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

Допущено до захисту
«___»_____ 2025 р.
Т.в.о. зав. кафедри _к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ ____Андрій ВОЙТІК_____
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення конструкції комбінованого агрегату для передпосівного обробітку грунту»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавра_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
_Коротєєв Микола Русланович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник _к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2025

ЗМІСТ

Вступ……... 3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ…… 4
1.1. Аналіз технологій передпосівної підготовки ґрунту…….. 4
1.2. Аналіз конструкцій технічних засобів для передпосівної підготовки ґрунту……. 6
Висновки по розділу……. 10
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 11
2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми комбінованого ґрунтообробного агрегату…… 11
2.2. Математичне моделювання процесу взаємодії плуга комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом……. 15
2.3. Математичне моделювання процесу взаємодії активного робочого органу комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом…….. 16
2.4. Результати досліджень роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату…… 21
Висновки по розділу……. 23
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ……. 24
3.1. Організація охорони праці в господарстві…….. 24
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з комбінованим агрегатом…….. 25
Висновки по розділу……. 26
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ…… 27
Висновки по розділу……. 29
Загальні висновки…….. 30
Список використаних джерел…….. 31

ВСТУП

В сучасних умовах виробництва для передпосівної підготовки ґрунту при вирощуванні зернових культур найчастіше використовуються одноопераційні ґрунтообробні машини та агрегати. Багаторазові проходи машин та агрегатів підвищують енергетичні витрати, призводять до ущільнення ґрунту, виникнення та розвитку ерозійних процесів. Крім того, низька працездатність агрегатів, робочих органів, вузлів їх з'єднань призводять до зниження продуктивності, внаслідок чого технологічний процес передпосівної підготовки ґрунту не виконується в оптимальні агротехнічні терміни.

В зв'язку з вище викладеним, актуальним завданням на сьогодні є удосконалення комплексу машин для передпосівної підготовки ґрунту. Перспективними є комбіновані грунтообробні машини та агрегати.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1 Аналіз технологій передпосівної підготовки ґрунту

Технологія передпосівної підготовки ґрунту – складова частина зональних систем землеробства, які встановлюють певну черговість виконання необхідних технологічних операцій набором засобів механізації з конкретними технологічними параметрами. Вони розробляються з урахуванням регіональної ґрунтової та кліматичної специфіки та повинні забезпечувати раціональне та ефективне використання природно-кліматичних та матеріально-технічних ресурсів за умови отримання запланованої врожайності з дотриманням екологічних вимог.

Передпосівна підготовка ґрунту є важливою операцією для формування рівномірного та збалансованого насіннєвого ложа перед посівом. Кожна культура та поле вимагають різної підготовки ґрунту залежно від клімату або періоду проведення робіт. Філософія утворення насіннєвого ложе – це створення на полі ідеальної структури ґрунту з більш твердою основою та пухким верхнім шаром ґрунту. Також після обробітку поверхня поля повинна бути вирівняна, збагачена киснем та прогріта – ідеально для рівномірних та дружніх сходів [4].

На сьогодні існують такі способи обробітку грунту: основний обробіток грунту, поверхневий (передпосівний), мінімальний та нульовий.

Основний обробіток грунту рекомендується проводити, коли є забур’яненість площі поля шляхом відвальної оранки. Такий обробіток ґрунту містить оранку та розпушування ґрунту за допомогою механічних засобів. Цей метод широко використовується протягом багатьох років і має свої переваги, такі як зниження шкідливих організмів, аерація ґрунту та покращення його структури. Однак, традиційний обробіток може мати й недоліки, такі як ерозія ґрунту, втрата органічного матеріалу і забруднення ґрунтових вод.

Вирощуються культури, які вимагають глибокого розпушування ґрунту або контролю над шкідниками та хворобами у верхніх шарах ґрунту. До них входять кукурудза, пшениця, цукровий буряк, картопля тощо.

Передпосівна підготовка грунту проводиться з метою: захистити грунт від випаровування вологи, знищити бур'яни, створити шар ґрунту рівномірним і необхідної щільності для гарантування оптимальних умов для дружного проростання насіння й вирівнювання поверхні поля.

За агротехнічними вимогами в результаті передпосівної підготовки необхідно, щоб був сформований пухкий і дрібнокомкуватий поверхневий шар ґрунту [4].

Передпосівний обробіток грунту проводиться культиваторами на глибину закладання насіння стрілчастими робочими органами.

Ввесь передпосівний обробіток ґрунту слід проводити впоперек або по діагоналі попередніх обробітків.

Для уникнення розвитку бур'янів рекомендується проведення ранньої культивації ґрунту або лущення на глибину 0,06...0,08 м паралельно з операцією боронування.

Перед посівними роботами рекомендується проводити вторинну передпосівну культивацію з подальшим виконанням операцій з боронування та прикочування.

Мінімальний обробіток грунту або метод Strip-till об'єднує переваги мінімального обробітку з деякими перевагами традиційної оранки. В цьому випадку обробляються лише вузькі смуги, де будуть посіяні культури, залишаючи інші ділянки ґрунту незайманими. Цей підхід зберігає вологу, захищає від ерозії, але при цьому забезпечує місцевий обробіток, що сприяє швидкому росту рослин. Метод Strip-till підходить для великих сільськогосподарських угідь та часто використовується під посіви кукурудзи та сої.

Технологія No-till (нульовий обробіток) полягає у відмові від традиційної оранки та мінімальному втручанні в структуру ґрунту. Посіви проводяться безпосередньо на непідготовлений ґрунт, що дозволяє зберегти природну

структуру та родючість. Цей метод має низку переваг, включаючи збереження вологи та зниження ризику ерозії, а також зменшує витрати на пальне. No-till ефективно працює в районах, де ґрунт піддається ризику пересихання або втрати родючого шару. З недоліків нульового обробітку грнту варто відзначити велику кількість бур'янів в перші кілька років впровадження технології. Тому, що мульча створює комфортні умови не тільки для сільськогосподарських культур, а й для шкідників. При цьому на перших етапах доведеться активно обробляти поле гербіцидами.

Аналіз існуючих технологій передпосівної підготовки ґрунту показав, що вони здійснюють багаторазові проходи агрегатів по поверхні поля з великими витратами енергетичних ресурсів. Застосовувані машини та робочі органи в переважній більшості одноопераційні, енергоємні, що призводить до підвищення витрат на виробництво продукції, виникнення та розвитку вітрової та водної ерозії. Деякі операції технологічного процесу не виконуються відповідно до агротехнічних вимог.

1.2 Аналіз конструкцій технічних засобів для передпосівної підготовки ґрунту

Обробіток ґрунтів дозволяє: поліпшити агрофізичні характеристики, накопичити поживні речовини, створити оптимальні умови для посіву сільгоспкультур, які вирощуються, вести боротьбу з бур'янами, закладати добрива та пожнивні рештки.

Види ґрунтообробітку: основний, поверхневий та спеціальний.

Основний обробіток – перший глибокий обробіток (0,18...0,35 м), який проводиться після збирання попередніх сільськогосподарських культур. Він проводиться із застосуванням начіпних та напівначіпних плугів вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Суцільна культивація проводиться переважно культиваторами, що забезпечують суцільне передпосівне розпушування та підрізання бур'янів.

