

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломного проекту  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ  
ВИРОЩУВАННЯ СОРГО І КОНСТРУКЦІЇ  
ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ**

**Виконав:** студент \_\_\_\_\_ Білокрилий Олександр Михайлович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Сокол Сергій Петров

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин (ТСГМ)

Освітній ступінь - "Бакалавр"

Напрямок підготовки: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

канд. техн. наук, доцент

(вчене звання)

Г.В. Теслюк

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

керівник проєкту \_\_\_\_\_

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## АНОТАЦІЯ

Білокрилий О.М. Удосконалення механізації вирощування сорго і конструкції знаряддя для обробітку ґрунту/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. – 84 с.

В роботі представлено біологічні особливості сорго і характеристики ґрунту, які слід враховувати при розробці проекту. Проведено аналіз сучасних знарядь і машин для безполицевого обробітку ґрунту.

Обґрунтовано схему ґрунтообробного знаряддя, проведено розрахунки основних параметрів і розроблена конструкція і робочі креслення вузлів і деталей машини.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні сорго і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 94150 грн. При цьому зниження затрат праці складає 0,2 люд.год./га.

Ключові слова: сорго, ґрунт, сівба, технологія, удосконалення, сівалка, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СОРГО. ....	9
2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ. ....	14
3 АНАЛІЗ ЗНАРЯДЬ ДЛЯ БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ. ....	22
4 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ. ....	37
5 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА. ....	40
5.1 Розрахунок конструктивних параметрів. ....	40
5.2 Визначення тягового опору плуга. ....	44
5.3 Розрахунок запобіжника. ....	46
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	50
6.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. ....	50
6.2 Охорона праці при вирощуванні сорго. ....	50
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ. ....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	67
Д О Д А Т К И. ....	70

## ВСТУП

Сорго вже давно знайшло застосування як хлібна культура в країнах посушливого клімату. Дедалі більше господарників вирощують його як сировину для виробництва біоетанолу.

Сорго є цінною кормовою культурою, оскільки за вмістом поживних речовин не поступається ячменю, кукурудзі та гороху. Багато країн світу віддають перевагу сорго, враховуючи адаптаційні властивості, виробничий потенціал, посухо- та солестійкості цієї культури. Проте в Україні сорго здебільшого вирощують на зелену масу та для виробництва силосу.

За обсягами світового виробництва сорго поступається лише пшениці, рису, кукурудзі та ячменю. Основне виробництво цього зерна зосереджено в Нігерії та США, які спільно виробляють близько третини світового врожаю. До провідних виробників сорго також належать Мексика (7,1 млн т), Індія (6,8 млн т), Судан (5,2 млн т), Аргентина (3,8 млн т) [1].

Сорго є перспективною культурою для України. Зернове сорго є відмінною альтернативою соняшнику в умовах посушливого клімату Півдня та Сходу України та здатне забезпечувати стійкі високі врожаї. Силосне сорго спроможне задовольнити потреби тваринництва у високоякісному силосі та зеленій масі.

Зерно сорго має високу рентабельність виробництва. При дотриманні рекомендованих технологій вирощування та проведення агротехнічних заходів досягається урожайність від 4 і вище тон з гектару. Враховуючи витрати на 1 га понад 4,3-4,5 тис. грн, середню ціну реалізації 1,8-2,0 тис. грн/т, рентабельність культури становить майже 80%. Такий рівень ефективності дає змогу повернути витрачені на вирощування культури кошти та додатково отримати 0,8 грн на кожну гривню, вкладену у її виробництво. Відтак, враховуючи стабільний попит на цю культуру у світі та Україні, економічні

результати її вирощування у перспективі не будуть нижчими за показники попередніх років.

В Україні сформований та з кожним роком розвивається ринок насіння і товарного зерна сорго. У Державний реєстр України занесено понад 80 сортів різних видів сорго, більшість з яких вітчизняної селекції. Базовими селекційними установами є Інститут сільського господарства степової зони (м. Дніпропетровськ) та Селекційно-генетичний інститут - Національний центр насінництва та сортовивчення (м. Одеса), що в структурі НААН України. До того ж, розширюється пропозиція іноземних гібридів, зокрема американської селекції.

Останніми роками продажі насіння сорго скоротилися орієнтовно в 5-7 разів. У піковий період розвитку культури в Україні загальна площа посівів складала 150-170 тис. га. А вже в передвоєнний рік посіви становили не більше 10 тис. га. Посіви сорго в Україні скорочувалися: спочатку через Covid, а пізніше - через окупацію півдня України. Найбільші посіви були в Запорізькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській областях. Але нині там фактично не вирощують сорго. До того ж, проблемою виробництва цієї культури є реалізація [2, 3, 4].

Незважаючи на те, що сорго зараз є нішевою культурою, фахівці звертають увагу на його перспективність, особливо з огляду на природно-кліматичні умови. Тому вже в 2022 році в Україні було посіяно більше 30 тис. га [5].

Основними перевагами вирощування сорго є:

- Стабільно висока продуктивність в умовах посухи - демонструє врожайність на рівні 4–5 т/га в регіонах, де можлива втрата врожаю через посуху.
- Висока адаптивність до різних типів ґрунтів дозволяє сорго реалізувати свій потенціал у регіонах з бідними, піщаними та супіщаними ґрунтами (Житомирська, Черкаська, Харківська, Одеська, Херсонська та інші області).

- Не уражається західним кукурудзяним жуком (*Diabrotica*) - діабротика не може розвиватися в посівах сорго, тимчасом як потенційні втрати кукурудзи через цю проблему, наприклад, можуть сягати 30 % урожаю. Тож разом із сорго в сівозміні буде легше боротись із цим шкідником.
- Покращує фітосанітарний стан поля, особливо в регіонах з великим накопиченням у ґрунті вовчка соняшникового, та провокує його проростання до 70 %. Це робить сорго хорошим попередником для соняшнику.
- Низька потреба в добривах — на 30 % менша, ніж у кукурудзи. Сорго не лише потребує невеликої кількості азотних добрив, а ще й 40 % азоту (N), поглинутого рослиною, повертається в ґрунт в органічній формі [5].

Враховуючи особливості вирощування сорго в умовах недостатньої вологості слід застосовувати і відповідні способи обробітку ґрунту і, перш за все, основного обробітку ґрунту.

Метою дипломного проекту є удосконалення механізації вирощування сорго і конструкції знаряддя для основного безполицевого обробітку ґрунту.



## 1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СОРГО

Сорго (*Sorghum*) - рід одно- та багаторічних рослин родини тонконогових (*Poaceae*), що охоплює до 50 дикоростучих і культурних видів, поширених переважно у тропічних і субтропічних країнах, з яких кілька видів культивуються людиною. Економічно найважливіший вид - звичайне або цукрове сорго (*Sorghum bicolor*), зерно якого використовують для споживання, на фураж та для переробки на мелясу, крохмаль (74 %) і спирт. Ця рослина широко вирощується в Азії (в південно-західній частині), Африці (екваторіальна й південна), Південній і Північній Америці, Європі (на півдні континенту), Австралії.

За зовнішнім виглядом сорго нагадує кукурудзу. Коренева система потужна, проникає на глибину 2-2,5 м. Стебло прямостояче, заввишки від 0,5 (карликові форми) до 7 м (тропічні форми), сухе при дозріванні (у більшості сортів зернового і веничного сорго) або соковите (у цукрового сорго). Рослини зернового сорго розвивають кілька стебел. Листова пластинка ланцетоподібна з гострими краями. Суцвіття - прямостояча, розлога, поникла або зігнута мітелка завдовжки 10-70 см (інколи більше). Зерно звичайно овальної або яйцеподібної форми, плівчасте або голе, білого, рожевого, червоного, жовтого забарвлення; 1000 зерен важать 5-32 г. Сорго відрізняється легкою пристосованістю до ґрунтових і кліматичних умов, теплолюбиве, посухостійке, добре переносить підвищену концентрацію солей в ґрунті. Батьківщина сорго – Екваторіальна або Північно-Східна Африка. Похідними центрами походження вважають Індію і Китай, звідки воно було завезено в інші країни. У Індії сорго вирощують з 3-го тисячоліття до нашої ери, у Китаї та Єгипті - з 2-го тис. до н. е. В Європу культура була завезена в 15 столітті, до Америки в 17 столітті. Сорго відвіку вирощують в Середній Азії. На півдні Східної Європи – з 19 століття.



Рисунок 1.1 - Сорго звичайне

Сорго – хлібна, технічна і кормова рослина. Зерно містить 61-68 % крохмалю, 7,8-16,7 % білка, 1,7-6,5 % жиру. З нього виробляють борошно, крупу, спирт, крохмаль та інше. Із стебел цукрового сорго (містить до 18 % цукру) отримують патоку (сорговий мед). Зерно і зелену масу використовують на корм великій рогатій худобі. Солома використовується як сировина для виробництва паперу, картону, плетених виробів, віників, нею вкривають дахи, використовують на паливо, для загорож. З сухих стебел деяких видів отримують червону фарбу для обробки шкір. Треба зважати на те, що молоді рослини багатьох видів сорго отруйні.

Колоски волотей сорго одноквіткові, розміщені по два або три. Запилюється здебільшого перехресне, однак можливе й самозапилення. Зерно сорго округле, без борізки, голе або плівчасте, в колоскових і квіткових лусках. Маса 1000 насінин 20 - 30 г, В одній волоті утворюється від 1600 до 3500 зернин.

За характером використання розрізняють сорго:

- *цукрове* - високоросла рослина, стебла використовують для вироблення патоки й сиропу, а також на силос; зерно плівчасте та напівплівчасте, важко обмолочується;
- *віничне* - для отримання волотей, виготовлення віників, щіток; серцевина стебла суха; волоті 50-90 см не мають головної осі; зерно плівчасте;
- *трав'янисте* (суданська трава) - в нього інтенсивно ростуть тонкі стебла, сильно кущиться; вирощують на зелений корм і сіно;
- *зернове* - порівняно низкоросле; вирощують на зерно; серцевина напівсуха; зерно відкрите й легко обмолочується; харчові сорти білозерні, без присмаку таніну.

