1. Розроблення конструктивної-технологічної схеми культиватора для вертикального обробітку ґрунту 36

3.2 Виявлення недоліку конструкції та пропозиція щодо її вирішення 39

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 47

4.1. Заходи охорони праці при виконані ґрунтообробних операцій 47

4.2 Охорона навколишнього середовища 54

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ 56
5.1. Розрахунок економічної ефективності вдосконалення гібридного ґрунтообробного агрегату 56

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 67
ДОДАТКИ 70

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи налічує 69 сторінок на яких розміщено 30 рисунків, 4 таблиці та 6 додатків. Всього список використаної літератури включає 23 джерела.

Актуальність теми зумовлена потребою у використанні ефективних та надійних агрегатах. Сучасні ґрунтообробні агрегати потребують значних капіталовкладень фермера, тобто це інвестиція яка повинна відпрацьовувати вкладені в неї кошти. Тому удосконалення конструкції агрегату дозволяє збільшити надійність машини та зменшити витрати часу та коштів на ремонт.

У першому розділі було досліджено як сучасні існуючі системи обробітку впливають на ґрунт. Аналогічно сучасним системам було розглянуто й сучасні провідні агрегати, а саме 4 одиниці, кожна з яких має свої особливості в будові та типі робочих органів.

У другому розділі найбільше уваги було виділено універсальним машинам для вертикального обробітку ґрунту, щоб зрозуміти в загальному їх будову та принцип роботи. Також, були розглянуті сучасні робочі органи машин та їх функції. В кінці розділу розглядались основні агротехнічні вимоги до розповсюджених типів обробітку ґрунту.

Третій розділ включає в себе детальний огляд будови та принцип роботи гібридного агрегату Terra-Max HT1100-7.5, а також наявність проблеми в конструкції та запропонований спосіб її вирішення з відповідним розрахунком.

Четвертий розділ поєднав у собі загальні правила з охорони праці та не менш важливі правила з охорони навколишнього середовища.

П’ятий розділ містить економічний розрахунок доцільності впровадження такого удосконалення в конструкції агрегату.

Ключові слова: декілька операцій за прохід, вертикальний обробіток, гібридний агрегат, універсальна машина, економічна ефективність, лезо, ротаційна борінка дискові батареї, пожнивні рештки, ґрунт, верхній шар.

ВСТУП

Сільське господарство є однією з провідних галузей національної економіки України, яка забезпечує як внутрішні потреби країни в продовольстві, так і формує значний експортний потенціал. Ні для кого не секрет що Україна має найбагатші ґрунти в Європі, що дозволяє займати важливе місце серед світових виробників зернових та технічних культур. Ефективність аграрного виробництва значною мірою залежить від використання сучасних технологій обробітку та раціонального використання техніки та земельних ресурсів.

Сучасний стан агропромислового комплексу України характеризується роботою в умовах безпрецедентних викликів. Якщо не брати до уваги війну та економічні чинники, на перший план виходять глобальні кліматичні зміни, які безпосередньо впливають на ведення агробізнесу. Можна спостерігати тенденцію до зменшення загальної кількості опадів, та їх нерівномірний розподіл, що змушує аграріїв змінювати стратегію обробітку. Інтенсивний механічний обробіток призводить до руйнування структури ґрунту та негативно впливає на водно-повітряний режим ґрунту. Зменшення вмісту гумусу є серйозною проблемою оскільки саме він визначає родючість ґрунту та його здатність забезпечувати рослини всім необхідним.

У зв’язку з цим необхідно переходити до більш енергоощадливих та ресурсозберігаючих технологій обробітку. Сучасні підходи обробітку передбачають збереження пожнивних решток на поверхні поля, вони виступають в ролі щита для верхнього шару ґрунту, що знижує його температуру та запобігає надмірному випаровуванню. Новітні ґрунтообробні агрегати мінімізують механічний вплив на ґрунт та роблять декілька операцій за один прохід, що дозволяє менше ущільнювати ґрунт та економити на паливо-мастильних матеріалах.

В світі активно переходять на такі технології обробітку, особливо це помітно в країнах з посушливими кліматичними умовами. В Україні мінімальний та вертикальний обробіток поступово впроваджується в

південному та центральному регіонах, де проблема збереження вологи найбільш актуальна. Розвиток технології обробітку ґрунту тягне за собою і розвиток світових та вітчизняних виробників техніки. Сучасний ринок сільськогосподарської техніки в Україні представлений широким спектром техніки під будь-яку технологію.

Отже, у сучасному сільському господарстві особливе значення має ефективне використання технології обробітку ґрунту. Зміна технології є важким кроком, який тягне за собою значне вкладення капіталу, але такий крок сприяє збереженню родючості ґрунтів, підвищенню врожайності та зниженню виробничих витрат.

Розділ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

1.1. Вплив існуючих технологій ґрунтообробки на якість підготовки ґрунту

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, де зростають вимоги до ефективності використання ресурсів, підвищення врожайності та збереження родючості ґрунту, питання якісного обробітку ґрунту набуває особливої актуальності.

Існуючі технології ґрунтообробки суттєво впливають на агрофізичні властивості ґрунту, його структуру, вологість та родючість, виступаючи ключовим фактором у забезпеченні врожайності. Вибір технології - від традиційної оранки до мінімального обробітку (No-Till, Strip-Till) - визначає якість підготовки ґрунту до сівби та його довгострокове здоров'я.

Найбільш традиційним способом є полицевий обробіток ґрунту, що передбачає повне перевертання орного шару за допомогою плуга. Під час оранки верхній шар переміщується вниз, а нижній піднімається на поверхню та подрібнюється. Орієнтовна глибина такої оранки становить близько 20 см, а глибші роботи відносять уже до глибокого обробітку. Цей метод забезпечує ефективне загортання рослинних решток і добрив у нижні горизонти, очищення поверхні поля, поліпшення структури ґрунту (його розпушення чи рихлення), а також збільшення об’єму орного шару. Він сприяє знищенню бур’янів, шкідників і збудників хвороб. [1]

Завдяки якісному розпушуванню, покращенню дренажу та рівномірному розподілу поживних речовин створюються сприятливі умови для одночасного проростання насіння. Сучасні комбіновані агрегати дозволяють за один прохід виконувати кілька операцій - розпушування, боронування, вирівнювання, закриття вологи й внесення добрив. Осіння оранка також покращує формування насіннєвого ложа, особливо на важких ґрунтах, завдяки дії морозу та покращенню капілярного підняття вологи.

Навесні перевернутий шар швидше прогрівається, що дає змогу раніше розпочати польові роботи.

Водночас надмірне або неправильне застосування оранки (наприклад, за високої вологості) може призводити до руйнування структури ґрунту, втрати гумусу, зменшення активності мікроорганізмів і утворення ущільненої підошви. У деяких випадках це навіть потребує повторного ущільнення. За умов ризику ерозії, застою води чи частого пересихання доцільно обмежувати використання цього способу або змінювати глибину обробітку. Весняна оранка малоефективна на глинистих ґрунтах, тоді як найкраще вона проявляє себе в умовах достатнього чи надлишкового зволоження.

Альтернативою є безполицевий обробіток, який виконують плоскорізами, чизелями або культиваторами з відповідними робочими органами. У цьому випадку ґрунт розпушується без перевертання. Основна перевага полягає у збереженні природної структури ґрунту. Рослинні рештки залишаються на поверхні, формуючи захисний шар, що зменшує втрати вологи та запобігає ерозії, а також активізує ґрунтову мікрофлору.

Такий підхід підвищує родючість і може позитивно впливати на врожайність. Серед інших переваг - можливість виконання робіт за різних погодних умов, економія палива, часу й трудових ресурсів. Проте ефективність сильно залежить від дотримання технологічних параметрів (глибини, швидкості, налаштування техніки). Крім того, потрібне спеціалізоване обладнання, яке часто є дорожчим. У деяких ситуаціях безполицевого обробітку недостатньо, тому застосовують комбіновані системи.

Mini-Till - це система мінімального обробітку, яка займає проміжне місце між традиційною оранкою та технологією No-Till. Її суть полягає у зменшенні кількості механічних операцій і мінімальному втручанні в структуру ґрунту при збереженні достатнього рівня розпушування. Ґрунт не перевертається, а лише обробляється на невелику або середню глибину (до

18 см), при цьому рослинні рештки частково перемішуються, а частково залишаються на поверхні як захисний шар.

Ця технологія дозволяє зменшити ерозію, покращити аерацію, сприяти розкладанню органічних решток і краще зберігати вологу. Також скорочується кількість проходів техніки, що знижує витрати пального та навантаження на ґрунт. Важливою особливістю є поступове накопичення органічної речовини у верхньому шарі. Водночас система потребує ефективного контролю бур'янів і правильно організованої сівозміни.

Найбільш радикальним підходом є технологія No-Till, яка передбачає повну відмову від механічного обробітку ґрунту. Посів здійснюється безпосередньо в необроблений ґрунт спеціальними сівалками. Рослинні рештки залишаються на поверхні у вигляді мульчі, що захищає ґрунт від ерозії, зберігає вологу, сприяє накопиченню гумусу та активізує біологічні процеси.

Ця система значно зменшує витрати пального й ресурсів, але вимагає високого рівня агротехнічного контролю. Зокрема, у перші роки можливе інтенсивне поширення бур'янів, тому необхідне грамотне застосування засобів захисту рослин і ретельне планування сівозміни. Попри складність впровадження, No-Till сприяє підвищенню родючості та може суттєво збільшувати врожайність. Водночас на перезволожених ґрунтах його застосування обмежене, якщо не забезпечено ефективний дренаж.[1]

1.2. Огляд сучасної ґрунтообробної техніки та ефективність її застосування.

Сучасна ґрунтообробна техніка еволюціонує в бік ощадливості (ресурсозаощадження) та інтелектуалізації. Головний тренд - перехід від інтенсивного глибокого обробітку (оранки) до мінімального (Mini-Till) та нульового (No-Till) землеробства, що дозволяє зберегти вологу, структуру ґрунту та зменшити витрати пального.

Спостерігається тенденція до створення комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують кілька технологічних операцій (наприклад, розпушування, вирівнювання, коткування, внесення добрив, сівба). Це дозволяє скоротити кількість проходів техніки полем, зменшити ущільнення ґрунту та витрати паливно-мастильних матеріалів.

Активно розвиваються системи автоматичного керування, GPS-навігації, диференційованого внесення добрив та засобів захисту рослин, що вимагає від ґрунтообробних машин високої точності виконання технологічних операцій.



Рис. 1.1 Комбінований культиватор Väderstad TopDown 600

Väderstad TopDown - це універсальний комбінований культиватор, який став еталоном у сегменті важкої ґрунтообробної техніки. Його головна особливість полягає в тому, що він поєднує в собі чотири типи робочих органів, кожен з яких виконує окрему функцію за один прохід. Також він здатен проводити як поверхневий, так і глибокий обробіток ґрунту.

Машина поєднує в собі чотири функціональні робочі зони які можна налаштовувати незалежно одна від одної. Перша зона включає в себе два ряди конічних дисків які розташовані між собою з інтервалом в 12,5 см, та кожен з яких закріплений на індивідуальній стійці. Диски інтенсивно розрізають та перемішують рослинні рештки з верхнім шаром ґрунту. Друга

зона складається з розпушувальних лап які забезпечують розпушення та перемішування ґрунту на глибину до 30 см. Одразу за стійками розміщенні вирівнювальні диски які вирівнюють ґрунт. В фінальній зоні даного агрегату встановлюється коток, який здатен копіювати рельєф поля та рівномірно ущільнювати ґрунт.