Операцію прикочування переважно проводять з використанням причіпних кільчасто-шпорових котків.

Використання вище згаданих засобів механізації для обробітку грунту приводить до використання декількох агрегатів, тому на сьогодні актуальними є комбіновані агрегати, що здійснюють декілька операцій з обробітку грунту за один прохід.

Фрезерні культиваторні агрегати «Zirkon» фірми Lemken (Рис. 1.1) забезпечують якісний суцільний обробіток грунту та передпосівне коткування орного шару грунту. Культиватор агрегатується з посівними машинами або розсадосадильними машинами і дозволяє скоротити до мінімуму проходи агрегату по полю [5].



Рисунок 1.1 – Фрезерний культиватори «Zirkon»

Заслуговують на увагу комбіновані агрегати із пристосуваннями, які вирівнюють грунт деяких зарубіжних фірм Strom Swifter Tine, Strom Swifter Share, Strom Grader, Atlas XXL (Рис. 1.2) [7].



Агрегат фірми Strom Swifter Tine



Агрегат фірми Strom Swifter Share



Агрегат фірми Strom Grader Агрегат фірми Atlas XXL

Рисунок 1.2 – Комбіновані агрегати зарубіжних фірм

Передпосівні компактори Strom призначені для передпосівного обробітку ґрунту та утворення оптимального передпосівного ложа на глибині 0,02…0,1 м.

Модульна конструкція дозволяє переобладнання машини для роботи навесні з установкою секції з 5-ма рядами S-подібних лап або роботи восени з установкою секції з 3-ма рядами пружних лап. Складання бічних секцій здійснюється за допомогою гідроциліндрів. Під час транспортування складені секції фіксуються за допомогою транспортного замку.

Причіпний агрегат передпосівного обробітку ґрунту Atlas XXL призначений для передпосівного обробітку ґрунту та обробітку разом із посівом за один прохід.

Комбінований агрегат «Компактор» фірми «Лемкен» (Німеччина) (Рис. 1.3) за один прохід виконує роботи з вирівнювання, розпушування та прикочування, внаслідок чого утворюється оптимальна структура грунтової поверхні та формується насіннєве ложе [7].

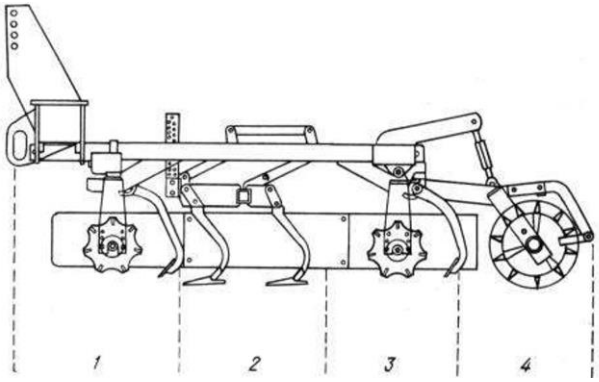


Рисунок 1.3 – Схема комбінованого агрегату «Компактор»:

1 – вирівнювання; 2 – розпушування; 3 – кришення; 4 – ущільнення

Вирівнювання поверхні ґрунту здійснюється переднім пластинчастим вирівнюючим котком, причому за рахунок різальної планки і розпушувальних слідів енергозасобу забезпечується вирівнювання поверхні навіть у складних умовах, наприклад, за наявності глибокої колії коліс або великих гребенів оброблюваної поверхні ґрунту.

Глибину ходу котків регулюють за допомогою спеціальних гвинтів. Передбачено обладнання різальних планок запобіжним пристроєм пружинного типу. Якісне розпушування ґрунту забезпечується двома рядами стрілчастих лап, які захищені від перевантажень та каміння зрізними болтами. За рахунок паралелограмного кріплення планок, що вирівнюють грунт, забезпечується підвищена точність регулювання глибини обробітку.

Польова волокуша австрійської фірми Hatzenbichler призначена для вирівнювання залежаних земель, ораного ґрунту або грубо обробленої поверхні (Рис. 1.4) [7].



Рисунок 1.4 – Польова волокуша фірми Hatzenbichler

Вона складається з двох паралельно розташованих металевих кутників, по середині яких встановлені пружинні зуби. Виконується шириною захвату 6 м, 7 м та 8 м.

На підставі аналізу практики застосування грунтообробних агрегатів можна зробити висновок, що у вітчизняних сільгосппідприємствах не практикується використання котків, що прикочують грунт, агрегатованих з плугами. Досвід

європейських країн доводить ефективність їх використання у сільгоспвиробництві.

Українські комбіновані агрегати, які призначені для передпосівної підготовки ґрунту, обробляють ґрунти на глибину до 0,16 м. При цьому відбувається переміщення значного об’єму ґрунту та суттєве його висушення, мають місце підвищений тяговий опір, витрата паливно-мастильних матеріалів та витрат праці. Відповідно до агротехнічних вимог ґрунт перед посівом зернових культур слід обробляти на глибину загортання насіння до 0,05…0,07 м.

Викладене вище підтверджує актуальність проблеми розробки комбінованих ґрунтообробних агрегатів, які б формували насіннєве ложе відповідно до агротехнічних вимог за один прохід агрегату.

Висновки по розділу

Проведені дослідження в першому розділі щодо існуючих технологій передпосівного обробітку грунту та технічних засобів для виконання такого виду робіт показав, що існує необхідність в розробці комбінованих ґрунтообробних агрегатів, як будуть виконувати якісний обробіток грунту за один прохід та відповідати агротехнічним вимогам.

РОЗДІЛ 2
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми комбінованого ґрунтообробного агрегату

Провівши аналіз конструктивних особливостей сучасної комбінованої ґрунтообробної техніки можна зробити висновок, що накопичений досвід представляє великий інтерес при її удосконаленні в напрямку забезпечення повного обороту шару ґрунту, подрібнення брил і ґрудок, рослинних залишків та паралельного їх загортання в ґрунт, вирівнювання та ущільнення ґрунтів.

Основні недоліки комбінованої ґрунтообробної техніки з пасивними робочими органами:

- необхідність наявності великих смуг для розвороту;
- низька якість підготовки середньо- та важкосуглинистих ґрунтів до виконання посівних робіт.

Для підготовки середньоважких та важких ґрунтів до посіву відбувається 3…5 проходів з використанням важких дискових борін або залишається зоране поле до весни для того, щоб атмосферні опади, що випадають, забезпечили кришення ґрунтових брил і грудок. Дана технологія підготовки ґрунтів до посіву супроводжується великими затратами часу, значним ущільненням ґрунту, надмірною витратою паливо-мастильних матеріалів та підвищеними затратами праці.

В сучасних умовах висувається на перший план проблема: завантажити енергонасичені швидкісні колісні трактори, оскільки збільшення потужності двигуна найчастіше не супроводжується зростанням тягового зусилля.

Реалізація через ВВП трактора невикористаної потужності двигуна забезпечується застосуванням активних робочих органів разом із плугом. Крім того, при попутному обертанні активного робочого органу забезпечується виникнення «рушійна сила», спрямованої у бік пересування агрегату [2].

З метою систематизації та обліку наявних досягнень в галузі дослідження ґрунтообробної техніки, що має активні робочі органи, проблеми теорії та розрахунку ґрунтообробних машин розглянуті на прикладі технічних засобів з ротаційними робочими органами (активними).