Культивуються найпоширеніші види: звичайне сорго (*S. vulgare*), джугара (*S. serpium*), дурра (*S. durra*), гаолян (*S. japonicum*), кафрське сорго (*S. caffrorum*), хвостате сорго (*S. caudatum*), дохна (*S. dochna*), зернове сорго (*S. bicolor*), цукрове сорго (*S. saccharatum*), веничне або волотисте сорго (*S. technicum*), суданська трава (*S. sudanense*). До роду сорго відносяться також гумай (*S. halepense*) — смітна і кормова рослина. Широко поширені гібриди звичайного сорго з гумаем і суданською травою.

Зернове сорго представляє основну групу. З його зерна роблять цінний корм для сільськогосподарських тварин і сировину для харчової і комбікормової промисловості. Сорго формує зерно з високими поживними цінностями для всіх видів худоби, птиці, риби. У 100 кг зерна міститься 130 к. о, а в 100 кг зеленої маси 25 к. о. За умов посухи зернове сорго відчутно переважає над традиційними культурами такими як ячмінь, кукурудза і горох з врожайності і за виробництвом на 1 га.

Українські аграрії не зовсім об'єктивні по відношенню до культури, адже сорго - правильний вибір за умов глобального потепління. Рослини дуже ефективно використовують ґрунтову вологу завдяки унікальній кореневій системі і високій евапотранспірації. У сорго дуже розвинена коренева система, яка відчутно випереджає наземну масу, активно розростається і проникає на глибину до двох метрів. Під час сильної посухи корінням утворюється захисний кремнієвий шар, який захищає рослини від висихання. Так само для підвищення посухостійкості використовують препарати Гумат Лист і підживлення мікродобривами LF Зернові. Таке ж значення має восковий наліт на стеблі і листках рослини. Якщо в ґрунті зберігається трохи вологи, культура продовжує рости, незважаючи на спеку, низьку вологість повітря і сухі вітру. При повному пересиханні ґрунту рослина входить в стан спокою, припиняє ріст і розвиток, а після випадання опадів знову переходить до активної життєдіяльності. Такі властивості дають культурі переваги в порівнянні з іншими культурами в зонах з підвищеним ризиком.

Країни Європейського союзу мають великий інтерес у сорго. Європейці відкривають для себе привезені емігрантами рецепти їжі з використанням сорго. Сьогодні воно дорожче кукурудзи, але його собівартість значно нижче [6].

Починаючи з березня в Україні проводиться ранньовесняне боронування під посів сорго з метою закриття вологи. У квітні, з появою сходів багаторічних бур'янів, поле оброблюється гербіцидами (*Ураган Форте* 2,5 л/га, наприклад). За прогрівання ґрунту до температури +14 °С на глибину до 10 см проводять передпосівну культивування на глибину 5-7 см задля утворення «насінного ложа», розрихлення верхнього шару ґрунту, знищення пагонів однорічних бур'янів. Сорго - просапна культура. Використовується в пожнивних, поукосних і змішаних посівах. Чутлива на внесення добрива (90-120 кг/га NPK), цукрове сорго - на гній (40 мл/га).

Посів проводять на глибину 3,5 см (максимально до 7 см на легких ґрунтах) у вологий ґрунт. Дотримуються щільності посіву 160-200 тис.

насінин на гектар (для отримання кінцевої щільності 120 тис./га). Ширина міжрядь залежить від використаної техніки - 21-70 см. В той же день проводять обприскування ґрунтовими гербіцидами (*Примекстра Голд* 3,5 л/га,) для боротьби зі злаковими однорічними та дводольними однорічними бур'янами. Боронування середніми боронами проводять з метою заробки гербіцидів у землю та розрихлення верхнього шару для закриття вологи. На 3-7-й день проводять повторне боронування легкими або пружинними боронами для знищення кірки на поверхні ґрунту (закриття вологи) та боротьби зі сходами бур'янів.

Спосіб посіву: широкорядний (міжряддя 60-70 см). На 1 га розміщують 40-120 тис. рослин. Збирають сорго на зерно у фазі його повної стиглості, на силос - в період воскової стиглості, на зелений корм - на початку викидання волоті.

## 2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ

Ґрунт є біологічним середовищем, в якому проростає насіння і розвиваються рослини. Для життя рослин ґрунт має знаходитися у такому стані, який сприяє найкращим умовам їх розвитку. Для цього виконується перелік технологічних операцій ґрунтообробки згідно з агротехнічними вимогами. Слід зауважити, що ґрунт виконує ще одну функцію - він використовується для пересування сільськогосподарських агрегатів, тобто він сприймає на себе вагу машини через ходову систему, що в свою чергу призводить до його ущільнення і втрати родючості. Різні ґрунти за складом мають різну здатність до ущільнення і відповідно різну допустиму „граничну” масу машини.

Ґрунти відрізняються між собою за механічним складом, який утворюється згідно з класифікацією Н.А. Качинського [7] в процентному співвідношенні між глиною (частинки < 0,01 мм) та піском (частинки > 0,01 мм). Якщо ґрунт у своєму складі має більше 50 % „фізичної глини”, то він належить до глини, більше 20 % - до суглинку, більше 10 % - до супіску і менше 10 % - до піску. Перші дві фракції ще мають градацію: ґрунт важкий, середній та легкий. Останні дві фракції відносяться до легких ґрунтів.

До складу верхнього родючого шару входять ще й органічні речовини, одним з головних є гумус. Він надає ґрунту структурності, тобто такого складу, який має окремі зерна та грудочки, що підвищує зв'язність легких ґрунтів і знижує зв'язність важких ґрунтів. Це приводить до вирівнювання фізико-механічних властивостей (характеристик) по усьому полю, що позитивно впливає на сталість енергетичних показників ґрунтообробних та збиральних машин, а також їх зниження.

Але розвиток рослин неможливий ще без двох складових - повітря та вологи, які розташовуються у міжагрегатних порожнинах. Волога в свою

чергу проникає в дрібні капілярні порожнини. Від вмісту цих складових залежать фізико-механічні характеристики ґрунту, які змінюються в досить широких межах. Вологість ґрунту визначається кількістю води, що міститься в ґрунті. Розрізняють абсолютну вологість і відсоткове відношення маси води до маси сухого ґрунту, з якого відібрали воду) та відносну вологість (визначається відсотковим відношенням абсолютної вологості до польової вологомісткості). Якщо абсолютна вологість знаходиться в межах 15-30 %, а відносна вологість - 40-70%, то це відповідає умовам фізичної стиглості ґрунту і створює найкращі умови роботи для ґрунтообробних машин [7].

Наступні дві характеристики ґрунту - щільність і твердість - теж суттєво впливають на енергетичні показники робочих органів ґрунтообробних машин. Щільність ґрунту змінюється в досить широких межах - від  $0,9 \cdot 10^3$  до  $1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> і може бути природною або утвореною механічним способом. Природне самоущільнення ґрунтів виникає за час, коли ґрунт знаходиться без втручання сільськогосподарських машин та їх робочих органів. Для найбільш поширених дернисто-підзолистих, суглинистих ґрунтів щільність знаходиться в межах  $1,2 \cdot 10^3$ - $1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а оптимальна щільність ґрунту поля під сільськогосподарськими рослинами складає  $1,0 \cdot 10^3$ -  $1,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> [7].

Твердість ґрунту, також як і металу, є здатність чинити опір проникненню в нього інших тіл. Вимірюється твердість за допомогою приладу конструкцій Горячкіна, Ревякіна або Висоцького. Твердість визначається при випробуваннях сільськогосподарських машин в трьох горизонтах: 0-10 см; 10-20 см; 20-30 см. Твердість змінюється в межах від 0,4 до 2,7 МПа і визначається для кожного горизонту як середнє значення.

При виконанні ґрунтообробних операцій на поверхнях робочих органів виникають сили тертя, на подолання яких витрачається до 50% гакової потужності трактора. Сили тертя визначаються коефіцієнтом тертя, який для ґрунтів залежить від їх механічного складу і вологості, від виду і стану матеріалу, по якому пересувається ґрунт, а також від тиску на поверхні

контакту та швидкості ковзання. Якщо прийняти, що основним матеріалом для виготовлення робочих органів є сталь, то коефіцієнт тертя змінюється в досить широких межах - від 0,25 для піщаних ґрунтів, до 0,9 - для важких суглинків. Ці дані отримані для вологості ґрунту в межах, що обумовлено агротехнічними вимогами при виконанні ґрунтообробних операцій. Для розрахунків дуже часто використовується середнє значення коефіцієнта тертя,  $f = 0,5$ , що відповідає куту тертя  $\varphi = 26^\circ 30'$ . Літературні джерела містять дані про визначення коефіцієнта тертя по полімерних матеріалах, якими покривають поверхні робочих органів. Коефіцієнт тертя ґрунту по фторопласту складає  $f = 0,18$ , а по поліетилену високого тиску -  $f = 0,15$ .

Найбільший вплив на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин має механічна обробка ґрунту. При цьому одним з головних завдань обробітку ґрунту є надання орному шару пухкого, дрібногрудкуватого складу шляхом подрібнення ґрунтового моноліту на частинки заданої величини. За даними Н.А. Качинського, структура ґрунту в агрономічному розумінні вважається найбільш цінною, якщо вона представлена механічними частинками розміром від 0,25 до 10 мм [6]. Небажаними є частинки ґрунту менше 0,25 мм. Перебільшення великих грудках та брил призводить до збільшення аерації ґрунту, що викликає його пересихання та втрату гумусу.

Тертя ковзання сталі по ґрунту - найбільш розповсюджене, спостерігається при обробці ґрунту стальними робочими органами ґрунтообробних машин. Воно зумовлює значний шкідливий опір робочих органів машин, що впливає на зусилля на гаку трактора. Так, при коефіцієнті тертя ковзання сталь - ґрунт 0,30-0,50 не менше 30 - 50% енергії витрачається на подолання „шкідливого” опору, що виникає перед робочими органами ґрунтообробних машин.