На дану машину також можна встановити систему внесення мінеральних добрив, а також перетворити її в сівалку після чого вона зможе сіяти дрібнонасіннєві культури. [2]



Рис. 1.2 Пневаматична сівалка Spartan II 607 [3]

Spartan 607 II - це 6-ти метрова високопродуктивна пневматична сівалка, яка має два бункери об’ємом 2890 л, систему сошників з використанням колтерів, гідравлічне регулювання норми висіву та відмінну здатність копіювати рельєф поля. Головною перевагою цієї сівалки є передній ряд колтерів, які дають змогу сіяти без попередньої культивації по технології No-Till. [4]

Однією з особливостей цієї сівалки є зональна культивація. Завдяки колтерам сошники з подвійним диском якісно вкладають насіння на дно

борозни, а далі слідують прикочувальні колеса які достатньо вузькі щоб здійснювати тиск тільки на оброблену поверхню поля, оброблені смужки надалі прогріваються подібно до ґрунту після оранки прияючи проростанню насіння.[4]

Бічні секції рами можуть прогинатись вниз на 10 градусів, а вверх на вже на 15 градусів, також сама сівалка може відхилятися на 15 градусів що забезпечує краще повторення рельєфу поля. Баштова система на сівалці має одноконтурне та двоконтурне подання висівного матеріалу, а саме при одноконтурному варіанті насіння і добрива мають власні системи дозування та подаються через первинні та вторинні шланги, двоконтурна система відрізняється лише тим, що насіння та добрива подаються в ґрунт окремо. Також є можливість відключення половини ширини або окремих секції що дозволяє уникнути пересівів на клинах, та спрощує використання сівалки на полях складної форми.[5]



Рис 1.3 Ротаційна борона Pöttinger lion

Ротаційна борона вважається ідеальним інструментом для передпосівної підготовки на важких, глинистих та пересушених ґрунтах, де

звичайні культиватори залишають великі грудки. Головними робочими органами борони є ротори з масивними зубцями обертаються назустріч один одному. Зубці загартовані та мають напівгвинтову форму що дозволяє інтенсивно розпушувати та перемішувати ґрунт. Зубці можна встановити у агресивний та не агресивний режим. Агресивний режим характерний розкришуванням ґрунту та активним перемішуванням пожнивних решток. Не агресивний режим призначений для підготовки посівного ложа, зубці концентрують дрібні частини ґрунту в зоні посіву, а грудки та пожнивні рештки залишаються на поверхні поля захищаючи його від ерозії.

На дану ротаційну борону можна встановити сівалки VITASEM та AEROSEM. Сівалки кріпляться на котку, це дозволяє розмістити центр ваги максимально близько до трактора, завдяки такому кріпленню навантаження на задню вісь та передній міст трактора зменшиться. Так як сівалка кріпиться на котку то регулюючи глибину обробітку котка, сівалка автоматично адаптується. Сівалка своєю масою краще прижимає коток до землі, роблячи ідеально рівну поверхню для посіву.[6]



Рис 1.4 Плуг Lemken Juwel 8

Зі зменшенням використання засобів захисту рослин у сільському господарстві роль плуга знову зростає. Особливо часто його обирають як альтернативу гербіцидам для боротьби з бур'янами. Крім того, рівна та акуратна борозна сприяє зменшенню поширення хвороб рослин і допомагає захистити посіви від мишей та інших шкідників. Після оранки поле залишається чистим, без пожнивних залишків, що створює сприятливі умови для проростання насіння наступної культури. Саме тому на сьогодні не існує повноцінної альтернативи плугу.

Дослідження також підтверджують, що завдяки якісному розпушенню та аерації зони кореневої системи плуг забезпечує оптимальні умови для розвитку коренів ріпаку, що є важливим фактором стабільної та високої врожайності.

Навісні плуги серії Juwel M від компанії LEMKEN поєднують надійність у роботі, зручність керування та високу якість обробітку ґрунту. Вони мають широкий вибір комплектацій і додаткового обладнання, що дозволяє підібрати оптимальне рішення відповідно до умов господарства. На дані плуги встановлюються корпуси DuraMaxx, їхня особливість в тому що вони виготовляються із значно міцнішої сталі, а також у відмові від механічної обробки. Корпуси можна швидко замінити навіть без інструменту, достатньо витягнути шплінт і зняти грудину відвала, яка виконує роль фіксатора для інших елементи корпуса.

Керування обертанням плуга й регулювання ширини передньої борозни, нахилу, ширини захвату й робочої глибини виконується за допомогою гідравлічного опорного колеса через термінал CCI або системи ISOBUS трактора. Інші функції, як-от керування ґрунтоущільнювачем або налаштування системи захисту від перенавантажень OptiStone, доступні як опції. [7] [8]

Отже, ми розглянули декілька агрегатів від провідних світових виробників, що дозволяє з упевненістю сказати що прогрес не стоїть на місці

та знайти спільні конструктивно-технологічні підходи, що не залежать від бренду.

Тенденція до універсальності реалізується через поєднання декількох робочих зон в одній машині, що чітко прослідковується на прикладі Väderstad TopDown, де дискові секції поєднуються разом з лаповими та прикочувальними елементами. Машини по типу Pöttinger lion доводять що механічний привід робочих органів забезпечує високу якість кришення ґрунту незалежно від його фізичного стану. Машини такого типу залишаються найбільш ефективним для створення ідеальної структури насіннєвого ложа, на важких та складних ґрунтах. Характерною рисою сучасних агрегатів є точне землеробство спостерігається інтеграція цифрових систем керування, що реалізовано у Spartan II 607 та Lemken Juwel 8, завдяки системі ISOBUS параметри робочих агрегатів можна змінювати у реальному часі.

Таким чином, незалежно від конструктивних відмінностей, сучасні машин орієнтовані на виконання декількох операцій за один прохід, також до використання точного землеробства, що дозволяє підвищити точність операцій в полі та економити фермеру на розхідних матеріалах.

РОЗІДЛ 2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАШИН КОМБІНОВАНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1 Аналіз конструктивних особливостей машин передпосівного обробітку ґрунту

У попередньому розділі було розглянуто загальні напрями розвитку машин у сільському господарстві з якого можна зробити висновок, що сучасна ґрунтообробна техніка характеризується переходом від вузькоспеціалізованих агрегатів до універсальних багатофункціональних рішень. Водночас за останні роки можна побачити тенденцію до зміни клімату в Україні. Це проявляється у зменшенні кількості опадів та аномально високій температурі влітку у більшості регіонів країни.

У зв’язку з цим особливого значення набувають агрегати, конструкція яких забезпечує поєднання кількох технологічних операцій за один прохід, зокрема подрібнення пожнивних решток, поверхневе розпушення, вирівнювання та прикочування ґрунту. До таких машин належать агрегати вертикального та змінного обробітку, які працюють із верхнім шаром ґрунту, мінімізуючи перемішування та зберігаючи його природну структуру, що сприяє збереженню вологи.



Рис 2.1 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту KUHN EXCELERATOR XT 8010 [9]

Аналіз конструкції агрегату KUHN Excelerator XT 8010 показує, що він реалізує класичну схему вертикального обробітку ґрунту, яка передбачає мінімальне перемішування та збереження природної структури орного шару. Основними робочими органами є передні та задні дискові батареї, кут атаки яких можна регулювати як механічно так і гідравлічно, передні батареї мають малий кут входження в ґрунт у межах 1-5 градусів, проте кут входження можна збільшити з 6 до 8 градусів в режимі XTended, забезпечивши більш агресивний обробіток ґрунту. Передні леза Excalibur VT діаметром 588,8 міліметрів з 32 зубцями та інтервалом між ними в 177,8 мм забезпечують різання рослинних решток, мінімальне утворення гребенів та борозенок, і сприяють вирівнюванню поверхі поля.

Одразу за першим рядом лез йдуть граблини які сприяють рівномірному розподілу пожнивних решток по ширині всього агрегату, а також зменшенню розмірів грудок.

Задній ряд лез мають ті самі геометричні параметри що й передні, проте інтервал між дисками збільшено на 25,4 мм (передні- 177,8 мм; задні- 203,2 мм). Збільшена відстань між лезами дозволяє забезпечувати додаткове подрібнення пожнивних решток та підтримання продуктивності в складних умовах. Кут входження задніх батарей можна змінювати в діапазоні від 1 до 8 градусів незалежно від передніх, що дозволяє гнучко налаштовувати агрегат.

У конструкції KUHN EXCELERATOR XT 8010 важливу роль відіграють ротаційні робочі органи Star Wheel. Ротаційні трейдери агресивно змішують ґрунт з пожнивними залишками та рівномірному їх розподілу, забезпечують вирівнювання поля для рівномірного розміщення насіння.

Завершальною ланкою даного агрегату є прикочувальний каток типу 24/7. Конструкція катка забезпечує копіювання рельєфу поля що дозволяє рівномірно ущільнювати ґрунт по всій ширині захвату. Є можливість встановити два варіанти катка з плоскими лезами, або круглими прутами.

Також можна поставити опцію, сівалку для покривних культур KUHN Krause серії CCX 9000 на апарати від 11 до 34 футів. Таким чином EXCELERATOR XT зможе забезпечувати вертикальний обробіток поля, подрібнити рештки і підготувати їх до розкладання протягом зими з одночасним посівом покривних культур. [10]



Рис 2.2 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту KUHN EXCELERATOR XT 8010 з сівалкою Krause серії CCX 9000

Наступною машиною в огляді є, VT-Flex 435 від американської компанії CASE IH, яка має схожу конструкцію з попереднім агрегатом, проте конструкція більш спрощена та включає два ряди дискових батарей і фінішний коток. KUHN EXCELERATOR XT 8010 забезпечує більш інтенсивний обробіток та якісне перемішування пожнивних решток з ґрунтом, а конструкція VT-Flex 435 орієнтована на реалізацію чистого вертикального обробітку з мінімальним порушенням структури ґрунту.

Машина обладнана 20-дюймовими дисками Earth Metal VT які мають хвилясту форму та виконані зі спеціального сплаву для максимальної зносостійкості, як опцію можна замовити цей агрегат і з 22-дюймовими дисками Reverse Crimp Notched. Крок між дисками становить 7,5 дюйма (19 см) оптимізований для якісного перерізання решток навіть при малих кутах.



Рис 2.3 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту VT-Flex 435 Vertical Tillage Tool [11]

Кут входження можна регулювати від 0 до 12 градусів, як механічно так і гідравлічно, незалежно одна від одної, прямо з кабіни трактора. Малі кути входження в ґрунт призначенні для розрізання решток, а агресивні кути до 12 градусів забезпечують інтенсивне перемішування решток з ґрунтом.

Робочим органом що завершує цикл обробки є коток TigerPaw Crumbler на рисунку 2.3 зображено машину з одинарним котком, як опцію можна поставити подвійний для кращого подрібнення решток. На агрегатах з малою шириною захвату використовується механічне регулювання притискного зусилля котка, а для великих моделей 30-34 фута можна встановити гідравлічне регулювання притискного зусилля, що критично важливо на важких ґрунтах. [12]

HALO VRT - це інноваційна ґрунтообробна машина від канадського виробка сільськогосподарських машин Salford. Агрегат оснащений регулюванням кута входження в ґрунт від 2 до 15 градусів, який можна змінювати находу прямо з кабіни трактора, що дозволяє оператору обирати інтенсивність обробітку. Конструктивно від попередніх розглянутих машин цей апарат відрізняється тим, що рама збирається вперед забезпечуючи

безпечне та легке транспортування між фермерськими господарствами та полями.



Рис 2.4 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту SALFORD HALO VRT

Ще однією відмінністю є ще те, що кожне 22-дюймове хвилясте лезо встановлене незалежно один від одного, поглинаючи ударне навантаження за рахунок гумово торсіонної підвіски яка здатна забезпечити 7,5 дюймів (19 см) ходу назад, що дозволить вберегти від можливих пошкодження у складних умовах.

Фінішним знаряддям даної машини є подвійний 14-дюймовий коток який забезпечує більш інтенсивне подрібнення ґрунту та формує якісне насіннєве ложе. Коток достатньо важкий, щоб забезпечити достатнє вирівнювання поверхні поля. Опційно можна поставити 23-дюймовий трубчастий коток Round Bar Cage Roller після проходу якого залишається текстурована поверхня поля, а також напівпневматичний гумовий коток який

за рахунок свого хвилястого профілю покращує подальший контакт насіння з ґрунтом та запобігає утворення кірки.

Рамна система даної машини забезпечує якісне вирівнювання поля завдяки гідравлічному регулюванню як у поперечному (з боку в бік), так і в поздовжньому (вперед - назад) напрямках, що дозволяє агрегату працювати стабільно й рівно. Гідравлічна система поздовжнього вирівнювання (fore/aft) запобігає підстрибуванню агрегату під час роботи на високих швидкостях по нерівному рельєфу. [15] [16]



Рис 2.5 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту SALFORD RTS I-2100

Дана машина працює за принципом незалежного кріплення кожного робочого органу, що відрізняє її від інших дискових борін з батареями. Модель I-2100 використовує систему Coil-Tech Coulter II яка розрахована на роботу у важких умовах та агресивний обробіток. Стійка виготовлена з пружинної сталі товщиною близько 41 мм, що забезпечує ефект відбійного

молотка та руйнує ущільнення по ходу диска та покращує аерацію і водопроникність. Якщо диск стикається з чимось у ґрунті, наприклад з камінням то конструктивно передбачено відхилення стійки до 15 см, що дозволяє запобігти пошкодженню робочих органів.