З врахуванням того, що ротаційні ґрунтообробні технічні засоби, зокрема фрези, характеризуються високими енергетичними витратами, важливо в ході проведення теоретичних досліджень встановити параметри, які б забезпечували мінімум енергоємності обробітку ґрунту.

Для вирішення даної проблеми пропонується комбінований ґрунтообробний агрегат, конструктивно-технологічна схема якого показана на рис. 2.1.

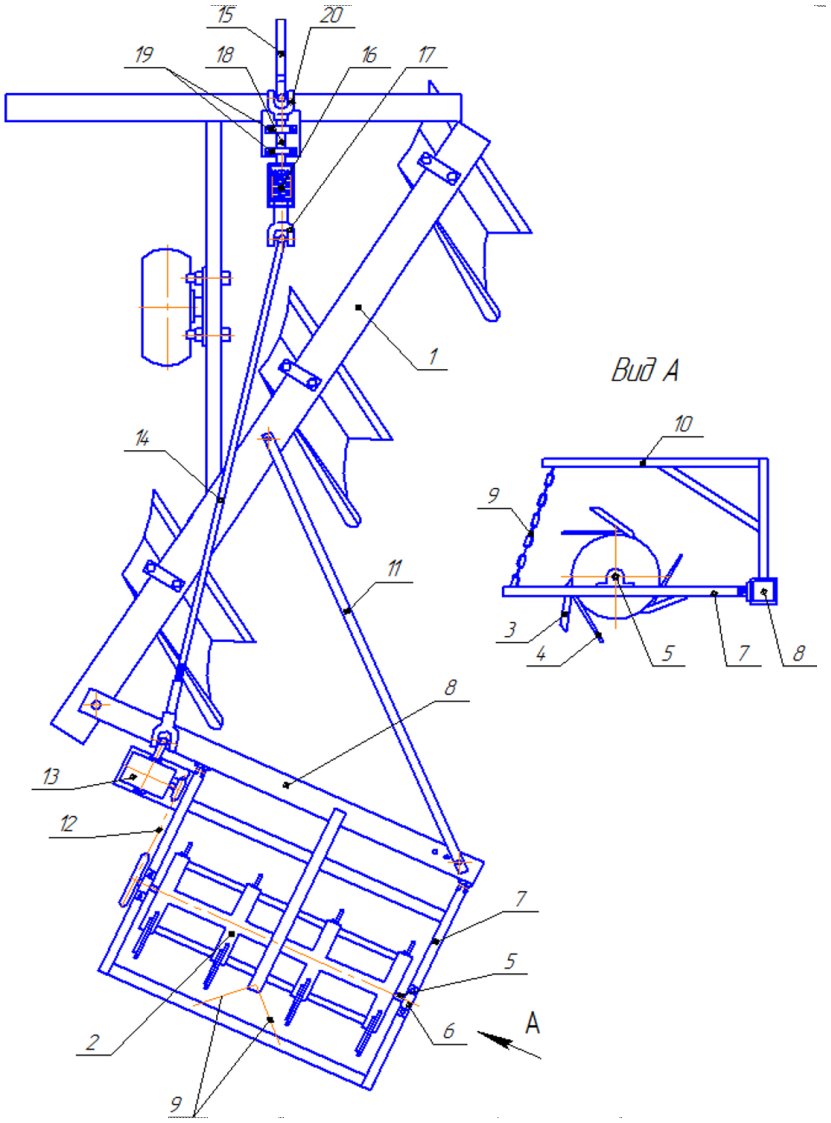


Рисунок 2.1. – Конструктивно-технологічна схема комбінованого ґрунтообробного агрегату

1 – рама плуга; 2 – барабан; 3 – різальний ніж; 4 – ударний ніж; 5 – вал; 6, 19 – підшипники; 7 – рама барабана; 8 – несуча балка; 9 – гнучка зв'язок; 10 – підвіска; 11 – планка; 12 – ланцюгова передача; 13 – редуктор; 14, 15, 18 – вали; 16 – запобіжний механізм; 17, 20 – хрестовини.

Процес роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату наступний.

Плужна частина агрегату здійснює основний обробіток ґрунту. Різальні *3* і *4* ударні ножі, що приводяться в обертання від ВВП трактора, руйнують грунтові брили, здійснюють їх подрібнення. Крім того, в грунт закладаються подрібнені рослинні залишки.

Поступальне переміщення різальних ножів *3* сприяє переміщенню розпушеного ґрунту в бік, завдяки бічним поверхням й зарівнюванню борозни, утвореної плужною частиною.

Потім грунтові грудки потрапляють в середину барабана, стикаються один з одним, внаслідок чого додатково кришаться.

Різні перешкоди долаються за допомогою запобіжного механізму *16*. Його робота призводить до від'єднання телескопічного карданного валу *14* від ведучого валу *15*. Відбувається підйом рами *7* і подолання перешкоди. Після подолання перешкоди процес обробітку ґрунту триває далі.

2.2 Математичне моделювання процесу взаємодії плуга комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом

Істотно на якість обробітку ґрунту впливає сталість стандартного розташування та параметрів робочих органів. Основними причинами порушення необхідного розташування робочих поверхонь плуга по відношенню до дна і стінки борозни, які в кінцевому підсумку впливають на якість та енергоємність основного обробітку грунту, є недостатні жорсткість і міцність з'єднань робочих та допоміжних частин корпусу плуга.

Недостатня жорсткість на зсув вузлів з'єднань і деталей корпусу плуга комбінованого ґрунтообробного агрегату призводить до того, що збільшуються початкові кути установки лемеша відносно дна та стінки борозни і, як наслідок

цього, збільшується тяговий опір одночасно з погіршенням якісних показників роботи агрегату.

Силові характеристики корпусу плуга – сили опору ґрунту, які діють на лемішну та відвальну поверхні, а також сили, що сприймаються лезом лемеша.

Аналіз несучої здатності навантажених вузлів з'єднань здійснюється шляхом представлення силових характеристик у вигляді (Рис. 2.2) [1]:

$$R_x = R_{xy} \cos\eta, \tag{2.1}$$

де $\eta = 15...25^0$

Визначити R_x можна за виразом [1]:

$$R_x = \eta \frac{P}{n}, \tag{2.2}$$

де P – тяговий опір плуга, Н; η – к.к.д. плуга (0,6…0,8); n – кількість корпусів.

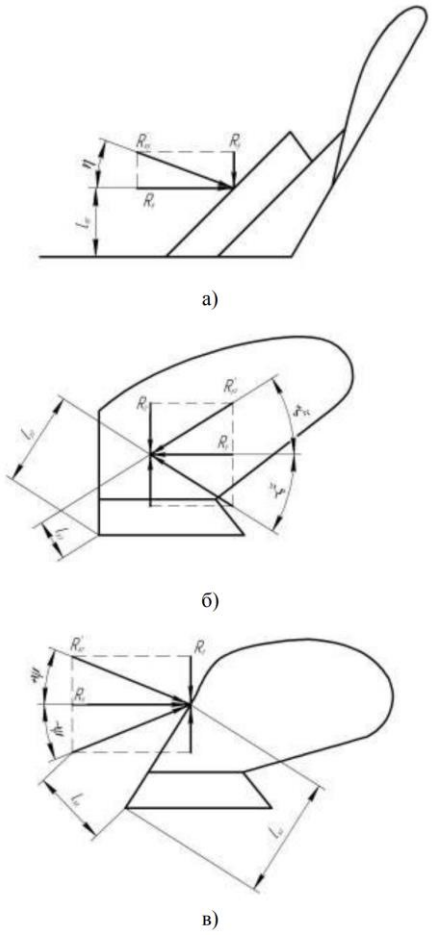


Рисунок 2.2 – Схеми визначення силових характеристик корпусу плуга у різних площинах: а) – горизонтальна; б) – поперечно-вертикальна; в) – поздовжньо-вертикальна.