Покращення структурності ґрунту зменшує коефіцієнт тертя, що пояснюється зменшенням площі дійсного контакту ґрунту з поверхнею робочого органу. Коефіцієнт тертя залежить також від нормального тиску і вологості ґрунту. Із збільшенням нормального тиску в межах 20-100 кПа при



зниженій вологості ґрунту коефіцієнт тертя збільшується, а зі збільшенням вологості ґрунту коефіцієнт тертя спочатку збільшується до максимуму, а потім з подальшим збільшенням вологості зменшується, що пов'язано зі створенням на поверхні робочого органу плівки вільної води. Найменше значення коефіцієнта тертя  $f$  на усіх ґрунтах, за виключенням зв'язних піщаних і супіщаних, відповідає низькій вологості ґрунту, а найбільше - високій вологості ґрунту.

Тяговий опір плуга в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту - частини загального опору, що приходить на один квадратний сантиметр площі перерізу пласта ґрунту. Питомий опір ґрунту при оранці залежить не тільки від зміни якостей ґрунту (механічний склад, вологість, щільність, зв'язність тощо), але і від типу плугів та технології оранки (геометрична поверхня полиці, лемішів, кутів постановки їх до стінки і дна борозни, глибини оранки і ширини захвату корпусу та швидкості руху).

Розглядаючи ґрунт як джерело робочого опору сільськогосподарських агрегатів, необхідно при розробці нової техніки і технологій ставити за мету не тільки зменшення енергоємності процесу, підвищення продуктивності, а насамперед - вирішення проблеми збереження родючості ґрунтів.

Загальновідомо, що рівень і стабільність урожаїв значною мірою визначається якістю обробітку ґрунту, яка, в свою, чергу залежить від багатьох факторів і умов: правильного вибору технологічної операції, конструкції машин, швидкості руху агрегату, строків проведення робіт, стану ґрунту та його технологічних властивостей. З метою правильного планування заходів обробітку і добору для них відповідного знаряддя потрібно знати фізико-механічні властивості ґрунту. Від технологічних властивостей ґрунту залежить опір, який долають знаряддя під час обробітку.

Для подолання цього опору на ґрунтах з різними властивостями затрачається неоднакова кількість енергії. Внаслідок цього технологічні властивості ґрунту впливають не тільки на якість обробітку, а й на

продуктивність ґрунтообробних агрегатів, зношення машин, витрати палива. До основних властивостей ґрунту належить зв'язаність, липкість, пластичність і спілість.

Зв'язаність - властивість ґрунту чинити опір зовнішнім силам (роздавленню і розклиненню), які намагаються роз'єднати ґрунтові часточки. Чим вища зв'язаність, тим більше зусиль потрібно прикласти під час механічного обробітку. Зв'язаність ґрунту на самперед залежить від гранулометричного складу.

Найменшою зв'язністю характеризуються легкі ґрунти: піщані, супіщані, легкосуглинкові, опір яких під час оранки плугами з передплужниками коливається від 2,0 до 3,5 Н/см<sup>2</sup>. Вищу зв'язність мають важкі суглинкові і глинисті ґрунти (5,5 — 8, Н/см<sup>2</sup>), а найвищу — солончаки і солонці (8 -20 Н/см<sup>2</sup> і більше).

Малооструктурені розпилені ґрунти мають дуже високу зв'язність, тому під час обробітку вони погано кришаться. Чим з крупніших часточок складається ґрунт, тим менші його зв'язність і питомий опір при обробітку. Звідси найменше зусиль необхідно для обробітку піщаних ґрунтів, більше - суглинкових і супіщаних і найбільше - для обробітку глинистих ґрунтів. В останніх у сухому стані зв'язність досягає найбільшого значення. У міру зволоження глинистих і суглинкових ґрунтів зв'язність зменшується і досягає найменшого значення за вологості, яка характеризує їх фізичну спілість. Піщані ґрунти у сухому стані незв'язні. При їх зволоженні зв'язність дещо збільшується внаслідок виникнення на поверхні ґрунтових часточок водяних плівок. Подальше збільшення вологості знову знижує зв'язність ґрунту. Ось чому на піщаних ґрунтах, що мають низьку зв'язність, механічний обробіток можна вести у досить широкому інтервалі вологості.

Сприятливі умови для обробітку глинистих, солонцюватих ґрунтів і солонців створюються за вузького інтервалу вологості, коли зв'язність найменша. Збільшення кількості перегною (гумусу) підвищує зв'язність

легких і зменшує зв'язність засолених і важких за гранулометричним складом безструктурних ґрунтів. Зменшення зв'язності спостерігається також при вапнуванні кислих ґрунтів.

Однією із основних технологічних характеристик ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні властивості і біологічну активність, є об'ємна маса [7]. Всі види обробітку ґрунту і дія ходових систем агрегатів приводять до зміни об'ємної маси. Прийнято вважати, що пухкий ґрунт відповідає об'ємній масі до  $1,15 \text{ г/см}^3$ , щільний ґрунт –  $1,15\text{-}1,35 \text{ г/см}^3$ , а дуже щільний – більше  $1,35 \text{ г/см}^3$ .

Пластичність - властивість ґрунту набирати наданої йому в зволоженому стані форми без утворення тріщин і зберігати її після припинення дії на ґрунт зовнішніх сил. Ця властивість характерна глинистим, суглинковим і частково супіщаним ґрунтам лише за певного рівня вологості, оскільки у сухому та перезволоженому стані вони практично непластичні. Залежно від вологості розрізняють верхню і нижню межі пластичності ґрунту. Верхньою межею пластичності є вологість ґрунту, за якої ґрунт починає текти. Нижня межа, пластичності - це найменше значення вологості, за якого ґрунт ще можна розкочати в шнур діаметром 3 мм без утворення на ньому тріщин. Пластичність ґрунту виражають у відсотках, визначають за різницею рівня вологості при верхній і нижній межі пластичності. Цей показник найвищий у солонцюватих, глинистих і суглинкових ґрунтах (7 - 17 %), нижчий - у супісках (7 %), відсутній - в піщаних ґрунтах.

Липкість - властивість, яка характеризується здатністю вологого ґрунту прилипати до різних предметів (робочих органів і коліс сільськогосподарських машин і знарядь). Прилипання збільшує тяговий опір і погіршує якість обробітку. Липкість ґрунту виражають зусиллям необхідним для підривання металевої пластинки від вологого ґрунту (сухий не прилипає). Вологість ґрунту, за якої ґрунт вже не прилипає до знарядь, називають межею липкості. М. Качинський запропонував 5-бальну шкалу

для оцінки липкості: граничнолипкий; сильнолипкий; середньолипкий; слаболипкий; розсипчастий.

З підвищенням вмісту глини і розпиленості структури липкість ґрунту зростає. Якщо на структурних ґрунтах прилипання починається лише при 60 - 70 % від НВ, то на розпилених - вже при 40-54 %. Підвищення ступеня насичення ґрунту кальцієм зменшує величину прилипання, а натрієм - збільшує. Тому заміна в солонцюватих ґрунтах натрію кальцієм поліпшує агротехнічні властивості і знижує опір під час обробітку.

Спілість належить до важливих технологічних властивостей ґрунту. Це такий стан ґрунту, який характеризує його готовність до обробітку. Спілим вважають ґрунт, який не прилипає до знарядь обробітку, найкраще кришиться, розпушується і перемішується, не розпилюється, чинить найменший опір. Якість обробітку спілого ґрунту найвища. Розрізняють фізичну і біологічну спілість.

Фізична спілість залежить від вологості ґрунту. Інтервал її в свою чергу залежить від гранулометричного складу ґрунту, суми вбирних основ тощо. Значно ширшим інтервалом вологості характеризується спілість легких піщаних ґрунтів (40-90% від НВ), вужчим - глинистих і суглинкових ґрунтів (50 - 65), а найнижчим — солонцюватих ґрунтів (40 - 50 % НВ). Тому фізична спілість піщаних ґрунтів навесні настає на 5-7 днів раніше, ніж суглинкових і на 7-10 днів раніше, ніж глинистих. Звідси і обробіток різних ґрунтів можна розпочинати за неоднакової вологості.

В залежності від питомого опору і механічного складу ґрунти розділяють на легкі, середні, середньо-важкі і важкі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Характеристика ґрунтів

Показник	Легкі	Середні	Середньо-важкі	Важкі
Питомий опір, Н/см <sup>2</sup>	До 3	3,0 – 5,0	5,0 – 7,0	7,0 – 15,0
Вміст фізичної глини, %	До 20	20 - 30	31 - 50	Більше 51

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя і кутом тертя. Розрізняють коефіцієнт зовнішнього  $f$  і внутрішнього  $f_1$  тертя. Значення коефіцієнта  $f$  залежить від багатьох факторів, головні з яких – механічний склад і вологість (табл. 2.2). Для приблизних розрахунків приймають  $f = 0,5$  і кут тертя  $\varphi = 26^\circ 30'$ .

Однією з трибологічних характеристик ґрунту є зсув – зміщення однієї частини ґрунту по відношенню до другої в результаті бокового (тангенціального) тиску. Зсув ґрунту характеризується показником  $\psi$ , тобто відношенням зсуваючого зусилля  $T$  до нормального тиску  $N$

$$\psi = \frac{T}{N} \quad (2.1)$$

Таблиця 2.2 - Коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту (при нормальному тиску  $N = 3 - 8 \text{ Н/см}^2$ )

Г р у н т	Абсолютна вологість	Коефіцієнт тертя
Дерново-підзолистий, легкосуглинковий	2 - 15	0,4 – 0,5
Дерново-підзолистий, середньосуглинковий	3 - 20	0,4 – 0,8
Лісостеповий, темно-сірий, важкосуглинковий	20 - 23	0,5 – 0,8
Чорноземи вилугувані, глинясті	23	0,7
Чорноземи важкосуглинкові	7 - 16	0,4 – 0,7
Чорноземи середньосуглинкові	6 - 27	0,5 – 0,8
Чорноземи звичайні, глинясті	10 - 30	0,7 – 1,0
Чорноземи південні, піщані	1 - 6	0,4 – 0,6

Експериментально встановлено, що між окремими характеристиками існують тісні кореляційні зв'язки і це дозволяє встановити закономірності зміни одних властивостей в залежності від інших.