Також конструктивно відрізняється диск, так він має стандартний розмір в 22-дюйми та виготовлений з боровмісної сталі, проте має 8, або 13 хвиль. Такі диски дозволяють входити в ґрунт суто вертикально і забезпечувати справжній вертикальний обробіток, диски різних хвиль можна комбінувати на агрегаті, 8-хвильові диски призначені для агресивного проникнення в ґрунт та подрібнення решток, тоді як 13- хвильові краще готують насіннєве ложе.

На завершальному етапі обробітку розташувалась трирядна пружинна борона та трубчастий коток. Трирядні пружинні борони встановлені паралелограмній підвісці для максимального тиску та копіювання рельєфу. Має кілька варіантів налаштування як агресивне так і пасивне положення. Агресивне положення призначене для загортання колій та максимального вирівнювання поверхні поля, а пасивне рівномірно розподіляє рештки по всій ширині захвату агрегату.

Трубчастий 14-дюймовий коток виготовлений з посиленої сталі, та має гумово-джгутову підвіску. Має 5 окремих налаштувань тиску на ґрунт та швидко регулюється за допомогою інструменту, який передбачений в комплектації. Як опцію на всю фінішну систему даної машини можна поставити гідравлічне регулювання FlexFinish що дозволить керувати притискним зусиллям прямо з кабіни трактора. Збільшивши тиск зменшується розмір грудок та створюється дрібна структура ложа, що облегшить подальший обробіток сівалкою. Менший тиск залишає більші грудки проте допомагає утримувати вологу та запобігати ерозію ґрунту. [13] [14]

2.2 Основні завдання обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту - це один з найбільш енерговитратних комплексів дій, спрямованих на створення оптимальний умов для проростання насіння та подальшого розвитку рослини.

Першочерговим завданням обробітку ґрунту є зміна його структури. Розпушування поліпшує газообмін між ґрунтом і атмосферою, що необхідно для розвитку кореневих систем рослин, а також підтримується життя корисних мікроорганізмів. Змінюючи структуру ґрунту, створюються умови для накопичення вологи.

Під час обробітку відбувається перемішування нижніх і верхніх шарів ґрунту. Перемішування сприяє загортанню пожнивних залишків від культури попередника що прискорює їх розклад та підвищує родючість. Розпушений ґрунт краще насичується киснем, що створює оптимальні умови для мікроорганізмів.

Механічний вплив на бур’яни залишається одним із найефективніших методів захисту рослин. Знищення бур’янів зменшує конкуренцію за поживні речовини, воду та світло. Паралельно зі знищенням буряну також знищуються гнізда шкідників.

Розглянуті завдання обробітку ґрунту визначають його роль у формуванні сприятливих умов для вирощування сільськогосподарських культур. Разом із тим, ефективність їх реалізації значною мірою залежить від дотримання основ обробітку ґрунту, які регламентують вибір способів, глибини та строків виконання технологічних операцій.

Суттєву роль відіграє своєчасність виконання робіт. Обробіток має проводитися в оптимальні агротехнічні строки, коли ґрунт досягає фізичної стиглості. Порушення строків може призвести до ущільнення, втрати структури та зниження ефективності всіх наступних операцій.

Основою також є мінімізація механічного впливу на ґрунт. Сучасні підходи передбачають зменшення кількості проходів техніки по полю для

зниження ущільнення та збереження структури ґрунту. Це досягається використанням комбінованих агрегатів.

Не менш важливим є збереження родючості ґрунту. Обробіток повинен сприяти накопиченню органічної речовини, активізації біологічних процесів і недопущенню деградації ґрунту.

Окремо виділяють енергетичну та економічну доцільність обробітку. Вибір технології має забезпечувати мінімальні витрати палива, часу і ресурсів при збереженні високої якості виконання робіт. [17]

2.3 Огляд технологічних процесів обробітку ґрунту

Технологічні процеси обробітку ґрунту являють собою сукупність механічних дій на ґрунт, спрямованих на зміну його фізичного стану та підготовку до сівби сільськогосподарських культур. Кожен процес характеризується певним способом впливу на ґрунтовий шар і виконується відповідними робочими органами машин.

Одним із основних технологічних процесів є розпушування ґрунту, яке забезпечує руйнування ущільнених шарів і покращує структуру орного горизонту. Розпушування може бути поверхневим, середнім або глибоким залежно від агротехнічних вимог і типу ґрунту.

Важливим процесом є перевертання шару ґрунту, яке здійснюється під час оранки. У результаті верхній шар переміщується вниз, а нижній - виноситься на поверхню. Це сприяє загортанню рослинних решток, насіння бур’янів і добрив, а також покращує фітосанітарний стан поля.

Наступним технологічним процесом є перемішування ґрунту, що полягає у рівномірному розподілі органічних і мінеральних речовин у межах оброблюваного шару. Цей процес особливо важливий при внесенні добрив і подрібненні пожнивних решток.

Суттєве значення має кришення ґрунту, тобто подрібнення великих грудок на дрібніші агрегати. Це дозволяє створити дрібногрудочкувату структуру, яка є оптимальною для проростання насіння і розвитку рослин.

Окремим процесом є ущільнення ґрунту, яке в певних випадках є необхідним, наприклад, для формування посівного ложа і забезпечення кращого контакту насіння з ґрунтом. Ущільнення здійснюється котками або іншими робочими органами.

Також важливим є вирівнювання поверхні поля, що забезпечує рівномірну глибину загортання насіння та покращує умови для подальших технологічних операцій.

У сучасних умовах значного поширення набуває комбінування технологічних процесів, коли за один прохід агрегату виконуються кілька операцій - розпушування, вирівнювання, ущільнення та часткове перемішування. Це дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, знизити витрати палива та зменшити ущільнення ґрунту.

Таким чином, технологічні процеси обробітку ґрунту є взаємопов’язаними і повинні застосовуватися комплексно з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов і вимог вирощуваної культури. [17]

2.4 Характеристика знарядь та форми робочих поверхонь ґрунтообробних машин передпосівного обробітку

Обробіток ґрунту має багатовікову історію, що тісно пов’язана з еволюцією знарядь праці та рівнем технічного прогресу в сільському господарстві. Перші знаряддя були примітивними, однак саме вони заклали основу сучасних технологій обробітку ґрунту. На початкових етапах розвитку землеробства використовувалися найпростіші ручні знаряддя - дерев’яні палиці, мотики. Вони забезпечували лише поверхневий обробіток ґрунту і вимагали значних затрат фізичної праці.

З розвитком тваринництва з’явилися тяглові знаряддя, зокрема рало та соха, які вже дозволяли обробляти більші площі. Проте вони не забезпечували повного перевертання пласта ґрунту, а лише розрізали його верхній шар.

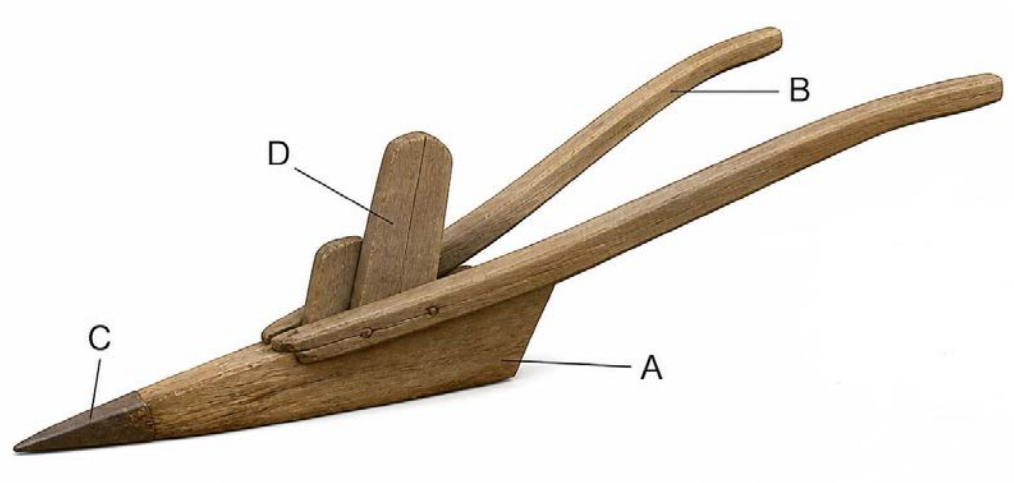


Рис 2.6 Оранка ралом: А – полиця; В-держак; С-наральник; D- стійка;

Основним робочим елементом є наральник (С) який закріплюється на дерев'яній підошві (А), за стабільність роботи відповідає стійка яка з'єднує підошву з держаком. Хоч і тягнули рало коні чи вали, проте людина мала весь час контролювати рало та регулювати глибину піднімаючи або опускаючи. [18]

Наступним важливим етапом з розвитком металургії стало створення плуга з полицею, який дозволив здійснювати повноцінне перевертання орного шару. Це значно покращило боротьбу з бур'янами та сприяло підвищенню врожайності.



Рис 2.7 Класичний плуг

Сучасні ґрунтообробні машини оснащуються різноманітними робочими органами, які визначають характер впливу на ґрунт, глибину обробітку та якість виконання технологічних операцій. Їх конструкція постійно вдосконалюється з метою підвищення ефективності обробітку, зменшення енергозатрат і збереження родючості ґрунту.

Основний обробіток ґрунту як був так і залишається найбільш енергоємним елементом технології вирощування культур. Основний обробіток виконується плугом, він залишається незамінним агрегатом у більшості вітчизняних господарств попри популярність мінімального обробітку.

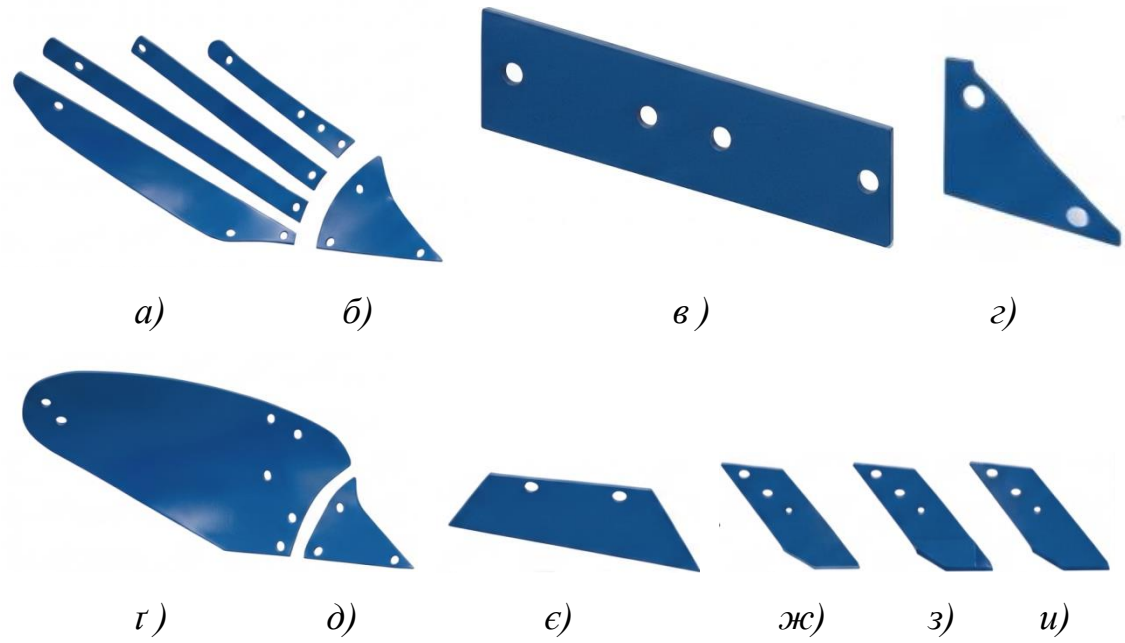


Рис 2.8 Робочі органи плуга Lemken Juwel 8: *а* – смугова полиця; *б*, *д* – груди полиці; *в* – польова дошка; *г* – клин польової дошки; *ґ* – суцільна полиця; *є* - леміш; *ж* – вістря леміша; *з* – вістря леміша з покриттям; *и* – зігнута вістря леміша з покриттям;

Напівгвинтові полиці зі змінними долотами є базовою комплектацією сучасних плугів. Вони мають видовжену форму за рахунок чого ними можна працювати на швидкості до 12 км/год, забезпечуючи повне обертання та

кришіння пласта. Смугові полиці складаються з окремих смуг що виготовленні з товстої, повністю загартованої спецсталі сталі й можуть змінюватися окремо. Смугові корпуси дозволяють працювати на липких ґрунтах вони зменшують тиск на відвал. [8]



а) *б)*

Рис 2.9 Робочі органи глибокорозпушувачів: *а)* - наконечники *б)* - стійка з наконечником (в зборі).