Величину R_x визначають технологічні властивості ґрунтів, глибина обробітку, швидкість пересування та ін. [1].

Значення тягового опору плуга визначається зміною параметрів його робочих поверхонь.

Робоча поверхня корпусу плуга характеризується зміною початкових кутів α, β та γ (Рис. 2.3) [1].

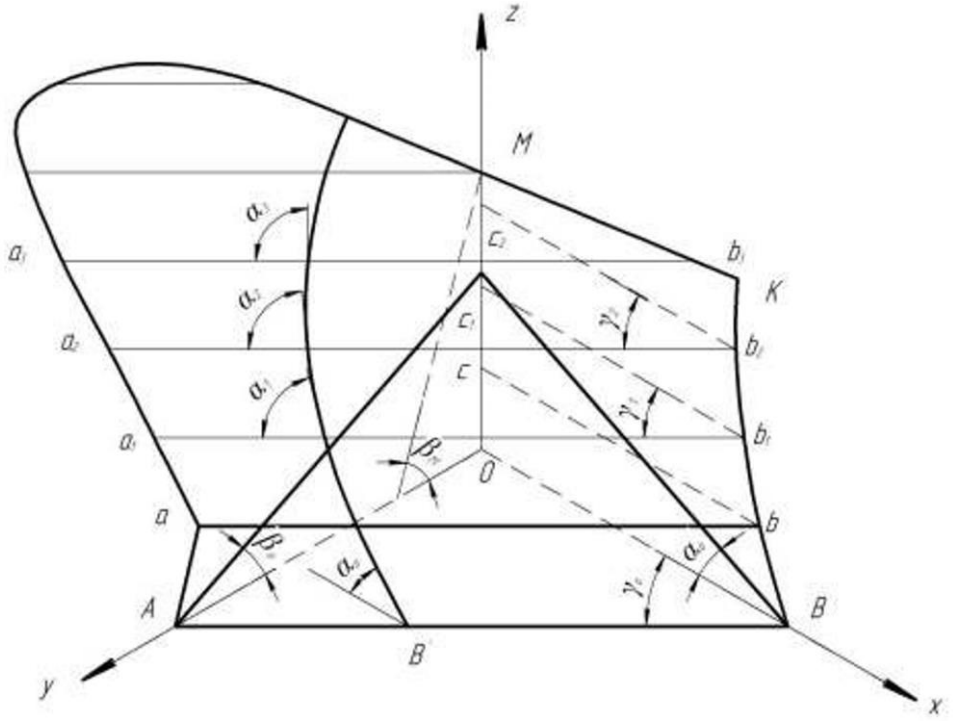


Рисунок 2.3 – Схема для дослідження кутів α, β та γ

Збільшення кута α веде до зростання вигину шару грунту та його кришення, а також кута β.

Кути α, β та γ взаємопов'язані [1]:

$$\mathrm{tg}\alpha = \mathrm{tg}\beta \cdot \mathrm{tg}\gamma. \tag{2.3}$$

Поряд з геометричною формою, важливо, як розташовуються робочі поверхні корпусу плуга по відношенню до дна та стінки борозни. Воно визначається початковими значеннями кута кришення α_0, обертання β_0 та постановки леза лемеша до стінки борозни γ_0. Їх значення такі: α_0=25…35^0, β_0=30…350, γ_0=35…500 [1].

Початкові кути α_0, β_0 та γ_0 визначають деформацію шару ґрунту при його потраплянні на робочу поверхню: їхнє зростання збільшує деформацію. До наприклад, якщо зміна значень кутів з $\alpha_0=25^0$, $\gamma_0=38^0$ до $\alpha_0=30^0$, $\gamma_0=42^0$ призводить до зниження питомого опору на 25... 30% (Рис. 2.4) [1].

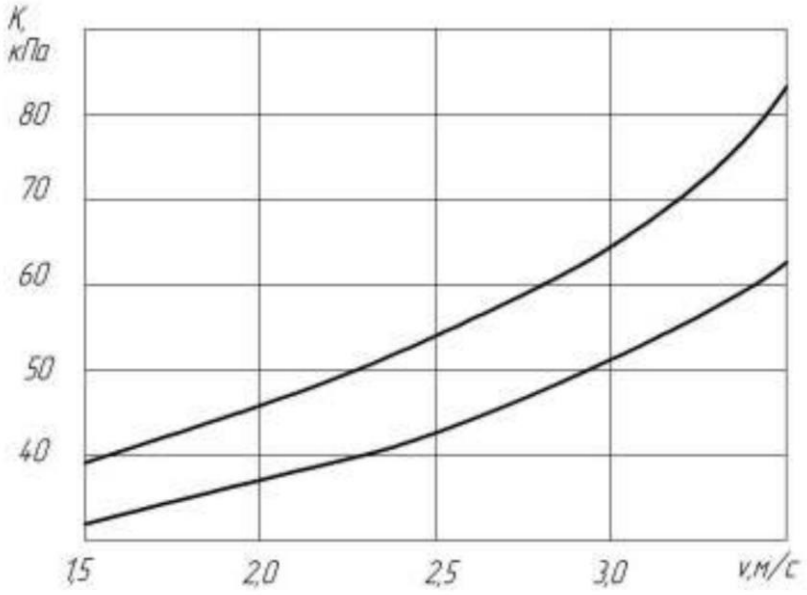


Рисунок 2.4 – Залежність $K = f(V)$:

1 – стандартна робоча поверхня; 2 – швидкісна робоча поверхня

Початкові значення кутів α_0, β_0 та γ_0 змінюються внаслідок того, що робоча поверхня лемеша зміщується від свого початкового положення, що призводить до збільшення тягового опору агрегату і явища «випливання» корпусу плуга.

Зміна режиму обробітку ґрунту є причиною того, що змінюється середній питомий тиск ґрунту на леміш, причому зазначена зміна не пропорційна швидкості обробітку ґрунту. Інтенсивніший тиск зростає у носовій частині лемеша, в інших частинах воно збільшується незначно.

2.3 Математичне моделювання процесу взаємодії активного робочого органу комбінованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом

Відомі такі види різання, що використовуються при дослідженні технічних засобів для обробітку ґрунту, як різання клином та лезом. У першому випадку

головна дія на ґрунт виконується робочою гранню. При цьому виді різання лезо виконує допоміжну функцію.

В разі різання лезом головна дія на ґрунт виконується лезом, тоді як робочі грані виконують допоміжну функцію [1]. Тим не менш, між цими двома видами різання суттєвої різниці немає. У деяких випадках один вид різання може навіть зазнавати трансформації в інший.

Все ж таки різання лезом має більше поширення і є принциповою основою дії робочих органів практично всіх технічних засобів, що використовуються в даний час для обробітку грунту.