### 3 АНАЛІЗ ЗНАРЯДЬ ДЛЯ БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Правильно вибрана система основного обробітку ґрунту - один із дієвих заходів формування високих урожаїв сільгоспкультур. У поєднанні з оптимальними дозами органічних і мінеральних добрив у сівоzmінах вона забезпечує підвищення родючості ґрунтів і їхнє раціональне використання. Агротехнічні заходи основного обробітку ґрунту є найбільш енергоємними, але за їхньою допомогою вирішується багато завдань.

Застосування добрив, високоврожайних сортів інтенсивного типу, ефективних хімічних препаратів для захисту рослин жодною мірою не послаблює значення основного обробітку ґрунту.

На сьогодні аграрники всього цивілізованого світу переймаються не лише проблемою збільшення валового виробництва продукції, а й тим, як це зробити з мінімальними витратами праці та коштів без шкоди для навколишнього середовища.

За період використання землі для сіль господарських потреб на нашій планеті втрачено приблизно 20% родючого шару ґрунту, який створювався тисячі років. Щороку руйнується 24 млн. т ґрунтового покриву Землі. Зникли унікальні чорноземи, які мали вміст гумусу 14-16%, а кількість земельних угідь із вмістом гумусу 10-13% скоротилася вп'ятеро. Інтенсивне використання ґрунтів призвело до того, що верхній, найродючіший, шар ґрунту виноситься з полів вітром, водою, робочими органами машин або разом з вирощеною продукцією. На сьогодні нормою вмісту гумусу у ґрунті вважається небезпечна межа - 2,5 %, нижче якої ґрунт втрачає свої властивості родючості й практично деградує, перетворюючись на пустелю.

Якість ґрунту визначається багатьма чинниками, але вміст у ньому органічної речовини (гумусу) заслуговує на особливу увагу. Наявність у ґрунті органічної речовини впливає на кілька найважливіших функцій ґрунту.



Рисунок 3.1 - Культиватор- плоскоріз КЛД-3,0

Таблиця 3.1 - Характеристика культиватора-плоскоріза КЛД-3,0

Модель	КЛД-3,0
Ширина захвату, м	3
Глибина обробки, см	від 25
Габаритні розміри, мм	3530x3410x1260
Маса, кг	1310
Робоча швидкість, км/год	20
Агрегування з тракторами класу	Т-150, Т-150К, ХТЗ-120
Продуктивність, га/год	4,30



Рисунок 3.2 - Стерньові культиватори KUHN MIXTER

Таблиця 3.2 - Характеристики культиваторів KUHN MIXTER

Модель	MIXTER 107	MIXTER 109	MIXTER 111	MIXTER 113
Робоча ширина, м	3	4	4	6
Кількість лабетів	7	9	11	13
Тип рами	тверда	складна	складна	складна
Транспортна ширина, м	3	3	3	3

Зокрема органічна речовина підвищує здатність ґрунту втримувати вологу та поживні речовини, а також поліпшує його структуру та родючість. Високий вміст гумусу запобігає втратам, які можуть виникнути у результаті таких природних явищ як посуха, надмірна кількість опадів або спалахи хвороб рослин.



Рисунок 3.3 - Культиватор широкозахватний навісний КШН- 5,6 «РЕЗИДЕНТ»

Такий стан речей дав початок широкому запровадженню екологічно безпечних, ресурсо- та вологоощадних технологій у землеробстві. У наш час у світі площі під нульовим обробітком становлять близько 70 млн. га, а за мінімальним обробітком готують ґрунт на площі приблизно 200 млн. га.



Щороку обсяг цих площ неухильно зростає, що переконливо свідчить про перспективи таких технологій.

Розв'язання завдань основного обробітку ґрунту може бути виконане кількома шляхами. Тривалий час вважалося, що основним і найпоширенішим способом обробітку є полицева оранка з обертанням скиби, за якої оброблюваний шар перевертається не менш ніж на  $135^\circ$ , а також кришиться, розпушується та частково переміщується. Така тенденція міцно закріпилася у свідомості людей з кінця XVIII століття, тобто з того часу, коли у Німеччині та Нідерландах був створений полицевий плуг, який за принципом роботи мало чим відрізняється від сучасних полицевих плугів. На той час плуг був ефективним засобом боротьби з бур'янами. Саме завдяки цьому плугу вдалося контролювати розповсюдження пирію повзучого, який невпинно поширювався територією Європи.

Під час оранки майже повністю загортають у ґрунт пожнивні рештки та добрива, і частково знищуються бур'яни. Саме частково, тому що гинуть тільки ті бур'яни, які вже проросли, а їхнє насіння під час оранки не втрачає здатності до проростання протягом кількох років.

Але слід зазначити, що, попри позитивні сторони, оранка має і низку недоліків. Порівняно з іншими заходами основного обробітку ґрунту, оранка є найтривалішою, енергоємною і дорогою технологічною операцією. До того ж, перевертання скиб ґрунту не завжди є корисним. За посушливих умов навесні-влітку за переміщення більш вологого шару на поверхню ґрунту швидко висихає. У районах, що підлягають вітровій ерозії, за повного загортання післяжнивних решток внаслідок видування втрачається не лише волога, а й верхній, найродючіший, шар ґрунту.

Через постійний тиск корпусів плуга на ґрунт на глибині орного шару (приблизно 25-30 см) утворюється так звана плугова підшва. Внаслідок цього перекривається дія капілярної вологи й порушується водний і повітряний режими ґрунту. За інтенсивних атмосферних опадів може відбутися надмірне перезволоження орного шару, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин.

Крім того, науковими дослідженнями встановлено, що обертання шарів ґрунту порушує природну будову орного шару і супроводжується погіршенням умов життєдіяльності деяких мікроорганізмів. Експериментами доведено, що мікроорганізми, які пристосувалися до життя у глибоких шарах, за полицевої оранки вивернуті на поверхню, гинуть від дії світла, і, навпаки, аеробні мікроорганізми, що живуть на поверхні, потрапляючи у нижній шар орного горизонту, гинуть від нестачі кисню.

З огляду на розробку нових робочих органів і машин для обробітку ґрунту широкою механізацією та хімізацією землеробства багато положень, які були висунуті свого часу класиками вітчизняної та світової агрономії щодо оранки, переглянуті. Тому обґрунтування технологій і підбір операцій механічного обробітку ґрунту виходить на перший план.



Рисунок 3.4 - Культиватор-плоскоріз широкозахватний КПШ-5



Рисунок 3.5 - Культиватор-розпушувач КР-2

У розвинених країнах інтенсивно ведуться пошуки шляхів зниження енергоємності основного обробітку ґрунту, а також зменшення витрати

робочого часу і коштів на його виконання. В Україні з урахуванням специфіки сучасних умов господарювання дедалі частіше у землеробстві знаходять своє місце новітні технології обробітку ґрунту. Йдеться про безполицевий, поверхневий, мінімальний та нульовий (так звані no-till-технології) обробітки ґрунту.

Безполицевий обробіток зменшує наслідки втручання в природне середовище ґрунту, збільшує вміст органічної речовини в ньому, поліпшує його структуру, регулює ґрунтову температуру і дає змогу ґрунту втримувати більше вологи.

На ґрунтах, які обробляли без обертання орного шару, біологічна активність і біологічний різновид мікроорганізмів були найвищими. Для таких ґрунтів характерна підвищена здатність поступово та постійно накопичувати поживні речовини. Ці ґрунти мають кращу структуру порівняно з тими, на яких застосовували традиційну оранку.

Скрізь, де застосовували полицевий обробіток ґрунту, були отримані добрі результати щодо підвищення врожайності культур, поліпшення родючості ґрунтів, запобігання водній і вітровій ерозіям. Але широкому розповсюдженню технології ресурсоощадного землеробства стояли на заваді такі чинники, як відсутність необхідної якісної техніки, ефективних добрив та якісних засобів захисту рослин.

Світовий досвід засвідчує, що у наш час технології виробництва зерна переорієнтовуються на нові технології обробітку ґрунту без використання плуга. Основний обробіток ґрунту без обертання скиби широко застосовують у розвинутих країнах Західної Європи. Зокрема, за інформацією фірми Fricke (Німеччина), у країнах Європейського союзу до 50% площ під висів озимих та ярих зернових, а також культур суцільного висіву готують саме за енергоощадною безполицевою технологією основного обробітку.

У Канаді ґрунтозахисне землеробство застосовують ще частіше. Під мінімальним або нульовим основним обробітком там перебуває майже 75% усіх посівних площ. А за даними Департаменту сільського господарства США,

під безплужним обробітком у цій країні - близько 40% площ сільськогосподарських земель. Значну частину земельних угідь сільськогосподарського призначення у Бразилії, Аргентині, Парагваї, Австралії, Франції, Іспанії, Пакистані, Китаї обробляють без застосування полицевої оранки.

Рисунок 3.6 – Чизельний плуг фірми SUMMERS з шириною захвату від 8,5 до 18,3 м

Рисунок 3.7 – Конструктивна схема культиваторів System-Korund (а) і System-Kompaktor (б) фірми LEMKEN

Рисунок 3.8 – Культиватор-плоскоріз System-Korund K фірми  
LEMKEN з розпушувальними котками

Значна частина території України перебуває у зоні ризикованого землеробства, для якої характерні часті посухи та надмірне зволоження ґрунту. У результаті виникає потреба у скороченні строків основного обробітку ґрунту або у їхньому зміщенні. З огляду на це для якісного та вчасного обробітку ґрунту слід застосовувати нові технології та використовувати техніку, яка легко вписується у процеси підготування ґрунту з частими змінами виробничих умов. Для виконання таких робіт у господарствах використовують безплужні ґрунтообробні агрегати (культиватори-плоскорізи, плоскорізи-глибокорозпушувачі, чизельні плуги, чизель-культиватори та інші знаряддя) як вітчизняного виробництва, так і виготовлені провідними світовими фірмами-виробниками. Знаряддя для суцільного обробітку ґрунту дають можливість виконувати безполицевий основний обробіток ґрунту на глибину до 20-22 см, чого цілком достатньо під час вирощування зернових і культур суцільного висіву.