Глибокорозпушувачі широко застосовуються в сучасних технологіях мінімального обробітку ґрунту, вони здатні виконувати глибоке розпушування без перевертання пласта. Головне призначення чизеля руйнування плужної підошви, яка з’являється після щорічного обробітку ділянок плугом на глибину до 30 см. Чизель працює на глибину до 45-50 см і розбиває цей бар’єр. Головним робочим органом виступає стійка з наконечником (рис 2.9 б), тут наконечник з крилами дозволяють суцільне

підрізання ґрунту. На рис 2.9 а зображено два нових чавунних наконечники, вони встановлюються на чизель та призначені для роботи у важких умовах на глибину до 45 см.



а) *б*)



в) *г*)

Рис 2.10 Лапи культиватора: *а,в*) – лапи з наплавкою; *б,г)* – звичайні лапи.

Лапи культиватора є основним робочим органом для поверхневого обробітку ґрунту. Найчастіше на культиватори встановлюють універсальні стрілчасті лапи (рис 2.10). Вони призначені для одночасного підрізання кореневої системи та неглибоке розпушення ґрунту. Лапи бувають з

наплавкою (рис 2.10 *а, в*) та стандартні (рис 2.10 *б, г*), головна різниця між ними ціна та строк служби. На різальну кромку та носок наносять шар спеціального твердосплавного матеріалу, такі лапи називають з наплавкою. Лапи з наплавкою мають збільшений ресурс у 3-5 разів, але вони мають більшу ціну в порівняні з стандартними.



а) *б)* *в)*

г) *ґ)* *д)*

Рис 2.11 Дискові робочі органи: *а)* – гладкий диск; *б, в)* – диск ромашка (вирізні); *г) - ;ґ)* – колтер; *д)* – турбо диск.

Дискові робочі органи – це ключові елементи дискових борін, лущильників та сівалок. За рахунок того що диски котяться це значно знижує тяговий опір агрегату. Диски бувають: гладкі *(а)*, диски типу ромашка (вирізні) *(б, в)* та хвилясті *(ґ, д)*. Гладкі диски мають суцільну різальну кромку, що дозволяє рівномірно підрізати пласт та створювати рівне насіннєве ложе. Вирізні диски мають зубчасту кромку яка добре заглиблюється у сухий ґрунт та гарно перерізає пожнивні рештки.

Хвилясті диски використовуються в агрегатах для вертикального обробітку ґрунту, вони не перевертають пласт, а створюють в ньому мікро тріщини. На рис 2.11 *г* зображено колтер з 13-ма хвилями який призначений для агресивного різання пожнивних решток і за рахунок своєї геометрії диск входить під прямим кутом в землю, та за рахунок хвиль створює боковий тиск, що утворює мікротріщини в ґрунті. Турбо диск має меншу хвилю рис 2.11 *д* та зазвичай застосовується як розрізний диск який полегшує прохід наступним робочим органам.



а)





б) *в)*

Рис 2.12 Різновиди котків: *а)* – чоперний коток*; б)* – пластинчастий коток*; в)* – трубчастий коток*;*

Коток – це допоміжний робочий орган який завершує обробіток. Його головна роль полягає в ущільнені, вирівнюванні поверхні поля додатковому подрібненні грудочок. На рисунку 2.12 (*а*) представлено чоперний коток який призначений для роботи у важких умовах та подрібнювати рештки кукурудзи, соняшнику та картоплі. На рис 2.12 зображені пластинчастий (*б*) та трубчастий коток(*в*). Пластинчастий коток призначений для подрібнення

грудок на твердому ґрунті, вирівнювання та ущільнення поверхні поля. Трубчастий коток здійснює помірне ущільнення та добре вирівнює поверхню поля та здатен частково подрібнювати грудки, ефективний на легких та середніх ґрунтах .[18]

2.5 Агротехнічні вимоги

Перед тим як виконувати технологічні операцій з обробітку ґрунту необхідно враховувати агротехнічні вимоги, які визначають якість їх проведення. Дотримання агротехнічних вимог безпосередньо впливає на водно-повітряний режим, мікробіологічну активність та, як результат створення оптимальних умов для росту сільськогосподарських культур. Вимоги щодо глибини обробітку, рівномірності розпушування, вирівнювання поверхі поля чи ступеня подрібнення ґрунту висуваються залежно від виду обробітку та робочих органів що будуть впливати на ґрунт. Агротехнічні вимоги до найбільш поширених видів технологічних операцій в полі, наведені нижче та в таблиці 2.1.

Полицевий обробіток ґрунту проводить за відсутності вітрової ерозії. Під час його виконання необхідно забезпечити стабільну глибину з максимальним відхиленням в ± 2 см. Пласт землі повинен виконувати повне обертання разом з закладання на дно пожнивних решток. Під час оранки не допускаються огріхи, незорані клини та незорані поворотні смуги. Висота гребенів та глибина борозен після проходу плуга повинна бути до 7 см, також обов’язковим є вирівнювання цих гребенів і борозен одразу після проходу агрегату. Кількість грудок землі розміром понад 10 см не повинно перевищувати показника у 20%.

Безполицевий обробіток використовують у посушливих районах та на полях, що схильні до вітрової ерозії. При даному обробітку максимальне відхилення при глибині в 16 см становить $\pm$ 1см , а при 20-30 см вже ± 2 см. Поверхня поля, що обробляється має бути рівною, у стиках проходів дозволяються валки вистою до 5 см, а кількість пошкодженої стерні при

мілкому обробітку не повинна перевищувати 15% і до 20% при глибокому. Якщо обробіток виконуються на полях з крутим рельєфом то агрегат має рухатись поперек схилу.

Передпосівний та суцільний обробіток ґрунту повинен забезпечувати якісне розпушування верхнього шару ґрунту та підрізання бур'янів.

Таблиця 2.1

Агротехнічні вимоги до основних видів обробітку

Тип обробітку	**Глибина обробітку**	**Доповнення відхилення глибини, см**	**Вимоги до поверхні та структури ґрунту**	**Якість виконання роботи**
Полицевий	до 35	±2	Висота гребенів та глибина борозенок до 7 см, кількість грудок понад 10 см -20%	Повне загортання пожнивних решток
Безполицевий	16-30	±1-±2	Рівна поверхня поля, висота валка в стиках ≥5 см	Збереження стерні на 80-85%
Передпосівний	6-12	±1	Дрібногрудочку вата структура, гребені до 4 см	Підрізання бур'янів
Лущення стерні	6-18	±2	Дрібногрудочку вата структура	Повне підрізання бур'янів
Боронування	4-5	-	Глибина борозенок до 4 см	Руйнування кірки та знищення бур'янів
Коткування	поверхнева	-	Рівномірне ущільнення та грудочки до 5 см	Підняття вологи

Верхній шар ґрунту повинен мати дрібногрудочкувату структуру, поверхня поля повинна оброблятись рівномірно, з максимальним відхиленням від заданої глибини в ± 1см. Підняття нижнього родючого шару

землі на верх не допускається, як і в попередніх варіантах не допускаються пропуски та огріхи.

При лущенні стерні має забезпечуватись якісне підрізання та перемішування верхнього шару ґрунту з пожнивними рештками. За такого обробітку ґрунту глибина повинна бути не менше 6 см для агрегатів з дисковими робочими органами та від 8 до 18 см для лемішних. В середньому відхилення глибини не повинно перевищувати ± 2 см. Вся площина обробленої ділянки повинна мати дрібногрудочкувату структуру та не мати пропусків.

При необхідному руйнуванні ґрунтової кірки та розпушенню ґрунту використовують такий обробіток ґрунту як, боронування. Борони повинні нищити бур’яни, розпушувати ґрунту на глибину 4-5 см та вирівнювати поверхню поля з глибиною борозенок не більше 4 см.

Коткування застосовується для ущільнення верхнього шару ґрунту, подрібнення грудок до розміру не менше 5 см та створення рівного посівного ложа. Коткування заборонено проводити на перезволожених ґрунтах так як це може призвести до утворення суцільної бетонної кірки, через яку рослинам буде важко пробитись. Звісно ж не повинно бути пропусків та огріхів. [22]

Для кращого розуміння, агротехнічні вимоги до типових обробітків ґрунту були зведені в таблицю 2.1. В таблиці зазначені ключові параметри до кожного з типів обробітку. Дотримання агротехнічних вимог дозволяє створити сприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Також, варто зазначити, що зазначені агротехнічні вимоги стосуються переважно ґрунтообробної техніки, тобто якість виконання якої, безпосередньо впливає на подальший посів.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

3.1. Розроблення конструктивно-технологічної схеми культиватора для вертикального обробітку ґрунту

Проведений аналіз у попередньому розділі сучасних ґрунтообробних машин для вертикального та комбінованого обробітку ґрунту, показав їхню ефективність у збереженні ґрунту, подрібненні рослинних решток та підготовці якісного посівного ложа. Особливу увагу в даному сегменті привертають універсальні агрегати, здатні виконувати як вертикальний так традиційний обробіток. Однією з таких машин є Terra-Max від американського виробника сільськогосподарської техніки Great Plains.



Рис 3.1 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту Terra-Max HT1100-7.5

Terra-Max - це агрегат для універсального гібридного обробітку ґрунту, він здатен виконувати вертикальний та традиційний обробіток й застосовувати комбіновані методи роботи. Агрегат підходить для весняних та осінніх робіт, задовольняючи широкий спектр потреб: від контролю пожнивних решток до фінішного обробітку ґрунту.

На машину встановлено два ряди дисків із новим лезом TurboSpeed, що забезпечує оптимальне проникнення в землю та розпушування на високій робочій швидкості. Передній ряд дисків виконують розрізання та часткове перемішування рослинних решток з верхнім шаром ґрунту, а задній ряд забезпечує додаткове подрібнення та вирівнювання обробленої поверхні ґрунту. Лезо TurboSpeed увібрало в себе найкращі функції лез Turbo-Max і SpeedBlade. Лезо забезпечує таку само якість проникнення в ґрунт та його підривання, як і лезо TurboBlade, а також дає можливість збільшувати робочу швидкість та ефективніше переміщувати верхній шар ґрунту, використовуючи профіль SpeedBlade та малий вигін, що разом дає якісний обробіток ґрунту. Однією з особливостей батарей, є унікальні 7-комірочні ущільнення що запобігають потраплянню бруду та решток між підшипником, корпусом та котушко.

Важливою особливість машини є регулювання кута входження в ґрунт, за рахунок якої вона може обробляти ґрунт як за вертикальної та традиційної технології. Передні батареї регулюються в діапазоні від 0 до 8 градусів, а задній ряд дисків від 0 до 6 градусів.

Одразу за дисковими батареями встановлені ротаційні борінки, щоб забезпечити якісне перемішування ґрунту та пожнивних решток, та вирівняти поверхню поля. Опційно замість ротаційної борінки можна поставити чоперний коток. Вони призначені для роботи в тяжких умовах, коли потрібно подрібнити пожнивні рештки таких культур, як соняшник, кукурудза та картопля.

Фінішні котки закінчують обробіток, їхня задача забезпечувати подрібнення грудок, ущільнювати поверхневий шар поля і формувати рівне

посівне ложе. У вирівнюванні поверхні поля коткам допомагає гідравлічне притискання яке встановлюється на моделях шириною 6,1 метри і більше.

Terra-Max можна обладнати системою Implement Command, яка показує дозволяє регулювати та контролювати машину прямо з кабіни трактора. Система працює із ISOBUS (єдиний протокол) моніторами тракторів, що не потребує купівлі окремого монітора сам під цю систему. Завдяки даній системі можна регулювати робочу глибину навіть під час руху, для широко захватних моделей є можливість регулювати ступінь притискання крил. Завдяки функції управління батареями, Implement Command дає можливість відстежувати налаштування кута входження в ґрунт. Система також передбачає контроль тиску притискання заднього фінішного обладнання.