Заглиблення леза ув ґрунт на деяку глибину $h_{ОБ}$ супроводжується виникненням на ріжучій кромці руйнівної контактної напруги σ_P [1]. Процес різання відбувається під дією наступних сил (Рис. 2.5): P_P – опір різання грунту; P_O – обтискання; P_C – опір стиснення шару грунту фаскою леза.

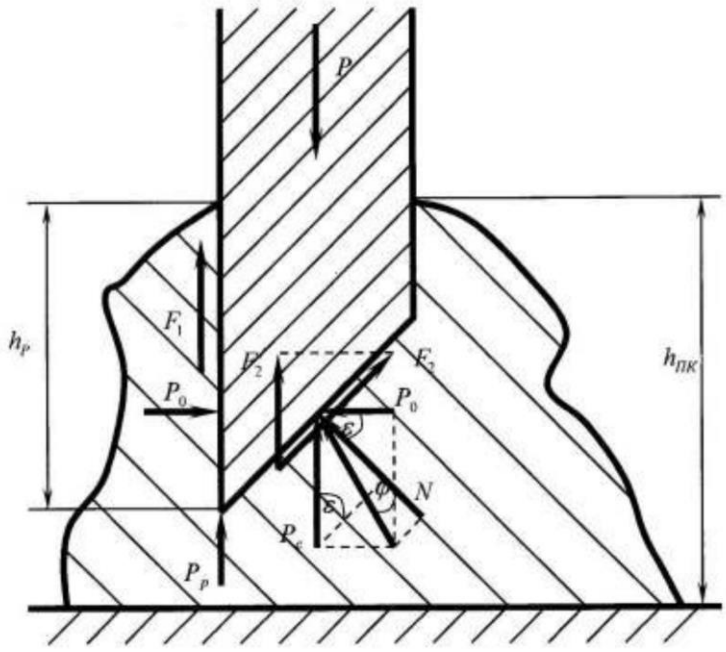


Рисунок 2.5 – Схема для дослідження процесу різання ґрунту

Фаска леза зазнає дії сили [3]:

$$\mathrm{N} = P_C \sin\varepsilon + P_O \cos\varepsilon \,. \tag{2.4}$$

Значення сили тертя, що виникає під дією N розраховується відповідно до залежності:

$$F_2 = Nf_{НК}\,. \tag{2.5}$$

де $f_{НК} = tg\varphi_{НК}$ – коефіцієнт тертя у системі «грунт-ніж».

Використовуючи кут тертя, запишемо:

$$N = \sqrt{P_O^2 + P_C^2}\cos\varphi_{НК}\,. \tag{2.6}$$

Необхідно, щоб значення критичної сили, що прикладена до ножа, відповідало сумі проекцій усіх сил, що діють у вертикальному напрямку:

$$P = P_Р + P_С + T_1 + T_2'\,. \tag{2.7}$$

Визначимо величину кута установки ножа τ з урахуванням сил, прикладених у точці B (Рис. 2.6).

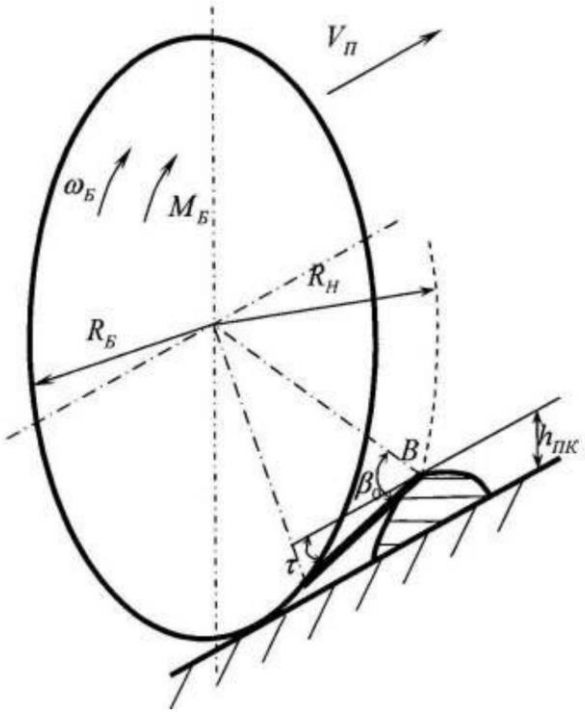


Рисунок 2.6 – Схема до встановлення кута τ

Кут установки ножа робочого органу дорівнює (Рис. 2.7):

$$\tau = 2\,\mathrm{arctg}\left[\frac{\sin\beta_0 + \cos\beta_0\cos\gamma_Б tg\varphi_{ПК} + \sqrt{1+\cos^2\gamma_Б tg^2\varphi_{ПК}}}{\cos\beta_0 - \sin\beta_0\cos\gamma_Б tg\varphi_{ПК}}\right]. \tag{2.8}$$

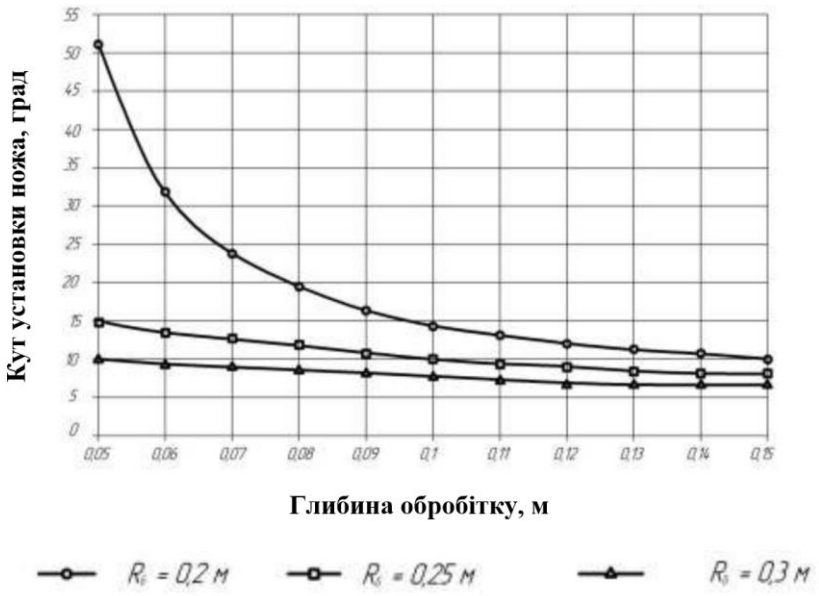


Рисунок 2.7 – Вплив глибини обробітку ґрунту на кут установки ножа ($\gamma_Б$ =25^0)

При $\mathrm{tg}\varphi_{ПК} = 0{,}7$, $R_Б = 0{,}2$ м, $\gamma_Б$ =25^0 і h=0,1м отримаємо, що τ=15^0.