Серед зарубіжних виробників культиваторів для безполицевого обробітку ґрунту заслуговує на увагу продукція таких фірм, як VOGEL&NOOT (Австрія), Horsch (Німеччина) та KUHN (Франція), а серед вітчизняних - ВАТ "Галещина машзавод" та ВАТ "Богуславська сільгосптехніка".

Фірма VOGEL&NOOT виготовляє три моделі культиваторів для безполицевого обробітку ґрунту: Terra Mix, Terra Flex та Terra Cult, - які дають змогу виконувати обробіток на глибину від 3-5 до 20-25 см. Культиватори вказаних моделей схожі між собою і різняться лише кількістю рядів лап, відповідно, 2, 3 та 4. Кожна з моделей має кілька модифікацій, ширина захвату яких змінюється від 3 до 6 метрів.

Однією з особливостей культиваторів VOGEL&NOOT є конструкція їхніх робочих органів. Здавалося б, на перший погляд, проста і давно відома лапа культиватора має свою відмінність. На передньому боці стояка лапи культиватора розміщена напрямна пластина. Нижній край цієї пластини є продовженням гостряка леміша, а верхній піднімається стояком вгору і закінчується на висоті, яка перевищує максимальну глибину обробітку культиватора на 5-7 см. Така конструкція лапи сприяє тому, що, незалежно від вологості ґрунту і від того, скільки залишилося на поверхні поля рослинних



Рисунок 3.9 - Плоскоріз навісний ПН-2,5

Таблтця 3.3 - Технічна характеристика ПН-2,5

Тип	навісний	Габаритні розміри, мм, не більше	
Ширина захвату конструктивна, м	2,5±0,1	довжина	3200
Витрата палива, л/га	15,2-17,2	ширина	2500
Глибина обробки ґрунту, см	8...40	висота	1600
Робоча швидкість руху, км/год	8,0...12,0	Трактор з яким агрегатується	Т-150К
Транспортна швидкість, км / год, не більше	20	Обслуговуючий персонал, чол. (тракторист)	1
Маса виробу, кг	1350	Гарантований ресурс, га	1250
Дорожній просвіт, мм, не менше	300	Продуктивність, га/год	2,0..2,5

решток попередника чи проросло бур'янів, секції культиватора ніколи не забиваються. З огляду на це відпадає потреба кілька разів протягом зміни зупиняти агрегат і вичищати робочі органи від рослинних решток, як це відбувається під час експлуатації інших машин.

Найспрацьовуваніша деталь - розпушувач, який із спрацюванням може розвертатися на 180° іншим боком вперед, що вдвічі подовжує термін його експлуатації. Права і ліва накладки мають наплавлену різальну кромку, тому під час роботи вони самозагострюються, що поліпшує якість роботи культиватора в цілому та зменшує витрату палива. Для захисту лап від пошкодження в кронштейнах їхнього кріплення встановлено захисні зрізні болти.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики ПРН-4,1

Продуктивність, га/час	до 3,5
Ширина захвату, м	4,2
Глибина обробітку, см	12 - 20
Робоча швидкість, км/год.	до 8
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	1660
- ширина	4200
- висота	1400
Вага (маса), кг	980

Коток також подрібнює грудки, частково вирівнює та ущільнює поверхню ґрунту і, тим самим, створює умови для підтягування вологи з

нижніх шарів до верхніх. Завдяки коткам, верхній шар ґрунту рівномірно ущільнюється за всією шириною захвату агрегату. Застосування котка у посушливих умовах дає змогу якнайповніше зберегти вологу від фізичного випаровування.

Після обробітку ґрунту культиваторами VOGEL&NOOT його поверхня повністю підготована до сівби: належним чином ущільнена, має компактну структуру, створено оптимальні умови для проникнення ґрунтової вологи на глибину загортання насіння.

Культиватори Terrano серії FX від Horsch дають змогу розпушувати, змішувати, вирівнювати, коткувати та подрібнювати ґрунт за будь-якої глибини обробітку. Характерною особливістю культиваторів Terrano є оптимальна комбінація різноманітних складових машини. Велика кількість швидкознімних робочих органів, оптимальних для універсального застосування (поверхневий обробіток, глибоке розпушування, розпушування з інтенсивним перемішуванням ґрунту тощо) розширює спектр застосування агрегатів.

Завдяки оптимальному розміщенню вирівнювальних дисків, виключається утворення нерівностей на поверхні поля. Оригінальність конструкції рами дає змогу переносити навантаження з дисків на ущільнювальний коток, де ці навантаження ефективно використовуються для інтенсивного ущільнення ґрунту. Набір пружин забезпечує надійне утримання дисків на потрібній глибині навіть за роботи культиватора на великій глибині та на важких за механічним складом ґрунтах. Використання у конструкції кріплення дисків високоякісних матеріалів і пальців великого діаметра виключає потребу у змащуванні у вузлах тертя.

Спираючись на механізм навіски трактора та на ущільнювальний коток, культиватори працюють з дотриманням встановленої глибини обробітку. Регулювання глибини обробітку відбувається за допомогою дистанційних кліпс, які обмежують опускання рами культиватора відносно катка. Залежно від типу котка, тиск на ґрунт може становити від 60 до 145 кг на метр ширини



захвату.

Фірма KUHN для суцільного безполицевого основного обробітку ґрунту виготовляє культиватори двох моделей - Mixer і Cultimer. Культиватори Mixer (8 модифікацій) за один прохід виконують культивацію, перемішування та коткування ґрунту. Оптимальна комбінація лап забезпечує якісну роботу агрегату. Стабільність і врівноваженість ходу робочих органів відбувається завдяки міцній і жорсткій рамі. Підлаштовані за висотою диски та коток створюють ідеальну оброблювану поверхню, яка характеризується мінімальними перепадами за висотою. Тривалий термін експлуатації різальних поверхонь робочих органів без спрацювання досягається завдяки правильному підбору та якості сталі, з якої вони виготовлені.

Робоча ширина захвату модифікацій культиваторів Mixer становить від 3 до 6 м. Кількість лап, при цьому, дорівнює 7-13 шт. Для агрегування культиваторів Mixer потрібні трактори, потужність двигунів яких становить 140-230 кінських сил.

Культиватори Cultimer (6 модифікацій) являють собою багатофункціональний агрегат для безполицевого обробітку ґрунту на глибину від 5-7 см до 25-30 см. Завдяки вигнутій формі стояка, ці машини забезпечують належне перемішування ґрунту, а потім за допомогою дисків здійснюють його вирівнювання. Коток створює потрібний тиск на ґрунт для ущільнення його поверхні.

Робоча ширина культиваторів Cultimer перебуває в межах від 3,0 до 8,0 м. Завдяки розміщенню в кілька рядів стояків лап, агрегат надійно працює навіть за великої кількості на поверхні ґрунту рослинних решток попередника. Залежно від модифікації, кількість лап змінюється від 10 до 25 шт. Cultimer відзначається високою надійністю у роботі. Завдяки міцній рамі та подвійному пружинному захисту, забезпечується безпека за максимального навантаження на лапу 350 кг. Для агрегування культиваторів Cultimer потрібні трактори, які розвивають потужність 150-400 кінських сил.

Культиватор КШН-5,6 "Резидент" (рис. 3.3), який виготовляє ВАТ "Галещина машзавод" призначений для основної обробки ґрунту без перегортання його поверхневого шару і може бути використаний у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Культиватор складається з центральної рами, обладнаної гідросистемою, двох бічних піврам, опорних коліс, колісної підвіски та робочих органів. Бічні піврами з'єднані з центральною рамою шарнірно, що дає змогу під час транспортування за допомогою гідравліки складати піврами, зменшуючи ширину культиватора.

Шарнірно прикріплена до рами колісна підвіска з двома колесами на пневматичних шинах в робочому стані піднімається за допомогою гідросистеми.

Опорні колеса встановлені так, щоб леза лап ішли під основною масою коріння колосових зернових на глибині 10-15см. Тринадцять лап, закріплених у два ряди на рамі й піврамах, під час роботи культиватора підривають і розрізають нижній шар ґрунту. Однією з особливостей робочих органів культиватора є те, що вони розбираються, й із спрацюванням деяких частин їх можна замінювати.

Ряд дисків, які встановлені за лапами культиватора, подрібнюють і розпушують підірваний шар ґрунту, а також частково вирівнюють гребені, які утворюються за лапами культиватора. Котки додатково подрібнюють, коткують й остаточно вирівнюють верхній шар ґрунту. За оптимальної вологості ґрунту даний агрегат не робить великих грудок землі й зберігає природну структуру ґрунту.

Для запобігання ерозії багатий органічною речовиною мульчований верхній шар не потрібно загортати на велику глибину. Культиватор КШН-5,6 "Резидент" має ту особливість, що його можна відрегулювати на мілку глибину обробки, за якої пожнивні рештки перемішуються лише у межах верхнього шару завтовшки в кілька сантиметрів, що сприяє кращій мінералізації рослинних решток. Головними вимогами якісної роботи

культиватора є лише рівномірний розподіл поживних решток на поверхні поля та оптимальна вологість ґрунту.

Культиватор універсальний КУ-3, який поставлено на виробництво ВАТ "Богуславська сільгосптехніка", дає можливість виконувати безполицевий основний обробіток ґрунту на глибину до 20 см під час вирощування зернових і культур суцільного висіву. В агрегаті гармонійно поєднані вагомі переваги всіх складових машини. Відбувається це завдяки запровадженню на етапі конструювання та виготовлення машини вдалих технічних рішень, а також оснащенню культиватора кращими робочими органами. Робочими органами культиватора є лапи, що виготовлені з високоякісної термічно обробленої сталі, попарно розміщені сферичні диски-загортачі та коток. Передбачений варіант комплектації культиватора, за якого, замість сферичних дисків-загортачів, культиватор комплектується вирівнювачем ґрунту. Такий варіант культиватора застосовують під час обробітку ґрунту з одночасним вирівнюванням його поверхні.