Рис 3.3 Культиватор для вертикального обробітку ґрунту Terra-Max HT1100-7.5 з сівалкою TS9100 Turbo-Seeder

Також, Terra-Max можна поєднати з турбо-сівалкою TS9100 від Great Plains. Трубо-сівалка пропонує високопродуктивний метод розкидного посіву покривних культур за допомогою вертикального або гібридного знаряддя. Бункер має окремі дозатори та змішувальні камери що створюють рівномірний потік до кожної висівної секції, а нахилені стінки бункери

забезпечують постійний потік посівного матеріалу. Бункер має зсувну кришку за допомогою якої набагато швидше заповнювати бункер. Вентилятор з гідравлічним приводом забезпечує рівномірний розподіл насіння завдяки подачі насіння на дифузійні пластини які направляють насіння в бік і вниз рівними смугами. [18][19]

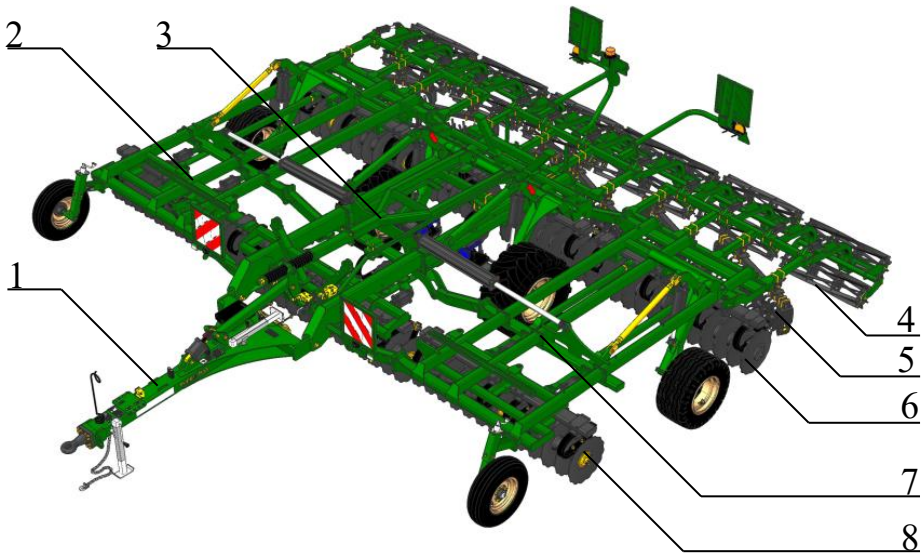


Рис 3.4 Схема культиватор для вертикального обробітку ґрунту Terra-Max HT1100-7.5: *1)* – дишло; *2)* – ліве крило; *3)* – центральна рама; *4)* – фінішний коток; *5)* – ротаційна борона; *6)* – другий ряд дискових батарей; *7)* – праве крило*; 8)* – перший ряд дискових батарей.

3.2 Виявлення недоліку конструкції та пропозиція щодо її вирішення

Проаналізувавши конструкцію та принцип роботи гібридної машини Terra-Max, стало зрозуміло особливості взаємодії робочих органів. Дискові батареї підрізають землю і переміщують її ближче до центру утворюючи гребінь. Для того щоб усунути його, до кінця центральної рами на стрем’янки кріпиться маленька ротаційна борінка (рис 3.5).



Рис 3.5 Загальний вигляд ротаційної борінки

Призначення борінки полягає у вирівнюванні поверхні ґрунту після дискових батарей. Борінка першою приймає та розподіляє по своїй ширині захвату потік ґрунту, тому випробує постійні вібраційні та ударні навантаження. У ході експлуатації агрегату виявилось, що штатне кріплення на болті не витримує навантаження.

Основним етапом вдосконалення стала заміна болта (1) який має надмірну довжину різьби. Технічно обґрунтовується це тим що різьба виступає опорною частиною у місці концентрації напружень. Використання різьби як опори неприпустиме, вона має менший робочий переріз та характеризується підвищеною концентрацією напружень.

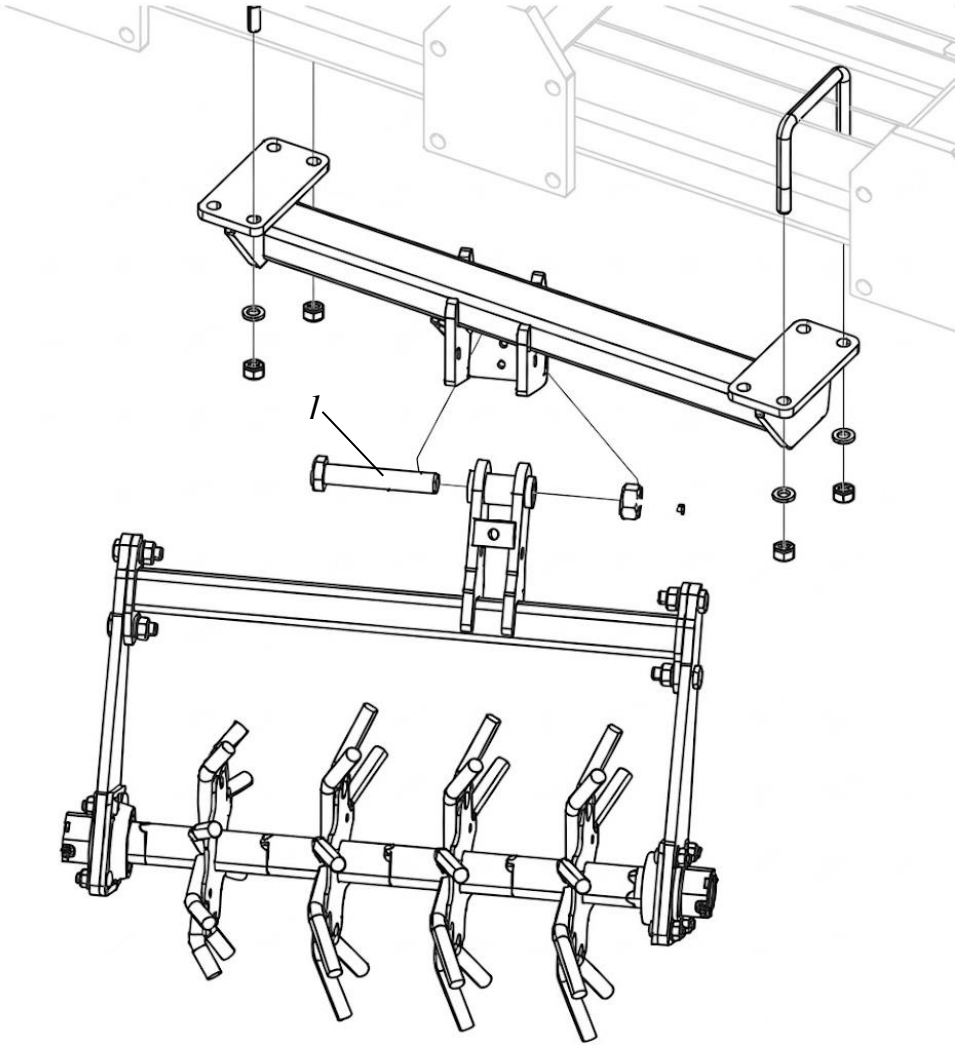


Рис 3.6 Схема кріплення ротаційної борінки

На рисунку 3.7 зображено зношений болт, різьбова частина якого виступала опорою у вузлі. Через постійне навантаження на витки вони стираються, що призводить до виходу болта з ладу.



Рис 3.7 Зовнішній вигляд зношеного болта

Тому, щоб усунути цей недолік потрібно замінити болт на палець 550-616D (рис 3.8), палець за рахунок своєї гладкої поверхні значно краще сприймає навантаження.

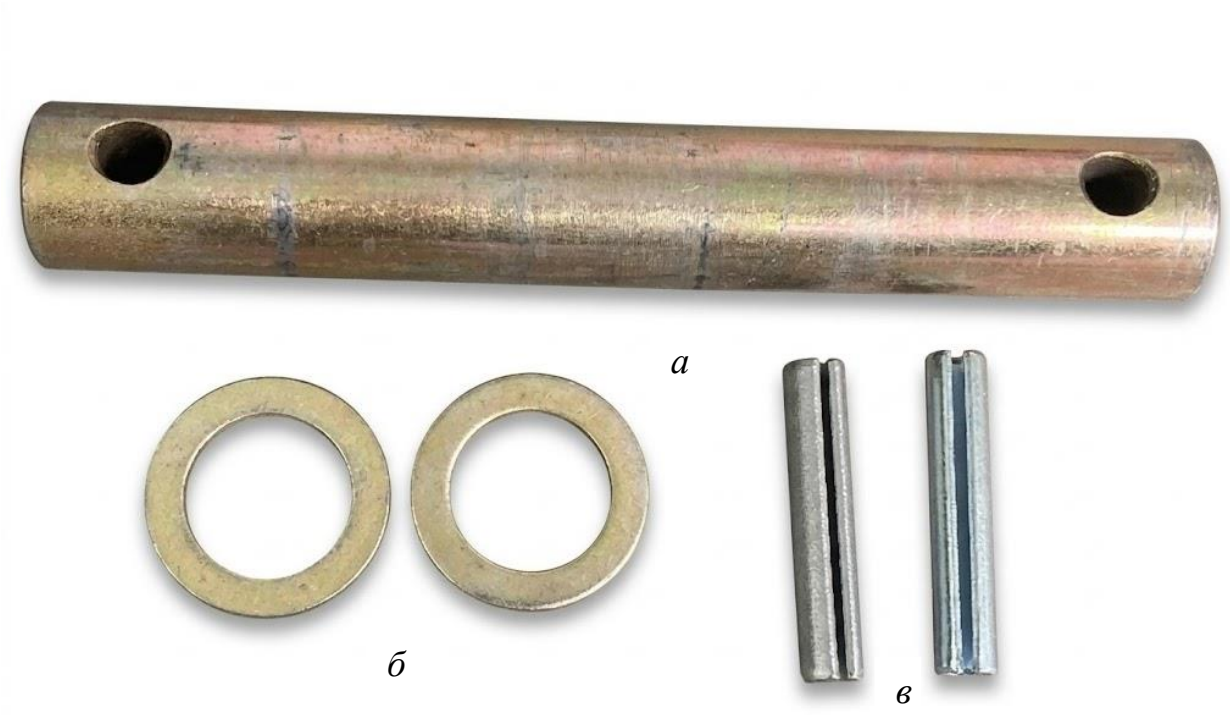
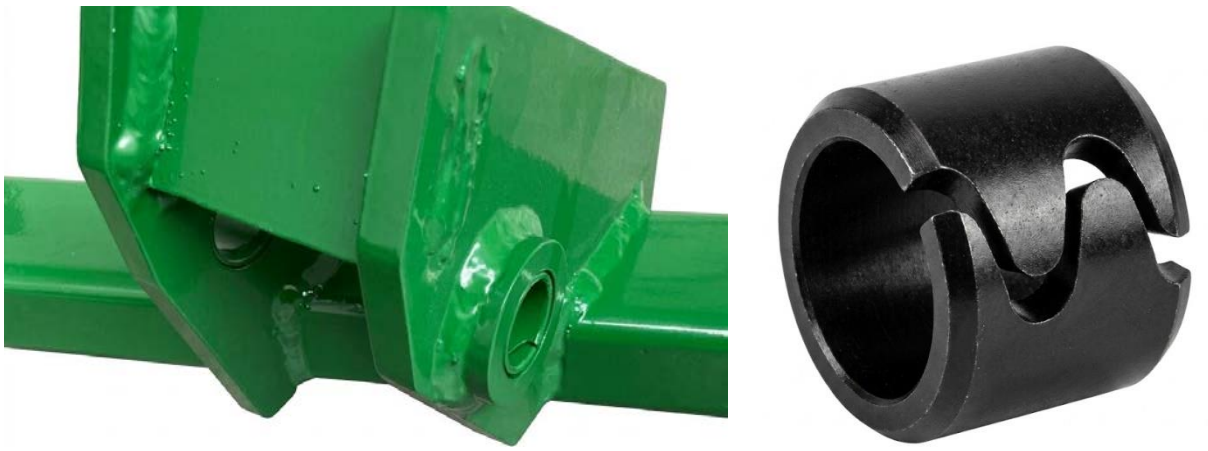


Рис 3.8 Комплект необхідних запчастин: *а)* - палець 550-616D; *б)* - шайби 804-192C; в) - штифти 805-249C.