Висоту розташування барабана робочого органу щодо оброблюваної поверхні визначає кут τ (Рис. 2.8 та 2.9):

$$h_Б = \left(R_Б + h_{ОБ}\right)\sin\left(\beta_0 - \tau\right). \qquad (2.9)$$

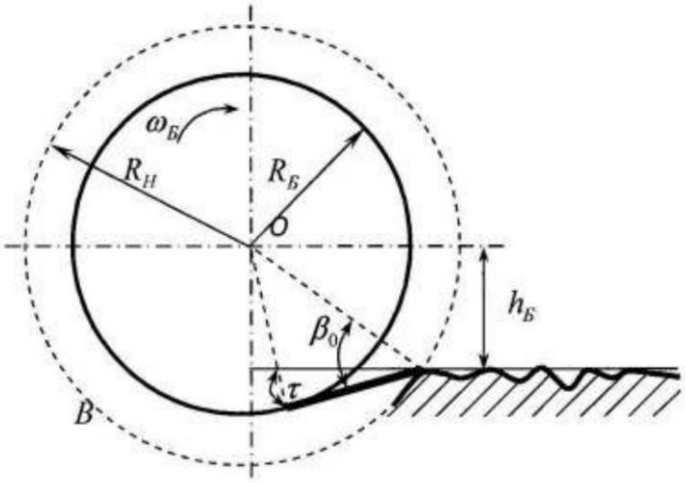


Рисунок 2.8 – Схема встановлення $h_Б$

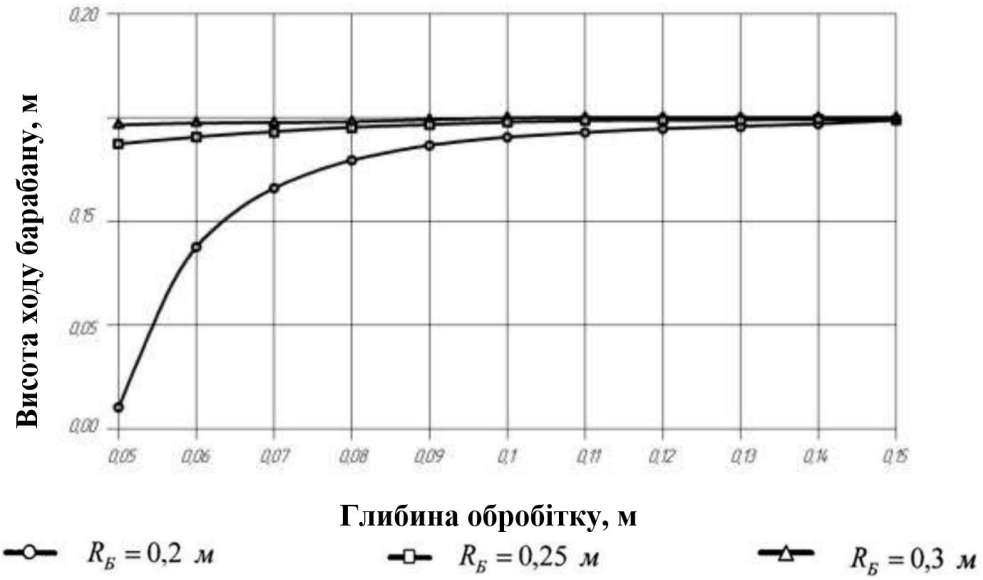


Рисунок 2.9 – Вплив глибини обробітку ґрунту на висоту розташування барабана щодо оброблюваної поверхні ($\gamma_Б = 25^0$).

При обробітку ґрунту ножі робочого органу комбінованого ґрунтообробного агрегату занурюються в ґрунт і одночасно зміщуються в бік. При цьому здійснюється ущільнення ґрунту тильною поверхнею ножа.

Внаслідок зміщення ножа здійснюється зсув ґрунту в бік, вирівнюється поверхня поля, а в процесі поступального пересування здійснюється розпушування поверхневого шару ґрунту.

Залежність для розрахунку значення кута відриву частки ґрунту від бічної поверхні ножа наведено на рис. 2.10:

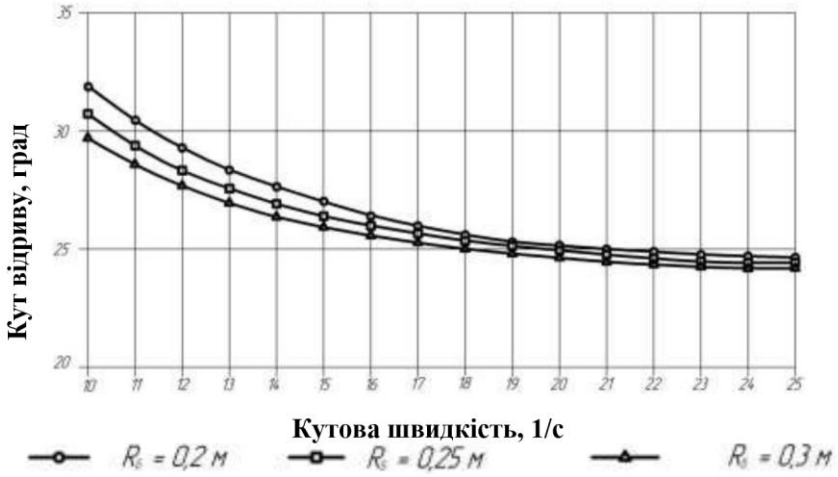


Рисунок 2.10 – Залежність кута відриву частки ґрунту від бічної поверхні ножа та кутової швидкості обертання барабана ($h_{ОБ}$=0,1м і $\gamma_Б$=25^0)

$$\varepsilon = 2\text{arctg}\left[\frac{\sqrt{\omega_Б^2 R_H^2 \cos\gamma_Б \text{ctg}\gamma_Б + g^2} - 1}{\omega_Б^2 R_H \cos\gamma_Б - g}\right]. \quad (2.10)$$

Відповідно до виразу (2.10) ε=25…30^0.

Таким чином, в результаті проведених теоретичних досліджень встановлено раціональні значення основних параметрів пропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегату, що надають суттєвий вплив на процес його роботи:

- швидкість пересування $V_П$=1,5...2,0 м/с;
- кут атаки робочого органу $\gamma_Б$=20...30^0;
- кутова швидкість обертання робочого органу $\omega_Б$=20…25с$^{-1}$.

2.4 Результати досліджень роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату

Нами був удосконалений комбінований грунтообробний агрегат для передпосівної підготовки грунту загальний вигляд якого наведений на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Комбінований ґрунтообробний агрегат



Рисунок 2.12 – Активний робочий орган комбінованого ґрунтообробного агрегату

Удосконалений робочий орган комбінованого ґрунтообробного агрегату та результати обробітку грунту ним наведено на рисунках 2.12 і 2.13.



Рисунок 2.13 – Результат обробітку ґрунту комбінованим ґрунтообробним агрегатом

Агрофізичні властивості ґрунту оцінювалися за щільністю та пористістю. Структурний склад оцінювався за кількістю ґрунтових агрегатів розміром >0,025м, 0,025...0,001м та <0,001м.

На підставі отриманих результатів дослідження (табл. 2.1) можна зробити висновок, що використання запропонованого агрегату знижує щільність грунту та підвищує його пористість.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження щільності та пористості грунту

Варіант	Агрофізичні властивості грунту					
	щільність, т/м^3			пористість, %		
	горизонт, м					
	0…0,1	0,1…0,2	0…0,2	0…0,1	0,1…0,2	0…0,2
Базовий	1,42	1,51	1,46	44,1	41,8	43,1
Новий	1,21	1,32	1,26	60,1	55,4	57,7

Згідно з отриманими результатами, застосування базового комплексу машин забезпечило щільність ґрунту в горизонті 0…1м в середньому 1,42т/м^3, 0,…0,2м – 1,51т/м^3.