На культиваторі лапи розставлені так, що між слідами проходів сусідніх стояків відстань становить 45 см. Під час роботи культиватора та кількість ґрунту, яка піднімається напрямною пластиною лапи (глибина обробітку - до 20 см, ширина направляючої пластини - 10 см) присипає поживні рештки, бур'яни та добрива. У результаті утворюється шар, який сприяє зменшенню випаровування вологи, знищенню бур'янів, які вже встигли прорости, загортанню добрив у ґрунт і протидії водній і вітровій ерозії.

На культиваторі встановлено лапи всесвітньо відомої фірми Bellota, що забезпечує надійну, безвідмовну та довговічну роботу машини. Вартість імпортованих робочих органів, порівняно з вітчизняними, вища приблизно на 30-40%, але їхній ресурс у 2,5-3 рази більший. Отже, у співвідношенні ціна: якість вони значно випереджають вітчизняні. До того ж, робочі органи фірми Bellota використовують на своїх машинах інші виробники ґрунтообробної техніки, що робить їх взаємозамінними та універсальними.

Коток забезпечує сталу глибину обробітку і регулює її. Агрегат скомплектований так, що навіска трактора є передньою опорою культиватора, а ззаду на поверхню ґрунту опирається коток. За допомогою переміщення рами котка відносно основної рами культиватора та фіксування її в тому чи іншому положенні змінюється глибина обробітку.

Під час визначення економічної ефективності від впровадження ресурсоощадного обробітку ґрунту слід оцінювати не лише економію паливно-мастильних матеріалів, а й враховувати менші капітальні вкладення, менші витрати робочого часу та вищу продуктивність агрегатів. Основними чинниками енергозбереження за застосування безполицевих ґрунтообробних агрегатів є зменшення глибини обробітку, зменшення питомого опору машин і збільшення ширини захвату агрегатів.

Завдяки високим техніко-експлуатаційним показникам роботи, використання культиваторів для безполицевого основного обробітку ґрунту дає можливість за високої якості обробітку до 40% зменшити енерговитрати порівняно зі звичайною полицевою оранкою за однакових умов роботи (глибина обробітку, довжина гонів, питомий опір ґрунту, рельєф поля тощо).

Варто зауважити, що технології обробітку ґрунту без обертання скиби не можуть поширюватися на всю країну чи на окремо взятий великий регіон, скажімо на зону Лісостепу. Їх слід ретельно підбирати з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, розміщення культур у сівозміні, рельєфу місцевості, розмірів і конфігурації полів тощо.

Більшість с.-г. підприємств України мають сучасну техніку. І навіть якщо економічна ефективність безполицевого обробітку ґрунту очевидна, багато господарств стримано ставляться до цих технологій.

На швидку віддачу сподіватися не варто. Відомо, що істотні позитивні результати від впровадження технологій безполицевого основного обробітку ґрунту з'являються лише через кілька років. Але планомірне проведення всіх заходів дасть можливість не тільки відновити родючість ґрунтів, а й на 10-15% знизити собівартість вирощеної продукції.

#### 4 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

Відомо, що одною з найгостріших проблем сучасного землеробства стала прогресуюча деградація земель, що обробляються. Це негативне явище охопило й українські чорноземи. Так, за останні десятиріччя, через неправильне використання земель середній вміст гумусу в ґрунті, як основного фактора родючості чорноземів, знизився на 30–50%, а потужність гумусного горизонту зменшилась на 10–15 см. Все це є наслідком застосування багатьох сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які засновані на багаторазових проходах по полю усе більш важких машинно-тракторних агрегатів, що призводить до руйнування структури ґрунтів, інтенсивного розпилення верхніх та ущільнення їх нижніх шарів.

Суттєвою причиною, яка призводить до прискорення деградації чорноземів є переущільнення ґрунтів. Проходи по полю важких орних агрегатів та інших сільськогосподарських машин сприяють ущільненню ґрунту та призводять до руйнування його структури. Переущільнення проникає і у нижні шари, які знаходяться за межами досяжності ґрунтообробних знарядь загального призначення. Таким чином, щільність орного і підорного горизонтів значно підвищилась, а на ріллі з'явилися важкі брили, які дуже погано піддаються розпушуванню.

В той же час, без обробітку ґрунту неможливо забезпечити високу культуру у рільництві та отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Тому розв'язання будь-яких технологічних завдань стосовно вирощування сільськогосподарських культур повинно бути пов'язане, насамперед, з «бережливим» режимом дії на ґрунт, із знаходженням шляхів збереження родючості ґрунтів, з покращенням агротехніки вирощування сільськогосподарських культур. Для забезпечення таких бережливих та

енергозберігаючих режимів обробітку ґрунту останнім часом з'явилося багато нових технологій з використанням машин з безполицевими робочими органами під різноманітними назвами, а саме: ресурсозберігаюча, енергозберігаюча, екологічне чиста, тощо, які спрямовані на можливість зняти гострі проблеми деградації ґрунтів. Отже, для збереження родючості ґрунтів, особливо при обробітку середніх та важких чорноземів, зменшення енерговитрат та здешевлення технологічного процесу підготовки ґрунту під сівбу, у світі пішли по шляху безполицевого обробітку ґрунту з використанням як одно операційних машин так і комбінованих агрегатів.

Слід признати, що лемішо-полицеві плуги сьогодні на жаль залишаються ще в нашій країні як основні знаряддя для обробітку ґрунту. Оскільки оранка ними сприяє більш швидкому розкладанню органічних речовин, це й приваблює багатьох агрономів та механізаторів, але вони майже не звертають уваги на те, що оранка полицевими плугами веде до втрати гумусу в орному шарі ґрунту. Крім того, робота таких плугів супроводжується значним тиском лемешів та полиць (близько 800–1000 кПа) на ґрунт, що є вище навіть за контактний тиск, який створюють своїми рушіями трактори та сільгоспмашини. Це призводить до утворення плужної підшви і ущільнення окремих агрегатів (грудок) ґрунту. Дослідами встановлено, що при роботі плугів щільність ґрунту у таких грудках стає в 1,24 рази більше, ніж до обробітку, а твердість ґрунту дна борозни у 1,5–2,0 рази більша, ніж до проходження плуга. Тому світова практика показує, що шлях впровадження ґрунтозахисних технологій лежить в першу чергу через освоєння безполицевого способу обробітку ґрунту, так званого мінімального.

При мінімальному обробітку ґрунту вартість робіт і витрати енергії зменшуються, а екологічно небезпечний рівень ґрунту знижується. Але й у безполицевих робочих органах є свої суттєві екологічні недоліки, які проявляються тим сильніше, чим глибше проникає він у ґрунт.

Безполицеві робочі органи чим глибше проникають у ґрунт, тим

нерівномірніше розпушують його по глибині: верхня його частина виявляється неприпустимо грудкуватою.

Отже, певні переваги безполицевого обробітку ґрунту у порівнянні з полицевим наукою і практикою доведені. Але постає при цьому нова задача: як удосконалити безполицевий обробіток, щоб підвищити якість розпушування ґрунту і як розширити універсальність його використання. Під підвищенням якості розпушування ґрунту мається на увазі те, щоб при збільшенні глибини ходу безполицевого робочого органу не збільшувалась грудкуватість у верхньому шарі поля. Під розширенням універсальності машин з безполицевими робочими органами мається на увазі те, щоб такі машини могли якісно готувати ґрунт під сівбу за один прохід як на чистому полі, так і на засміченому рештками рослин після збирання врожаю, а також щоб вони при необхідності могли загортати органічні добрива і рослинні рештки ґрунтом на певну глибину. Ці задачі в дипломному проекті пропонується вирішити шляхом розробки комбінованого ґрунтообробного агрегату, який являє собою поєднання чизельного плуга ПЧ-2,5 і кільчастого котка.

Кільчастий коток, який приєднаний до чизельного плуга руйнує брили, утворені його лапами, подрібнює і сприяє загортанню в ґрунт рослинних залишків, ущільнює нижній і мульчує верхній шар ґрунту і таким чином підготовлює його під посів сорго за один прохід агрегату.

## 5 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

### 5.1 Розрахунок конструктивних параметрів

З метою зменшення ймовірності забивання рослинними рештками робочих органів чизельного плуга використаємо дворядне розміщення їх на рамі машини, тобто вибираємо дворядну схему розміщення стрілоподібних лап.

Дворядна схема розміщення робочих органів забезпечує вільний прохід ґрунту і рослинних залишків між лапами знаряддя.

Як показали випробування найменше забивання чизельних плугів спостерігається при напівкруглій формі профілю поперечного перерізу стояків робочих органів. В цьому випадку рослинні рештки внаслідок тертя з ґрунтом легко сповзають з гладкої поверхні лобової сторони стояків і робочі органи не забиваються. Тому для розробленого знаряддя приймаємо напівкруглу форму профілю поперечного перерізу стояків робочих органів.

За даними [8] найменший тяговий опір чизельного плуга спостерігається при роботі з лапами шириною захвату  $v = 0,05$  м, але якість рихлення ґрунту цими лапами була незадовільна. Тяговий опір чизельного плуга з лапами шириною захвату  $v = 0,07$  м в порівнянні з лапами шириною  $v = 0,05$  м виріс на 10,9 – 12,8 %, але при цьому якість рихлення відповідала агротехнічним вимогам. Відповідно до вищевказаного приймаємо ширину захвату лапи  $v = 0,07$  м.

З метою забезпечення міцності леза долота і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхнє загострення леза долота. Кут загострення леза і знаходиться в межах  $20 - 22^\circ$  [13]. Приймаємо  $i = 20^\circ$ . Кут різання  $\beta_0$  визначає здатність лапи до заглиблення її в ґрунт і знаходиться в межах  $\beta_0 = 47-52^\circ$ . Кут кришення ґрунту  $\alpha$  знаходиться в межах  $\alpha = 25 - 30^\circ$ . Приймаємо  $\alpha = 27^\circ$ .