Крім цього, потрібно підвищити надійність вузла за рахунок збільшення площі контакту з 1/2 до 1 дюйма шляхом наварювання додаткової втулки на кронштейн. Збільшення площі контакту дозволить в два рази знизити напруження у вузлі при тих самих умовах роботи. В наварену втулку встановлюється розрізна втулка розміром в 1 дюйм.

Встановлена розрізна втулка зображена на рис 3.9 (б), за рахунок своєї будови вона здатна розподіляти навантаження по всій площині контакту частково стискаючись та розтискаючись, це дозволяє усунути люфт між пальцем та стінкою кронштейна. Таким чином удосконалення несе не тільки збільшення міцності вузла, але й забезпечує його динамічну стабілізацію. [20]



а) *б)*

Рис 3.9 Удосконалений вузол: *а)* – загальний вигляд; *б)* – розрізна втулка.

Для того щоб переконатись в доцільності запропонованого рішення проведемо розрахунок на зминання. Оскільки палець сприймає радіальне навантаження від ваги секції та опору ґрунту, критичним параметром є площа контакту пальця з отвором.

Визначимо силу F, Н:

$$F = m \cdot g \cdot k_d \tag{3.1}$$

де m – маса ротаційної борінки (60 кг), кг

g – прискорення вільного падіння. (≈9.81 м/с^2)

k_d – динамічний коефіцієнт (=2)

$$F = 60 * 9{,}81 * 2 = 1177{,}2$$

Площу зминання А знайдемо за формулою:

$$A = d * l, \text{мм}^2 \tag{3.2}$$

Діаметр пальця: d = 25,4 мм; сумарна товщина звичайних стінок $l_{\text{звич}}$ =25,4 мм; товщина удосконалених стінок $l_{\text{удоск}}$ = 50,8 мм.

$$A_{\text{звич}} = 25{,}4 * 25{,}4 = 645{,}16 \text{ мм}^2$$

$$A_{\text{удоск}} = 25{,}4 * 50{,}8 = 1290{,}32 \text{ мм}^2$$

На міцність перевіримо за допомогою формули:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{F}{A} =, \text{МПа} \quad (3.3)$$

Тоді розрахуємо міцність для звичайного та удосконаленого вузла():

$$\sigma_{\text{зм_звич}} = \frac{1172{,}2}{645{,}16} = 1{,}82 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{зм_удоск}} = \frac{1172{,}2}{1290{,}32} = 0{,}91 \text{ МПа}$$

Далі розрахуємо надійність фіксації розрізної втулки у вузлі. Визначимо питомий тиск (q) та момент сил тертя ($M_{тр}$), що утримує втулку від самовільного провертання.

Питомий тиск у з'єднанні знайдемо за формулою:

$$q = \frac{\Delta * E * (R^2 - r^2)}{2 * r * R^2}, \text{МПа} \quad (3.4)$$

де Δ - натяг (0,05 мм);

E - модуль пружності матеріалу (для сталі 45 це $2{,}1*10^5$ МПа);

R - зовнішній радіус, мм;

r - внутрішній радіус

$$q = \frac{0{,}05 * 210000 * (25^2 - 12{,}7^2)}{2 * 12{,}7 * 25^2} = 306{,}7 \text{ МПа}$$

Далі визначимо момент сили тертя, тобто поріг при якому втулка почне обертатись під дією зовнішніх сил

$$\text{М}_{\text{тр}} = 2\pi * q * f * l * r^2, H * \text{м} \qquad (3.5)$$

де f - коефіцієнт тертя (0,15);

l – довжина контакту, мм;

$$\text{М}_{\text{тр}} = 2 * 3.14 * 306{,}7 \ * 0.15 * 50.8 * 12.7^2 = 2368{,}7 \ H * \text{м}$$

Отже, провівши теоретичний розрахунок удосконалення кріплення ротаційної борінки культиватора для вертикального обробітку ґрунту Great Plains Terra-Max HT1100-7.5, можна прийти до наступних висновків.

За рахунок збільшення товщини стінки кронштейна з 25,4 до 50,8 мм, це у два рази збільшило площу контакту (з 645,16 мм^2 до 1290,32 мм^2). Внаслідок чого напруження зминання зменшилось з 1,82 МПа до 0,91 МПа, що забезпечує роботу вузла в зоні пружних деформацій зі збільшеним запасом міцності та дозволяє продовжити працездатність отворам кронштейну.

Завдяки додатково навареним втулкам радіусом R = 25 мм, вдалось досягти високого посадочного тиску розрізної втулки, понад в q = 306,7 МПа. Також, коли довжина контактної поверхні зросла вдвічі, це посприяло збільшенню моменту сил тертя до 2368,7 $H * \text{м}$, який утримує розрізну втулку від провертання. Такий показник вдвічі перевищує показники звичайної машини та гарантує відсутність провертання втулки при обробітку ґрунту.

Результати розрахунку свідчать про зростання надійності вузла та його довговічності, Використання пальця (550-616D) в поєднанні з удосконаленою конструкцією кронштейна дозволяє стабілізувати положення ротаційної борінки. Тобто, запропонований варіант модернізації культиватора для вертикального обробітку ґрунту Terra-Max HT1100-7.5, є технічно обґрунтованим та підтверджує доцільність його впровадження.[23]

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Заходи охорони праці при виконані ґрунтообробних операцій

1. Загальні вимоги

1.1. До роботи допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

1.2. Кожен працівник що приймається на роботу, має пройти вступний інструктаж з охорони праці, а також інструктажі з виробничої санітарії та пожежної безпеки. Він має володіти навичками надання домедичної допомоги, також ознайомитися з правами, пільгами та алгоритмом дій у разі аварійних ситуацій.

Перед початком безпосередньої роботи проводиться первинний інструктаж. Факт проведення інструктажу має обов’язково фіксуватися в обох документах: журналі вступного інструктажу та журналі реєстрації інструктажів на робочому місці. Запис в обох журналах можна вважати дійсним тільки за наявності особистих підписів працівника та особи яка проводила інструктаж.

1.3. Категорично забороняється керувати технікою у стані алкогольного чи наркотичного сп’яніння. При вживанні ліків необхідно переконатись у лікаря, що вони не впливають на швидкість реакції

1.4. Під час технічного обслуговування, чи роботі в полі працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту. Основні ЗІЗ зображені на рис 4.1, для захисту рук використовуються захисні рукавиці, від ударів чи падіння предметів на голову використовують захисну каску, під час роботи з болгаркою використовують окуляри щоб убезпечити зір від потрапляння металевих частинок, при роботі в умовах підвищеного шуму доцільно використовувати навушники, немало важливим є спецвзуття з

металевою пластиною на носку, що зберігає стопу від падіння важких предметів.



Рис 4.1 Приклад засобів індивідуального захисту: *а)* - захисні рукавиці; *б)* – захисна каска; *в)* - протишумові навушники*; г)* – захисні окуляри*; ґ)* – спецвзуття.

1.5. Робоче місце оператора, важелі курування та панель приладів мають бути чистими та сухими. Заборонено тримати в кабіні каністри з пальним, легкозаймисті речовини, а також захаращувати кабіну сторонніми предметами, що можуть вплинути на оглядовість та погіршити управління.

1.6. Заправка паливного баку трактора має здійснюватися лише за допомогою спеціального заправного обладнання. Заправляти трактор уночі можна тільки за умов наявності якісного штучного освітлення.

1.7. Необхідно постійно моніторити стан паливної апаратури. У разі виявлення протікань палива слід негайно усунути несправність і ретельно витерти забруднені поверхні.

1.8. Експлуатація техніки з несправним або відсутнім звуковим сигналом суворо забороняється. У нічний час робота дозволяється лише за умови повної справності освітлення та засобів світлової сигналізації.

1.9. Перед тим як покинути кабіну трактора, обов’язково потрібно перевести важіль коробки передач в нейтральне положення та задіяти стоянкове гальмо.

1.10. Під час підготовки трактора до перевезення (автомобільним чи залізничним транспортом) необхідно підняти причіпний механізм в верхнє положення та за можливості закріпити його механічним фіксатором. Також необхідно злити паливо та охолоджувальну рідину з системи, від’єднати акумулятор та поставити трактор на стоянкове гальмо.

1.11. Тракторист зобов’язаний чітко дотримуватися послідовності маніпуляцій при запуску (як пускового так і основних двигунів), під час руху та при повній зупинці техніки.

1.12. Під час роботи категорично забороняється проводити будь-яке змащування, регулювання, очищення чи дозаправку трактора або агрегату.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. До експлуатації допускається лише повністю справна машина. Перед запуском необхідно провести візуальний та технічний огляд всіх вузлів.

2.2. Під час накачування шин слід використовувати подовжувальний шланг та швидкозмінний з’єднувач. Оператор має знаходитись тільки збоку від шини, а не перед нею чи над нею.

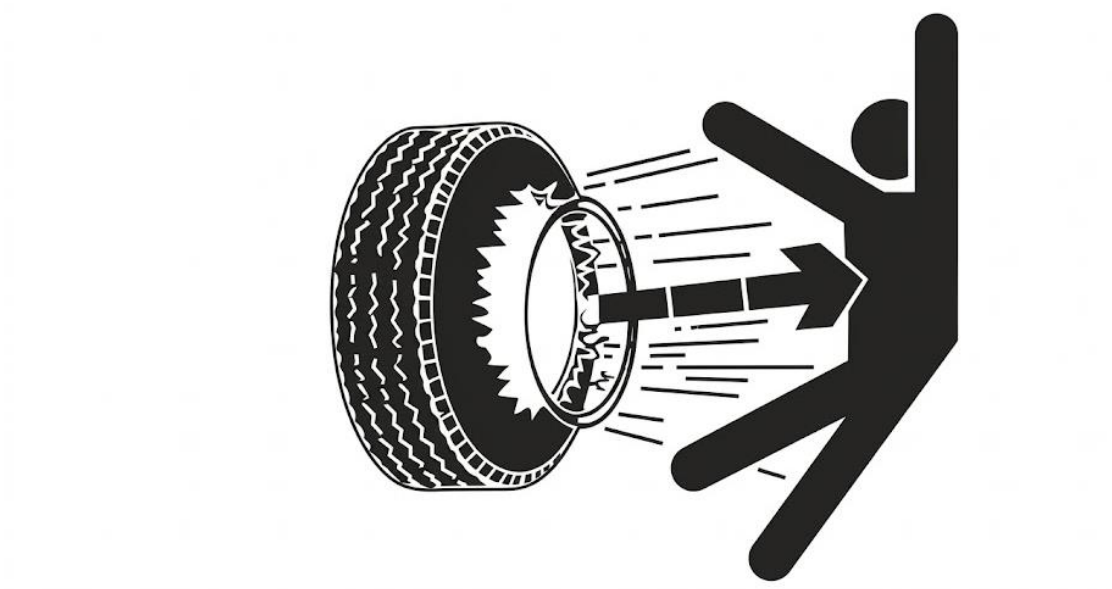


Рис 4.2 Візуалізація можливої небезпеки при роботі з пневматичними колесами.

2.3 Підготовчі заходи перед запуском двигуна:

•Виконати повний обсяг операцій позмінного технічного обслуговування (ЩТО).

•Перевірити справність електрообладнання та видимість світлових сигналів, габаритних вогнів та стоп-сигналів.

2.4. Для безпечного пуску двигуна необхідно:

•Переконатись що важіль коробки передач знаходиться в нейтральному положенні.

•Під’єднати акумулятор до мережі трактора, натиснувши кнопку вимикача маси до фіксації.

2.5. Під час під’єднання агрегату заборонено перебувати між трактором і обладнанням.



Рис 4.3 Попереджувальний знак, що повідомляє про небезпеку розчавлення між трактором та агрегатом

2.6. Під час роботи з гідравлічними системами варто надягати захисні рукавички та окуляри.

2.7. Перед подачею тиску в гідравлічну систему, потрібно переконатися що всі з’єднання герметичні, а гідравлічні шланги перебувають у належному стані.



Рис 4.4 Попереджувальне маркування про можливе травмування органів чуття та шкіри гідравлічною рідиною

2.8. При складанні або підйомі агрегату (наприклад, крила дискової борони) слідкуйте за можливими перешкодами зверху (гілки дерев, дроти).

2.9. Складання та розкладання агрегату на ходу заборонено.