Використання розробленого комбінованого ґрунтообробного агрегату забезпечило щільність грунту, відповідно, 1,21 та 1,32т/м^3, тобто нижче на 12,6...14,8%.

В результаті проведених досліджень встановлено, що пористість ґрунту у разі використання комбінованого ґрунтообробного агрегату вища на 24,5...26,1%.

Результати дослідження структурного складу ґрунту (табл. 2.2) показують, що використання комбінованого ґрунтообробного агрегату суттєво покращує структуру ґрунту. Так, різко (у 2,1...5,4 рази) знижується кількість пилуватої фракції в результаті поєднання операцій.

Таблиця 2.2 – Результати дослідження структурного складу ґрунту, %

Варіант	Шар ґрунту, м	Розмір частинок, мм		
		>0,025	0,025…0,001	<0,001
Базовий	0…0,1	16,2	56,3	27,5
	0,1…0,2	25,1	53,6	22,3
Новий	0…0,1	8,2	86,7	5,1
	0,1…0,2	20,3	69,1	10,6

Результати досліджень гребенистості ґрунту при використанні розробленого комбінованого ґрунтообробного агрегату показують, що вона не перевищує 0,02м, що задовольняє агротехнічним вимогам.

Таким чином, сезонна продуктивність базового орного агрегату становила 336 га, комбінованого ґрунтообробного агрегату – 432 га, що на 28,6% більше.

Висновки по розділу

Таким чином, нами приведено конструктивно-технологічну схему комбінованого ґрунтообробного агрегату та математичні моделі роботи плуга й активного робочого органу.

В результаті досліджень встановлені параметри роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату за яких якість кришення ґрунту відповідає агротехнічним вимогам та мінімальний тяговий опір: робоча швидкість 1,5…2,0 м/с, кутова швидкість обертання барабана 20...25$с^{-1}$ та кут атаки 20…30^0.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Організація охорони праці в господарстві

Згідно Закону України «Про охорону праці» [6] організація охорони праці в сільськогосподарському підприємстві покладається на фермера.

До основних обов'язків роботодавця належить:

- забезпечення фінансування та організації проведення попереднього (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі;
- забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкоджувальними засобами;
- проведення атестації робочих місць;
- за необхідністю організація розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій в порядку, встановленому постановою КМУ від 17 квітня 2019 р. № 337 Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництв.

Отже, незалежно від обсягу виробництва та кількості працюючих, сам господар в першу чергу повинен усвідомлювати необхідність створення безпечних та здорових умов праці для попередження виробничого травматизму та професійних захворювань в порядку встановленому чинним законодавством.

Також в господарствах відповідальні за техніку безпеки працюючих повинні проводити інструктажі з охорони праці при експлуатації сільськогосподарських машин (сільськогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем складових частин та окремих технічних вузлів), що мають здійснюватися з урахуванням вимог експлуатаційної документації.

Зокрема потрібно вказувати на те, що при роботі на сільськогосподарських машинах, вузли та елементи їх рухаються, обертаються та можуть становити

небезпеку. Тому, вони мають бути огороджені захисними кожухами, які забезпечують безпеку працівників.

Перед виконанням робіт необхідно переконатися, що дроти повітряних ліній електропередач не буде зачіпати техніка, проїжджаючи під ними. Під час проїзду сільськогосподарської техніки потрібно дотримуватися безпечної дистанції.

3.2 Заходи з охорони праці під час роботи з комбінованим агрегатом

Під час роботи з комбінованими агрегатами необхідно дотримуватися таких заходів з охорони праці [6]:

- до керування механізованим засобом допускаються особи у віці не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд та отримали дозвіл на роботи з цією машиною, механізмом, а також пройшли інструктаж та навчання з техніки безпеки й отримали відповідне посвідчення;

- робочі, зайняті керуванням чи обслуговуванням машин, агрегатів, механізованого засобу та інших механізмів, повинні знати будову та призначення всіх частин механізмів, апаратури, а також правила догляду за ними; правила обміну сигналізації між робітниками у процесі роботи, встановлені в цьому виробництві; правила користування індивідуальними засобами захисту в процесі підготовки та виконання роботи;

- усі машини, механізми, обладнання, що застосовуються на роботах, мають бути технічно справними;

- у місцях виконання робіт, на тракторах та автомобілях постійно повинна бути аптечка з набором медикаментів для надання першої медичної допомоги;

- забороняється наближатися ближче 8 м до обірваних дротів повітряних ліній та контактної мережі;

- під час роботи тракторного агрегату трактористу та робітнику, який обслуговує причіпний механізм, забороняється залишати робочі місця;

- подавати трактор до причіпної машини або механізму необхідно при найменшій частоті обертання двигуна, без ривків, уважно стежачи за

робітниками, які зчіплюють трактор з причіпною машиною або механізмом. У момент зчеплення слід зупинити трактор;

- забороняється подавати трактор заднім ходом під час роботи з причіпними машинами або механізмами, коли вони знаходяться в робочому положенні;

- перед початком роботи тракторист-машиніст повинен ретельно перевірити справність трактора та причеплених до нього машин та механізмів.

Отже, виконання працівниками вказаних вище заходів з охорони праці дає можливість запобігання виникнення травм на робочому місці.

Висновки по розділу

Таким чином, при роботі з комбінованими агрегатами необхідно дотримуватись необхідних нормативів та правил з техніки безпеки, під час роботи з ними та за виконання цих правил уникнути виникнення травм на робочому місці.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Домінуючим критерієм ефективності сільгоспвиробництва та раціонального використання залучених до нього ресурсів є зниження енергоємності. Енергетичний аналіз дозволяє визначити енергетичну ефективність агрегату, який оцінюється, або комплексу машин [9].

Основним завданням оптимізації є встановлення поєднання технічних засобів, що дозволяють отримати продукцію з найкращими показниками. При цьому з'являється можливість виявлення оптимального поєднання технічних засобів для конкретного технологічного процесу.

Застосування пропонованого комбінованого агрегату забезпечує підвищення якості передпосівної підготовки ґрунту та зниження енерговитрат.

Зменшити енерговитрати на виконання технологічних процесів можна шляхом оптимізації параметрів використовуваних машин. Крім того, можливе скорочення чи об'єднання технологічних прийомів. Пропонований варіант передбачає повну підготовку ґрунту до посіву при використанні комбінованого ґрунтообробного агрегату.