Критичну глибину різання визначаємо за формулою:



$$h_k = \mu_1 \cdot b, \quad (5.1)$$

де  $\mu_1$  - коефіцієнт, який виражає відношення критичної глибини різання до ширини захвату лапи,  $\mu_1 = 5,0$ .

$$h_k = 5 \cdot 0,07 = 0,35 \text{ м.}$$

Внаслідок багаторазових проходів орних агрегатів на глибині біля 30 см утворюється плужна підшва, яка перешкоджає проникненню кореневої системи рослин, зокрема кукурудзи в більш глибокі шари ґрунту, що впливає на урожайність. Для того щоб зруйнувати плужну підшву приймаємо глибину обробітку  $a = 40$  см.

Зона деформації ґрунту з бокових сторін лапи  $A$  визначається за формулою:

$$A = 2 h_k + b \quad (5.2)$$

$$A = 2 \cdot 0,35 + 0,07 = 0,77 \text{ м.}$$

Для того, щоб лапи не залишали на поверхні ґрунту необроблених смуг і щоб забезпечувалось суцільне рихлення ґрунту в верхньому шарі, потрібно виконання умови (рис. 5.1):

$$M < A \quad (5.3)$$

де  $M$  – відстань між лапами в ряду.

Приймаємо  $M = 0,55$  м.

Конструктивну ширину захвату чизельного знаряддя можна визначити за формулою (рис. 5.2):

$$B_k = (n - 1) \cdot M + b, \quad (5.4)$$

де  $n$  – кількість чизельних лап,  $n = 5$ .

$$B_k = (5 - 1) \cdot 0,55 + 0,07 = 2,27 \text{ м.}$$

Робочу ширину захвату визначимо за формулою

$$B_p = B_k + M - b \quad (5.5)$$

$$B_p = 2,27 + 0,55 - 0,07 = 2,75 \text{ м.}$$

Ширина розрихленої смуги визначається за формулою

$$B = B_k + 2a. \quad (5.6)$$

$$B = 2,27 + 2 \cdot 0,4 = 3,07 \text{ м.}$$

Заглиблення в ґрунт робочих органів чизеля відбувається під дією його власної маси. Застосування примусового заглиблення в ґрунт робочих органів начіпних знарядь небажано, оскільки це може призвести до виходу їх з ладу.

Скорочення довжини шляху заглиблення робочих органів в ґрунт є важливим фактором, який впливає на рівномірність глибини обробітку поля.

Відповідно своєму призначенню чизельні плуги працюють на великій глибині і їх робочі органи працюють в ущільненому середовищі. В таких умовах роботи заглиблення робочих органів чизеля більш складне, ніж при оранці на невелику глибину.

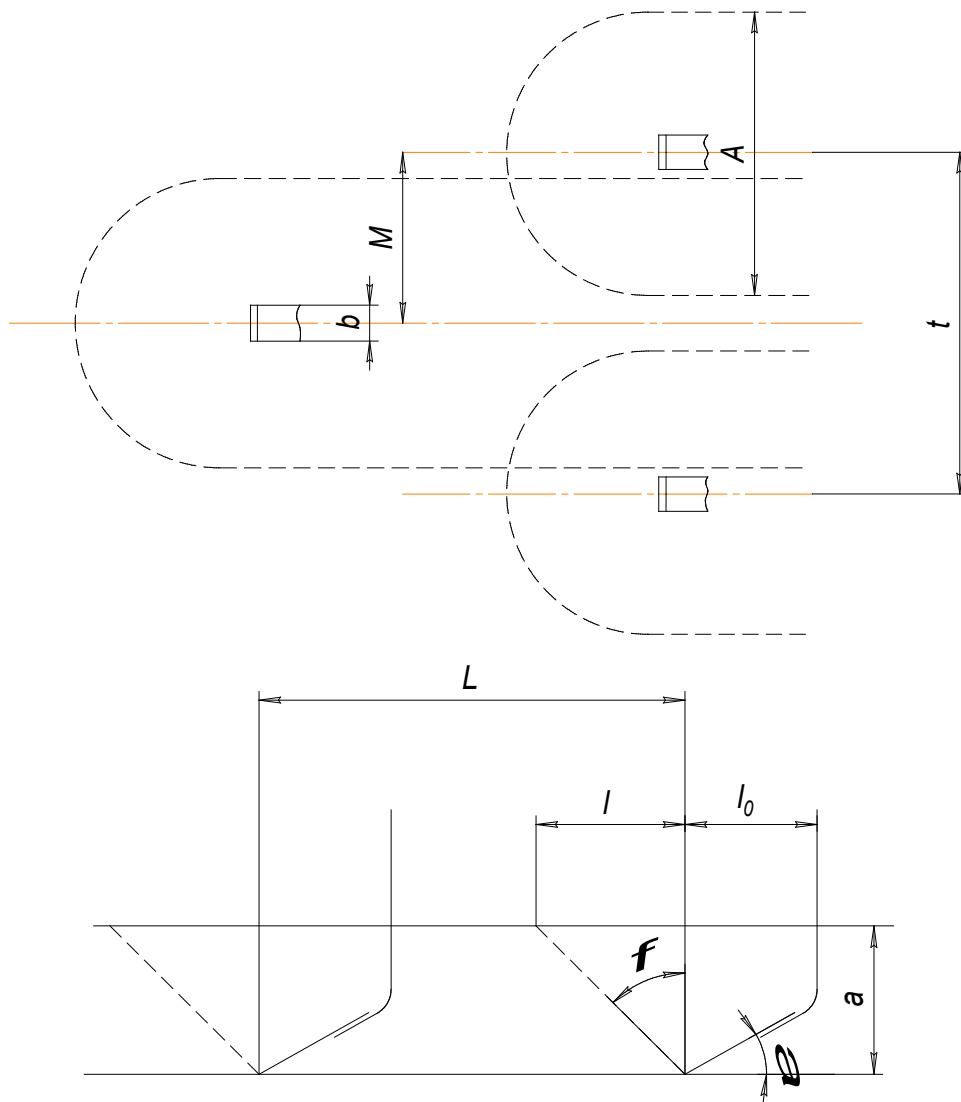


Рисунок 5.1- Схеми до обґрунтування основних параметрів чизельного плуга

Сила  $G_1$ , яка заглиблює плуг може бути визначена за формулою [13]:

$$G_1 = G \cdot \cos(90^\circ - \varepsilon) = G \cdot \sin \varepsilon, \quad (5.7)$$

де  $G$  – сила ваги плуга, кН.;

$\varepsilon = 6^\circ$  – кут траєкторії заглиблення.

Вага плуга ПЧ-2,5 становить 9,5 кН.

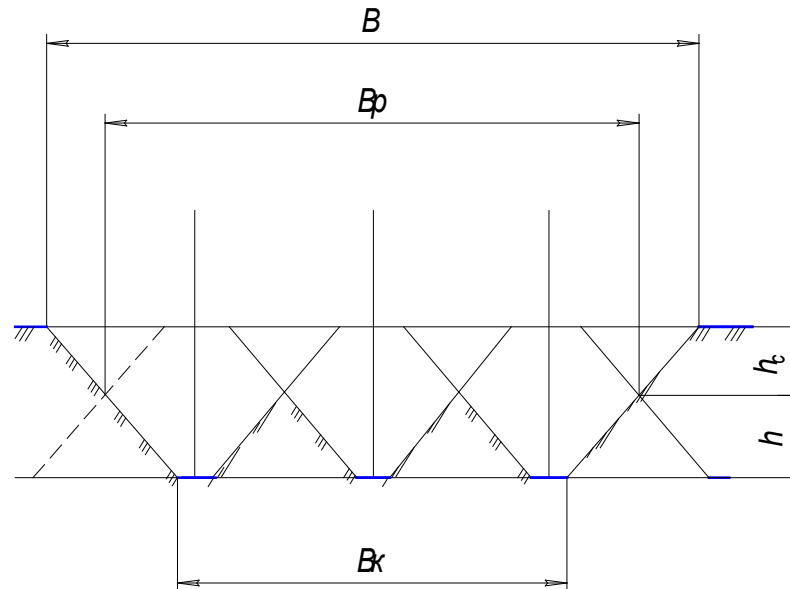


Рисунок 5.2 – Схема до визначення конструктивної і робочої ширини захвату чизельного плуга

Робота заглиблення плуга можна визначити за формулою:

$$W = S_1 \cdot G_1 \quad (5.8)$$

де  $S_1$  – довжина шляху заглиблення плуга, м.

Підставивши значення з (5.7), одержимо

$$W = S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon \quad (5.9)$$

З іншого боку роботу  $W$  можна визначити за формулою:

$$W = k' \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (5.10)$$

де  $k'$  – коефіцієнт, який виражає втрати енергії на одиницю площі обробітку,  $k' = 15 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість робочих органів,  $n = 5$ ;

$b$  – ширина робочих органів,  $b = 0,07$  м;

$a$  – глибина обробітку,  $a = 0,4$  м.

Із (5.9) і (5.1), маємо

$$S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon = k' \cdot a \cdot b \cdot n . \quad (5.11)$$

Звідки,

$$S_1 = \frac{k' \cdot a \cdot b \cdot n}{G \cdot \sin \varepsilon} . \quad (5.12)$$

$$S_1 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,07 \cdot 5}{9,5 \cdot \sin 6^\circ \cdot 10^3} = 2,2 \text{ м.}$$

Довжину проекції шляху заглиблення лапи на напрямок руху  $S$  визначимо за теоремою Піфагора

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2} \quad (5.13)$$

$$S = \sqrt{2,2^2 - 0,4^2} = 2,1 \text{ м.}$$

Довжину шляху заглиблення плуга  $L_1$  визначимо по останньому робочому органі

$$L_1 = L + S, \quad (5.14)$$

де  $L$  – відстань між носками лап по ходу знаряддя, м.