2.10. При переїздах між ділянками обов’язково блокувати бічні секції агрегату, та встановлювати транспортні замки на підйомні гідроциліндри, щоб зменшити тиск на гідравлічні шланги.



а)



б)

Рис 4.5 Попереджувальні маркування при транспортуванні: *а)* – інформаційний знак у разі поломки гідравлічної системи; *б)* – знак попередження про можливість падіння крил агрегату.

2.11. Перевірити чи всі захисні кожухи, огородження та щитки встановлені та закріплені.

2.12. Перед початком роботи ознайомитись з наліпками з техніки безпеки та їх значенням (якщо вони є на агрегаті)

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Рух агрегату слід починати плавно, без ривків та обов'язково переконатись у відсутності людей у небезпечній зоні.

3.2. Керувати трактором можна виключно з кабіни оператора. Категорично заборонено намагатись керувати технікою з землі.

3.3. Під час роботи бути сконцентрованим і уважно спостерігати за станом трактора та причіпного обладнання, звертаючи увагу на сторонні шуми, вібрації.

3.4 Під час роботи слід бути уважним до перешкод поблизу (дерева, лінії електропередач, ярів), щоб уникнути зіткнення або пошкодження обладнання.



Рис 4.6 Знак небезпеки при роботі поблизу ЛЕП

3.5. Заборонено виходити з кабіни трактора під час руху.

3.6. Заборонено залишати працюючий трактор без нагляду.

3.7. У разі виявлення несправності необхідно негайно зупинити трактор, вимкнути двигун і спробувати усунути несправність. Робота з несправною технікою забороняється.

3.8. Під час роботи на схилах необхідно уникати різких поворотів, рухатись вздовж схилу під кутом, що забезпечить стійкість агрегату.

4. Вимоги безпеки після роботи

4.1. Трактор з агрегатом слід зупинити на рівному майданчику, перевести важіль КПП у нейтральне положення та увімкнути стоянкове гальмо щоб запобігти самовільному руху техніки.

4.2. Агрегат має бути опущеним на транспортні упори що встановлені на гідроциліндри підйому, а крила машини мають бути зафіксовані. Забороняється залишати агрегат піднятим, оскільки це створює ризик раптового падіння через втрату тиску у системі.

4.3. Після зупинки двигуна необхідно вимкнути акумуляторну батарею за допомогою вимикача маси

4.4. Щоб уникнути небезпеки, перед від’єднанням гідравлічних ліній в системі потрібно скинути тиск.

4.5. Необхідно очистити трактор та причіпне обладнання від бруду (ґрунту, рослинних решток). З бункерів агрегату необхідно зсипати все насіння та добриво, щоб запобігти псуванню обладнання.

4.6. Провести візуальний огляд паливної апаратури та гідравлічних з’єднань. У разі виявлення підтікань палива або оливи необхідно негайно усунути причину та витерти сліди від неї.

4.7. При необхідності виконати операції технічного обслуговування (змащування, підтягування кріплень тощо).

4.8. Після роботи привести в порядок засоби індивідуального захисту, вимити руки особливо якщо був контакт з технічними рідинами.

4.9. Повідомити керівника про завершення завдання та технічний стан машини.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі виявлення сторонніх шумів, вібрацій, запаху горілого або інших ознак несправності, необхідно негайно припинити рух, зупинити двигун та вжити заходів щоб з’ясувати та усунути причину.

5.2. При відмові гальм або систем керування оператор має негайно зменшити швидкість руху, використати гальмування двигуном і за можливості зупинити трактор.

5.3. При загорянні трактора або причіпного обладнання необхідно негайно зупинити двигун, та вжити заходів для гасіння пожежі використовуючи вогнегасник або землю, пісок, цупку тканину. Обов’язково викликати пожежну службу та повідомити керівника.

5.4. Уразі травмування працівники потрібно негайно надати домедичну допомогу та викликати швидку медичну допомогу, повідомивши про ситуацію керівника.

5.5. У всіх аварійних випадках працівник має повідомити курівника або відповідальну особу та діяти відповідно до отриманих вказівок.[19]

4.2 Охорона навколишнього середовища

Сільське господарство інтенсивно розвивається, бо забезпечує велику роль у розвитку економіки та продовольчої безпеки. Однак такий розвиток тягне за собою наслідки для навколишнього середовища. Надмірне та неправильне використання техніки може призвести до погіршення структури ґрунту його забруднення та інших негативних наслідків. Тому непотрібно забувати про екологічні вимоги та норми.

Під час виконання ґрунтообробних робіт МТА необхідно забезпечити мінімальний вплив на навколишнє середовище. Обробіток повинен здійснюватися з урахуванням агротехнічних вимог, аби зберегти структуру ґрунту, родючість та запобігти його надмірному ущільненню.

Окремої уваги потребують мінеральні добрива та їх вплив на навколишнє середовище. Нераціональне або надмірне їх внесення може призвести до забруднення підземних вод, накопичення шкідливих речовин в ґрунті та негативно впливати на мікрофлору ґрунту. Завдяки розумним розкидачам можна зменшити вплив добрив на ґрунт, вони здатні рівномірно вносити добрива по всій своїй ширині захвату що дозволяє дотримуватись норм, а також запобігати їх потраплянню за межі оброблювальної ділянки.

Під час роботи необхідно раціонально використовувати паливо-мастильні матеріали, не допускаючи їх витоків. Якщо вже так сталось, що стався витік палива чи оливи, потрібно вжити заходів щодо локалізації та очищення забрудненої ділянки. Заборонено зливати відпрацьовані рідини або мити техніку в непризначених для цього місцях, особливо неподалік водойм, щоб запобігти забрудненню водних ресурсів.

Також, важливо пам’ятати про умови праці, постійна вібрація, шум та пил швидко виснажують організм, тому оператору необхідно за власним самопочуттям та за потреби брати маленьку перерву для відновлення концентрації. Особливу пильність потрібно проявляти при роботі в ночі так як стає гірше видно краї поля та перешкоди, а втома тільки посилюється. Хоч з розвитком точного землеробства навантаження на оператора зменшується, проте система поки що не здатна замінити уважний погляд механізатора, який може вчасно помітити несправність МТА, що дозволить уникнути можливої аварії чи поломки.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

5.1. Розрахунок економічної ефективності вдосконалення гібридного ґрунтообробного агрегату

Для реалізації удосконалення конструкції кріплення ротаційної борінки, потрібно придбати нові запчастини, перелік зазначений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Витрати на купівлю нових запчастин

№	Назва	Каталожний номер	Кількість	Ціна за шт, грн	Сума, грн
1	Палець	550-616D	1	2021,95	2021,95
2	Штифт	805-249C	2	147,18	294,36
3	Розрізна втулка	890-005C	2	648,72	1297,44
4	Шайба	804-192C	2	63,51	127,02
Разом					3740,77

Для проведення якісної техніко-економічної порівняльної характеристики звичайної та удосконаленої машини, були використані наведені розрахунки в ДСТУ 4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи очікуваної економічної ефективності».

Для того щоб визначити амортизаційні затрати, витрати на ТО та ремонт було прийнято наступні нормативні значення: норма відрахувань на амортизацію трактора та ґрунтообробного агрегату $a_T = a_A = 15\%$; норма відрахувань на технічне обслуговування трактора та ґрунтообробного агрегату $P_T = P_A = 6{,}5\%$.

Завдяки застосуванню однакових нормативних показників для звичайної та удосконаленої машини, можна більш точно оцінити

економічний ефект за рахунок конструктивного удосконалення вузла кріплення ротаційної борінки. [21]

Таблиця 5.2

Вихідні дані для економічного розрахунку ефективності вдосконалення гібридного агрегату з новим кріпленням

Показник	**Значення показників для МТА**	
	New Holland T8.390+Terra-Max HT1100-7.5(звичайний)	**New Holland T8.390+Terra-Max HT1100-7.5 (удосконалений)**
1	**2**	**3**
Вартість трактора, грн	4000000	4000000
Вартість гібридного агрегату, грн	5709735	5713475
Річне завантаження трактора, год	850	850
Річне завантаження агрегату, год	350	350
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Продуктивність за годину змінного часу, га	7,2	7,65
Приведені витрати на пмм, кг/год	11,48	10,45
Вартість пального, грн/кг	98,80	98,80
Норма відрахувань на амортизацію МТА	15	15
Норма відрахувань на технічне обслуговування МТА	6,5	6,5

Годинна продуктивність МТА визначається за формулою:

$$W_{\text{Г}} = 0{,}1 * \text{B}_{\text{р}} V_{\text{р}} \tau, \text{га/год} \quad (5.1)$$

Де τ – коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0{,}8$ для звичайного агрегату, $\tau = 0{,}85$ для удосконаленого);

$\text{B}_{\text{р}}$- робоча ширина захвату агрегату Terra-Max, м;

$V_{\text{р}}$- робоча швидкість МТА, км/год;

$$W_{\text{Г_звич}} = 0{,}1 * 7.5 * 12 * 0.8 = 7.2 \text{ га/год}$$

$$W_{\text{Г_удоск}} = 0{,}1 * 7.5 * 12 * 0.85 = 7.65 \text{ га/год}$$

Прямі експлуатаційні затрати визначаються за формулою:

$$\text{C} = \text{C}_1 + \text{C}_2 + \text{C}_3 + \text{C}_4, \text{грн/га} \quad (5.2)$$

$$\text{C}_{\text{звич}} = 33{,}33 + 1134{,}22 + 438{,}04 + 189{,}74 = 1795{,}33 \text{ грн/га}$$

$$\text{C}_{\text{удоск}} = 31{,}37 + 1032{,}46 + 412{,}27 + 178{,}67 = 1654{,}77 \text{ грн/га}$$

Оплата праці визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{n * T_i}{W_{\text{г}}}, \text{грн/га} \quad (5.3)$$

Де n-кількість обслуговуючого персоналу, чол T_i- заробітна плата за годину робочого часу, $T_i = 240$ грн

$$C_{1звич} = \frac{1 * 240}{7.2} = 33{,}33 \text{ грн/га}$$

$$C_{1удоск} = \frac{1 * 240}{7.65} = 31{,}37 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ визначаємо за формулою:

$$C_2 = Q * Ц_П, \text{грн/га} \quad (5.4)$$

де Q – витрата палива, кг/га; $Ц_П$-комплексна вартість ПММ, грн/кг (98,80);

$$C_2 = 11{,}48 * 98{,}80 = 1134{,}22 \text{ грн/га}$$

$$C_2 = 10{,}45 * 98{,}80 = 1032{,}46 \text{ грн/га}$$

Витрату палива для формули (5.4) знайдемо за формулою

$$Q = \frac{N_e * q_e * k}{W_Г}, \text{кг/га} \quad (5.5)$$

де N_e- номінальна потужність двигуна трактора, кВт;

q_e.– питома витрата палива;

k – коефіцієнт використання потужності трактора;

$$Q_{звич} = \frac{423 * 0{,}23 * 0{,}85}{7{,}2} = 11{,}48 \text{ кг/га}$$

$$Q_{удоск} = \frac{409 * 0{,}23 * 0{,}85}{7{,}65} = 10{,}45 \text{ кг/га}$$

Розрахуємо потрібну потужність двигуна трактора для звичайного та удосконаленого агрегату:

$$N_e = \frac{(R_a + G * f)V_p}{3.6 * n_{\text{мк}} n_{\text{б}}}, \text{кВт} \quad (5.6)$$

де R_a – опір агрегату, kH;

G – вага трактора з агрегатом;

f – опір кочення трактора;

V_p – робоча швидкість;

$n_{\text{мк}}$ – механічний ККД трансмісії трактора;

$n_{\text{б}}$ – коефіцієнт втрат на буксування;

$$N_{e_\text{звич}} = \frac{(65 + 217 * 0{,}11) * 12}{3.6 * 0{,}7} = 423 \text{ кВт}$$

$$N_{e_\text{удоск}} = \frac{(62 + 217 * 0{,}11) * 12}{3.6 * 0{,}7} = 409 \text{ кВт}$$

Амортизаційні витрати знайдемо за формулою:

$$C_{\text{З}} = \frac{\text{Б}_T * \text{а}_T}{100 W_{\text{Г}} * T_T} + \frac{\text{Б}_{\text{А}} * \text{а}_{\text{А}}}{100 W_{\text{Г}} * T_{\text{А}}}, \text{грн/га} \quad (5.7)$$

де $\text{а}_{\text{А}}$ а_T – норма амортизаційних відрахувань агрегату і трактора ($\text{а}_T = \text{а}_{\text{А}} = 15\%$);