Математична модель, що аналітично описує зниження повних енергетичних витрат, має вигляд [9]:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} E_{\sum ij} \rightarrow \min. \tag{4.1}$$

Економія повних енерговитрат (різниця між енерговитратами при базовому та запропонованому варіантах) має бути максимальною:

$$\Delta E_{\sum} = E_{\sum Б} - E_{\sum П} \rightarrow \max. \tag{4.2}$$

Вираз для розрахунку коефіцієнта ефективності має вигляд:

$$K_E = \frac{E_{\sum П}}{E_{\sum Б}} < 1. \quad (4.3)$$

З урахуванням виразу (4.3) рівень інтенсифікації можна розрахувати за виразом:

$$I_E = (1 - K_E)100. \quad (4.4)$$

Згідно з методикою, викладеною в [9], повні енерговитрати являють собою суму енерговитрат: прямих $E_{ПВ}$, людської праці $E_{ЛП}$, питомої енергоємності $E_{МТА}$, уречевлених $E_У$, через зниження агротехнологічних показників $E_А$:

$$E_\sum = E_{ПВ} + E_{ЛП} + E_{МТА} + E_У + E_А, \quad (4.5)$$

Результати розрахунків щодо встановлення структури енерговитрат та показників енергетичної ефективності передпосівної підготовки ґрунту наведено у табл. 4.1 та на Рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку енергетичної ефективності, МДж/га

№ п/п	Найменування енерговитрат і операцій	Варіант		Різниця	%
		базовий	пропо-нований		
1.	Прямі енерговитрати	1872,7	1244,7	628	33,5
2.	Витрати людської праці	3,81	2,6	1,21	31,7
3.	Питома енергомісткість МТА	422,93	246,55	176,38	41,7
4.	Уречевлені витрати енергії	5600	2800	2800	50
5.	Енергетичні витрати при обробітку грунту	3473,6	3206,4	267,2	7,7
6.	Повні енергетичні витрати	11373,04	7500,25	3872,79	34

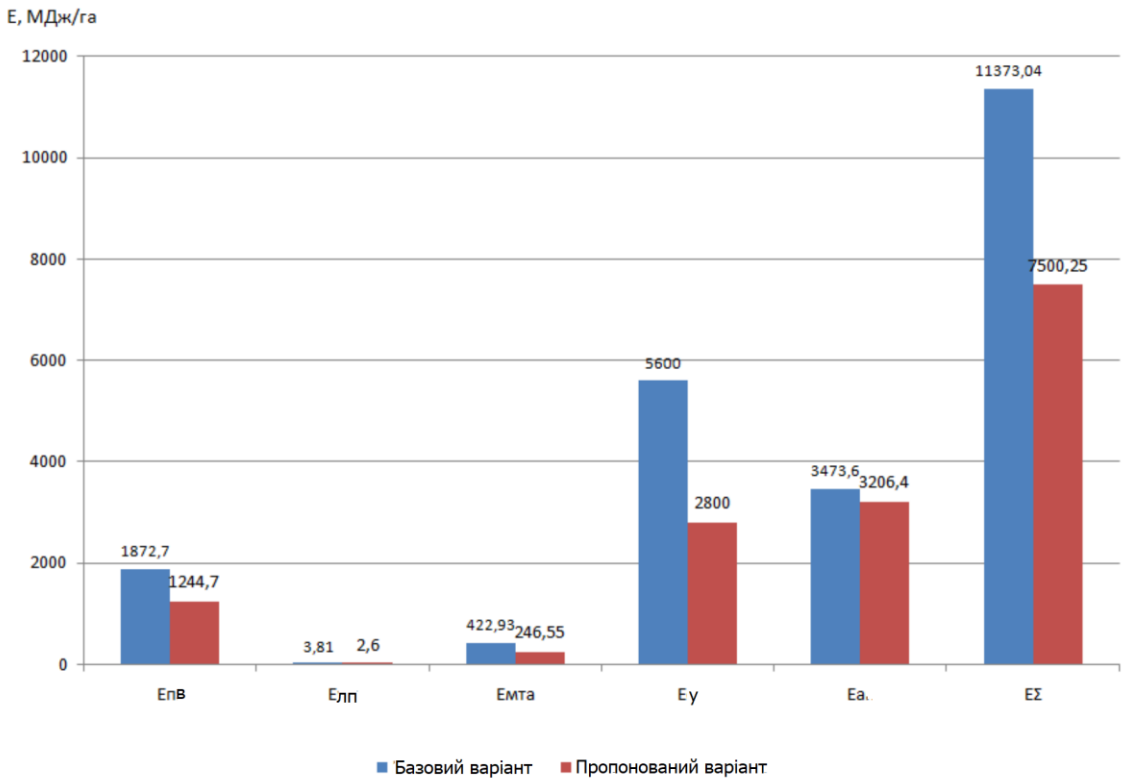


Рисунок 4.1 – Енерговитрати на передпосівну підготовку ґрунту

Отримані результати свідчать про те, що при використанні запропонованого варіанта порівняно з базовим знижуються: прямі енерговитрати на 33,5%; витрати людської праці на 31,7%; питома енергоємність МТА на 41,7%; уречевлені витрати енергії на 50%; витрати енергії при виконанні обробітку грунту на 7,7%. Слід зазначити зниження повних енергетичних витрат на 34%.

Висновки по розділу

Таким чином, із проведених досліджень вище визначено, що при використанні запропонованого варіанта порівняно з базовим знижуються всі енерговитрати, загалом зниження яких на 34%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Відповідно проведених досліджень нами отримані наступні результати:

Здійснено огляд існуючих технологій і технічних засобів для передпосівної підготовки грунту та визначено, що необхідна розробка вітчизняних комбінованих агрегатів, які будуть виконувати операції з обробітку грунту за один прохід.

Приведено конструктивно-технологічну схему комбінованого ґрунтообробного агрегату та математичні моделі роботи плуга й активного робочого органу. Визначено процес взаємодії з грунтом плуга та активного робочого органу.

Удосконалено технологічний процес передпосівної підготовки ґрунту та розроблено конструкцію комбінованого ґрунтообробного агрегату, що забезпечує оранку, подрібнення ґрунтових брил та мульчування верхнього шару ґрунту.

Встановлено, що пористість ґрунту у разі використання комбінованого ґрунтообробного агрегату вища на 24,5...26,1%, а продуктивність його більша на 28,6%.

Наведено заходи з охорони праці під час роботи з комбінованим агрегатом, які необхідно дотримуватися працівникам для уникнення виробничих травм на робочому місці та зберегти життя і здоров’я.

Визначено, що при використанні запропонованого нового варіанту комбінованого агрегату порівняно з базовим знижуються всі енерговитрати. Загалом зниження енерговитрат відбувається на 34%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балтовський О.О., Форос Г.В, Сіфоров О.І. Основи математичного моделювання/ За ред. д.т.н., доц. О.А. Балтовського. Одеський держ. унівт внутр. довідок, 2023. 125 с.

2. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

3. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва: підручник. Тернопіль, 2005. 228 с.

4. Грунтообробна техніка. URL: https://www.deere.ua/uk/. (Дата звернення: 20.03.2025).

5. Ґрунтообробна техніка для первинної обробки ґрунту. URL: https://landtech-ukraine.com/katalog/runtoobrobna-tehnika-dlya-pervinno-obrobki-runtu/. (Дата звернення: 20.03.2025).

6. Закон України «Про охорону праці». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text.

7. Кобець А.С., Волик Б.А., Пугач А.М. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія. Дніпропетровськ : Вид-во «Свидлер А.Л.», 2011. 140 с.

8. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.

9. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

10. Яцук Є.П., Панов І.М., Єфімов Д.М. Ротаційні ґрунтообробні машини. Київ : вища школа, 1991. 255 с.

11. Junker G. Reibung-Storfaktor beider Schraubenmontage. *Verbindun–gstechnik*. 2004.– № 11-12. S. 25-36.

12. Panasyuk A.N. The theoretical justification of the scheme of arrangement for the working bodies of the cultivator tillage midwater. *Farm machinery*. 2013. № 3. P. 135-137.