$\text{Б}_T, \text{Б}_{\text{А}}$ – балансові вартості трактора та агрегату;

$T_T, T_{\text{А}}$ –завантаження трактора та агрегату;

$$C_{\text{З}} = \frac{4000000 * 15}{100 * 7{,}2 * 850} + \frac{5709735 * 15}{100 * 7{,}2 * 350} = 438{,}04 \text{ грн/га}$$

$$C_3 = \frac{4000000 * 15}{100 * 7{,}65 * 850} + \frac{5713475 * 15}{100 * 7{,}65 * 350} = 412{,}27 \text{ грн/га}$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт розраховуємо за формулою:

$$\text{С}_4 = \frac{\text{Б}_T * \text{Р}_T}{100 W_\Г * T_T} + \frac{\text{Б}_\text{А} * \text{Р}_\text{А}}{100 W_\Г * T_\text{А}} \text{, грн/га} \qquad (5.8)$$

де - $\text{Р}_T, \text{Р}_\text{А}$ – норма витрат на технічне обслуговування та ремонт трактора і агрегату ($\text{Р}_T = \text{Р}_\text{А} = 6{,}5\%$);

$$\text{С}_4 = \frac{4000000 * 6{,}5}{100 * 7{,}2 * 850} + \frac{5709735 * 6{,}5}{100 * 7{,}2 * 350} = 189{,}74 \text{ грн/га}$$

$$\text{С}_4 = \frac{4000000 * 6{,}5}{100 * 7{,}65 * 850} + \frac{5713475 * 6{,}5}{100 * 7{,}65 * 350} = 178{,}67 \text{ грн/га}$$

Розмір капітальних вкладень розрахуємо за формулою:

$$K = \frac{\text{Б}_T}{W_\Г * T_T} + \frac{\text{Б}_a}{W_\Г * T_a} \text{, грн/га} \qquad (5.9)$$

$$K = \frac{4000000}{7{,}2 * 850} + \frac{5709735}{7{,}2 * 350} = 2921{,}11 \text{ грн/га}$$

$$K = \frac{4000000}{7{,}65 * 850} + \frac{5713475}{7{,}65 * 350} = 2750{,}15 \text{ грн/га}$$

Знаючи розмір капітальних вкладень, можна розрахувати приведені експлуатаційні витрати:

$$П = е * К + С, грн/га \quad (5.10)$$

де е – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень (е=0,15);

$$П_{звич} = 0,15 * 2921,11 + 1795,33 = 2233,50 \text{ грн/га}$$

$$П_{удоск} = 0,15 * 2750,15 + 1654,77 = 2067,29 \text{ грн/га}$$

Зменшення приведених експлуатаційних витрат визначимо за формулою:

$$Е_{заг} = (П_{звич} - П_{удоск}), грн/га \quad (5.11)$$

де $П_{звич}, П_{удоск}$ - приведені експлуатаційні витрати звичайного та удосконаленого агрегату, грн/га;

$$Е_{заг} = 2233,50 - 2067,29 = 166,21 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект експлуатації удосконаленого агрегату визначається за формулою:

$$Е_р = Е_{заг} * Т_А * W_Г, грн \quad (5.12)$$

де $Е_{заг}$ - загальне зменшення приведених експлуатаційних;

$Т_А$ - річне завантаження агрегату;

$W_{Г_удоск}$ - годинна продуктивність МТА з удосконаленим агрегатом;

$$Е_р = 166,21 * 350 * 7,65 = 445021,50 \text{ грн}$$

Результати розрахунків запишемо в таблицю 5.3

Таблиця 5.3

Розрахунок ефективності вдосконалення гібридного агрегату з новим кріпленням

Показник	**Значення показників для МТА**	
	+Terra-Max HT1100-7.5(звичайний)	**+Terra-Max HT1100-7.5 (удосконалений)**
1	**2**	**3**
Заробітна плата, грн	33,33	31,37
Вартість пального, грн/кг	1134,22	1032,46
Амортизаційні відрахування на МТА, грн/га	438,04	412,27
Відрахування на технічне обслуговування МТА, грн/га	189,74	178,67
Сумарні прямі затрати на роботу МТА, грн/га	1795,33	1654,77
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	2233,50	2067,29
Капітальні вкладення, грн/га	2921,11	2750,29
Річний економічний ефект	-	445021,50

На основі проведеного технічно-економічного розрахунку, можна зробити висновок про доцільність запропонованого удосконалення гібридного агрегату.

Замінивши болт та збільшивши зону контакту вдалося збільшити годинну продуктивність агрегату на 6,2% (з 7,20 до 7,65 га/год) за рахунок скорочення часу на технічне обслуговування. Сумарні прямі експлуатаційні

витрати на виконання операцій зменшились на 7,8% (140,56 грн/га), при цьому балансова вартість агрегату зросла всього на 3740 грн.

Річний економічний ефект від використання гібридного агрегату з запропонованим удосконаленням становить 445021,50 грн при річному завантаженні в 350 годин на рік, що з упевненістю дозволяє зробити висновок, що запропоноване технічне рішення має високу ефективність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Отже, основну увагу в дипломній роботі було зосереджено на гібридному агрегаті Terra-Max HT1100-7.5 від американської фірми Great Plains.

Спочатку було досліджено існуючі технології обробітку ґрунту, з яких можна зробити висновок, що все більше через зміну кліматичних умов в Україні набуває актуальності перехід з традиційного обробітку ґрунту на волого заощадливі (No-Till. Strip-Till. Verti-Till).

Виконавши аналіз технологій обробітку ґрунту, було в загальному розглянуто сучасні машини для обробітку. В яких проглядається тенденція до виконання декількох операцій за один прохід та до впровадження новітніх технологій по типу точного землеробства. Тобто, розвиток сучасної сільськогосподарської техніки спрямований на заощадження ресурсів для фермера та зменшення впливу на ґрунт.

Від загального огляду, різноманітної техніки для обробітку ґрунту, було взято курс на сучасні машини для технології вертикального обробітку. Щоб зрозуміти та дослідити переваги та відмінності прямих конкурентів Terra-Max.

Аналіз допоміг зрозуміти, що всі розглянуті машини схожі одна на одну, на всіх агрегатах встановлено два ряди дискових лез, відмінність тільки в розмірах та кількостях хвиль, на всіх використовується однотипне фінішне знаряддя. Відмінністю можна виділити різноманітність комбінування робочих органів на агрегатах Case IH VT-Flex 435 та HALO- VRT встановлені два ряди дискових лез та фінішні котки, а на SALFORD RTS I-2100 та KUHN EXCELERATOR XT 8010 додатково встановлені штриегельні борінки. Проте, всі якісно виконують своє призначення, забезпечують подрібнення верхнього шару ґрунту з пожнивними рештками та зберігають його структуру.

Зрозумівши суть технології вертикального обробітку, принцип роботи сучасних агрегатів та їх робочих органів, було проведено детальний аналіз роботи та виявлено недолік у конструкції Terra-Max HT1100-7.5. Недолік полягав у використанні не правильного болта (з надмірною різьбовою частиною), що швидко виводив з ладу кронштейн кріплення ротаційної борінки. Тож, було запропоновано удосконалення, а саме заміна болта на палець та додатково збільшити в два рази товщину стінки кронштейна. Щоб підтвердити доцільність запропонованого удосконалення було проведено розрахунок на зминання який показав що напруження впало на 2 рази (з 1,82 МПа до 0,91 МПа).

Варто відзначити, що в удосконалений отвір діаметром 50 мм під високим посадочним тиском понад в q = 306,7 МПа запресовується розрізна втулка. Також, завдяки збільшенню площі контакту вдвічі збільшився і момент сили тертя (2368,7 $Н*м$) за рахунок якого розрізна втулка не провертається.

Було розглянуто техніку безпеки при роботі з сучасними ґрунтообробними агрегатами, при їх транспортуванні, роботі в полі та під час проведення технічного обслуговування. Додатково було розглянуто і вплив на навколишнє середовище сучасних машин та доцільність раціонального використання розхідних матеріалів.

Довівши доцільність запропонованого удосконалення з технічної точки зору, потрібно було провести ще один не менш важливий розрахунок, на економічну доцільність даного удосконалення. Удосконалена машина показала кращі показники за звичайну, годинна продуктивність удосконаленого агрегату зросла на 6,2% (з 7,20 до 7,65 га/год), а річний економічний ефект при завантаженні в 350 годин склав 445021,50 грн.

Таким чином, можна вважати запропонований варіант удосконалення конструкції гібридного агрегату Terra-Max HT-1100-7.5, як технічно так і економічно доцільним для впровадження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Обробіток ґрунту: види, технології та підготовка до весняної сівби /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.systopt.com.ua/article-obrobitok-runtu-vydy-tehnologiyi-ta-pidgotovka-do-vesnyanoyi-sivby

2. Комбінований культиватор Väderstad TopDown 600 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.vaderstad.com/ua/obrobitok-gruntu/kombinovany-kultyvator/topdown

3. No Till Air Drill Spartan II 6 m Direct Drill /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://greatplainsaustralia.com.au/product/no-till-air-drill-spartan-ii-6m

4. Пневматичні сівалки нульового та мінімального циклу /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://cdn-assets.gpmfg.io/ag_files/2514-gpi_air_drill_catalog-intl_ua_web1.pdf

5. Запатентована баштова система /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.greatplainsag.com/uk/product-features/10573/

6. Ротаційна борона Pöttinger LION /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.poettinger.at/download/prospekte/POETTINGER_LION_231.UK.0615.pdf

7. Навісні оборотні плуги Juwel /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://lemken.com.ua/files/prospekti/Juwel_ua.pdf

8. Плуг Lemken Juwel 8 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://lemken.com.ua/uk/products/juwel-8

9. Агрегат для вертикального обробітку ґрунту EXCELERATOR XT 8010 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.kuhn.ua/roslynnytstvo/obrobitok-gruntu/vertykalnyy-obrobitok/excelerator-xt-8010

10. Агрегат для вертикального обробітку ґрунту EXCELERATOR XT 8010 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний:

https://dealer.extranet.kuhn.com/e-com.API/api/publicleaflet/QP8010/UA/download

11. New CASE IH VT-FLEX 435 Vertical tillage tool /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://ocj.com/2021/09/new-case-ih-vt-flex-435-vertical-tillage-tool/

12. Культиватор для вертикального обробітку ґрунту VT-Flex 435 Vertical Tillage Tool /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://cnhi-p-001-delivery.sitecorecontenthub.cloud/api/public/content/493be158676843feac2c01f20e53df38?v=1bbb7f70

13. Каталог ґрунтообробної техніки SALFORD /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://salfordgroup.com/wp-content/uploads/2026/01/10016967-LITERATURE-INDEPENDENT-SERIES.LR_.pdf

14. Культиватор для вертикального обробітку ґрунту SALFORD RTS I-2100 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://salfordgroup.com/equipment/independent-series-i-2100/

15. Культиватор для вертикального обробітку ґрунту SALFORD HALO VRT /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://salfordgroup.com/equipment/halo-vrt/

16. Каталог ґрунтообробної машини Salford Halo VRT /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://salfordgroup.com/wp-content/uploads/2026/01/10094522_HALO_LR.pdf

17. Сільськогосподарські машини : підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич [та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Агроосвіта, 2015. - 678 с.

18. Культиватор для вертикального обробітку ґрунту Terra-Max HT1100-7.5 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.greatplainsag.com/uk/products/11979/%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%B0-%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81

19. Каталог ґрунтообробної техніки Great Plains /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://cdn-assets.gpmfg.io/ag_files/_2760-gpi_2023_tillage_catalog-intl_ua_-_web_lq.pdf

20. /[Електронний ресурс]: Режим доступ вільний: https://www.greatplainsag.com/uk/manuals/search/HT1110-6.0M%20%26%20HT1110-7.5M%20Terra%20Max/

21. МЕТОДИ ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКИ НА ЕТАПІ ВИПРОБОВУВАННЯ ДСТУ 4397:2005,Київ. Держспоживстандарт,2005 рік, 24 с.

22. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ / Демидко М.О., Мельник І.І., Бондар С.М. / за ред. В.О. Демидка. Ніжин: АСПЕКТ ПОЛІГРАФ, 2005 р, 123 с.

23. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість / Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М., Пилипенко А.П., Бондар М.М. / за ред. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г.. Київ: Хай-Тек Прес, 2011 р., 616 с.

ДОДАТКИ