Відстань  $L$  можна визначити за формулою:

$$L = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (5.15)$$

де  $l_0$  – величина, яка визначається конструктивно,  $l_0 = 400$  мм.

$$L = 0,4 \cdot \operatorname{tg} \frac{27^\circ + 25^\circ + 40^\circ}{2} + 0,4 = 0,8 \text{ м.}$$

Приймаємо  $L = 0,8$  м.

$$L_1 = 0,8 + 2,1 = 2,9 \text{ м.}$$

## 5.2 Визначення тягового опору плуга

Для розрахунку тягового опору плуга скористаємося формулою:

$$R_n = f \cdot G + K \cdot F_k, \quad (5.16)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору руху плуга в борозні,  $f = 0,4$  [8, с.33];

$K$  – коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунтового пласта чинити опір деформації,  $K = 40 \text{ кН/м}^2$  [13, табл. 3.1];

$F_k$  – площа поперечного перерізу рихлої частини пласта при обробітку ґрунту в шарі до критичної глибини різання,  $\text{м}^2$ .

Площу  $F_k$  можна визначити за формулою:

$$F_k = h_k \cdot B_k - F_1, \quad (5.17)$$

де  $F_1$  – площа поперечного перерізу незруйнованих гребенів,  $\text{м}^2$

$$F_1 = (n - 1) F_T, \quad (5.18)$$

де  $F_T$  – площа гребеня трикутної форми висотою  $h$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_T = \frac{(M - b)^2}{4} \quad (5.19)$$

$$F_T = \frac{(0,55 - 0,07)^2}{4} = 0,06 \text{ м}^2$$

$$F_1 = (5 - 1) \cdot 0,06 = 0,24 \text{ м}^2;$$

$$F_k = 0,35 \cdot 2,27 - 0,24 = 0,55 \text{ м}^2$$

Підставивши відповідні значення в (4.18) ми можемо знайти тяговий опір чизельного плуга

$$R_n = 0,4 \cdot 9,5 + 40 \cdot 0,55 = 25,8 \text{ кН.}$$

Тягова потужність визначається за формулою:

$$N_n = R_n \cdot V_p, \quad (5.20)$$

де  $V_p$  – робоча швидкість руху чизельного плуга,  $V_p = 2,2 \text{ м/с}$ .

$$N_n = 25,8 \cdot 2,2 = 56,8 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії чизельного плуга визначимо по такій формулі:

$$\eta_n = 1 - \frac{f \cdot G}{R_n} \quad (5.21)$$

$$\eta_n = 1 - \frac{0,4 \cdot 9,5}{25,8} = 0,85.$$

Висоту стояка робочого органу чизельного плуга можна визначити за формулою [8]:

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (5.22)$$

де  $h_1$  – мінімальна висота від нижньої площини рами до поверхні розпушеного ґрунту під час роботи плуга. Для того, щоб рослинні рештки вільно проходили приймаємо  $h_1 = 0,3$  м;

$h_2$  – максимальна величина спушеного шару ґрунту.

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot a, \quad (5.23)$$

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,4 = 0,1 \text{ м.}$$

$$H_c = 0,3 + 0,1 + 0,4 = 0,8 \text{ м.}$$

Для дворядної схеми розміщення робочих органів в шаховому порядку мінімальне число лап, які працюють в суцільному середовищі, можна визначити по формулі [8]:

$$n_c = \frac{n-1}{n_p}, \quad (5.24)$$

де  $n_p$  – кількість рядів лап,  $n_p = 2$ .

$$n_c = \frac{5-1}{2} = 2.$$

Для того, щоб рух плуга був стійким на необхідній глибині і ширині захвату, його потрібно обладнати опорними пристроями (колесами), число яких повинно бути не менше, ніж число ступенів свободи.

Начіпний чизельний плуг має дві ступені свободи, тому його обладнаємо двома колесами. Чизельний плуг має поздовжню вісь симетрії, тому умову його рівноваги потрібно розглядати в поздовжньо-вертикальній площині.

### 5.3 Розрахунок запобіжника

З метою попередження виходу з ладу робочих органів ґрунтообробних машини їх оснащують запобіжними пристроями. Запобіжники можна поділити на дві основні групи: односторонньої (неавтоматичної) і двосторонньої (автоматичної) дії.

Запобіжники односторонньої дії, в свою чергу, можна розділити на два типи: групові, які вимикають з роботи всі робочі органи (машину в цілому) при зустрічі з перешкодою одного з них, і індивідуальні, які виключають з роботи лише один робочий орган – той, який зустрівся з перешкодою.

Запобіжники двохсторонньої дії по характеру дії розділяють на групові, індивідуально-групові та індивідуальні.

Групові запобіжники автоматичної дії засновані на різних принципах дії: виглиблення всього плуга при збільшенні тягового опору за допомогою гідросистеми трактора при силовому способі регулювання глибини ходу, виключення муфти зчеплення трактора, включення пружного елемента в верхню тягу механізму навіски і т.д. Індивідуально групові запобіжники по принципу дії поділяють на важільні, вальково-тросові і гідравлічні. Вони вигубляють лише один робочий орган – той, який зустрівся з перешкодою, але одночасно міняє режим роботи всіх інших робочих органів машини. Виглиблений робочий орган після проходження над перешкодою повертається в робоче положення внаслідок дії на нього через відповідні механізми зв'язку тягового опору інших корпусів.

Індивідуальні запобіжники засновані на принципі накопичення енергії при відхиленні робочого органу, який зустрівся з перешкодою, і використанні цієї енергії для повернення робочого органу в попереднє положення після проходження перешкоди.

В якості акумуляторів енергії в запобіжниках цього типу служать: пружина, газ, спеціальна рідина або надлишок тиску в гідросистемі трактора.

Ґрунти на території господарства мало засмічені камінням, тому для чизельного плуга приймаємо індивідуальний зрізний запобіжник. Його роль буде виконувати болт. Зусилля спрацювання запобіжника повинно бути трохи більше нормального тягового опору однієї лапи:

$$R_c > R_{xz} \quad (5.25)$$

Для розрахунку запобіжника приймаємо, що він буде спрацьовувати при збільшенні величини  $R_x$  на 50 %, тобто:

$$R_c = 1,5 R_{xz} \quad (5.26)$$

Визначаємо момент, який діє на лапу при зіткненні з перешкодою, відносно точки А (умовного центру обертання лапи під час спрацювання запобіжника):

$$M_a = R_c \cdot l, \quad (5.27)$$

де  $l$  – найкоротша відстань від точки А до лінії прикладання сили  $R_c$ ,  $l = 0,8$  м.

$$M_a = 5,52 \cdot 0,8 = 4,42 \text{ кН} \cdot \text{М}.$$

Визначаємо силу  $P$ , яка діє в лапі:

$$P = \frac{M_a}{l_1}, \quad (5.28)$$

де  $l_1$  – відстань від точки А до запобіжника,  $l_1 = 0,15$  м.

$$P = \frac{4,42}{0,15} = 29,5 \text{ кН}.$$

Умова міцності на зріз має вигляд [11, с. 219]:

$$\tau_{\max} = \frac{P}{F} \leq [\tau] \quad (5.29)$$

З цього виразу:

$$\tau = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d^2}{4}} \quad (5.30)$$

Вважаючи, що дотичні напруження діють рівномірно, і те, що болт буде підлягати подвійному зрізу, одержимо:

$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{2}} \quad (5.31)$$

Таким чином, умова міцності болта прийме вигляд:

$$\frac{2P}{\pi d^2} \leq [\tau] \quad (5.32)$$

де  $[\tau]$  - допустиме напруження при чистому зрізі.

Для сталі  $[\tau] = 100$  МПа. Тоді,



$$d = \sqrt{\frac{2P}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (5.33)$$

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 29,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 100}} = 0,0153 \text{ м.}$$

Приймаємо в якості запобіжника болт діаметром 16 мм.

Розрахунки дали можливість визначити основні параметри і режим роботи розробленого чизельного плуга для агрегування з трактором класу 3.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

В сільському господарстві суттєвий вплив на умови праці визначають небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які класифікуються (ГОСТ 12.0.003-74) на такі групи: фізичні, хімічні та фізіологічні [ ].

В групу фізичних факторів входять машини та механізми, що рухаються, їх захисні рухомі частини, підвищена запиленість і загазованість повітря, підвищена температура повітря; яскравість світла.

Група хімічних небезпечних та шкідливих факторів виробництва поділяються на наступні підгрупи по фактору впливу на організм людини: загально токсичні, подразнюючі; та ті, що проходять через шкіру людини.

Фізичні перевантаження можуть бути статичними, динамічними та гідродинамічними. Також бувають нервово-психологічні перевантаження.

### 6.2 Охорона праці при вирощуванні сорго

Робочі місця механізаторів укомплектовуються необхідним інвентарем, а робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту.

Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяється палити та приймати їжу. Для вживання їжі в польових умовах відводиться спеціальне місце.

Слідкують, щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з милом, полоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ознайомлюють працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини та з індивідуальним захистом. Під час завантаження сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши респіратор.

При вирощуванні сорго вносять гербіциди і пестициди, тому при швидкості вітру більше 4 м/с роботи припиняються. Такі роботи проводять вранці або ввечері. Раніше щорічно на робочих місцях механізаторів проводили паспортизацію, складала санітарно-технічний паспорт робочого місця. Аналізуючи одержані дані при паспортизації намічалось ряд заходів по поліпшенню умов праці та організації робочого місця механізатора.

При вирощуванні та збиранні урожаю використовується велика кількість сільськогосподарських агрегатів та шкідливих речовин. Все це сприяє створенню для працюючих шкідливих умов та небезпечних умов праці.

Причинами професійних захворювань і виробничих травм можуть бути:

- забруднення повітря пилом вище допустимих норм під час обробітку ґрунту;
- внесення гербіцидів та мінеральних добрив при вирощуванні та збиранні сорго;
- відсутність захисних огорожень та щитків на частинах машин та механізмів, що рухаються або обертаються;
- робота на нахилах з крутизною 8-9 градусів;
- відпочинок механізаторів в необладнаних місцях;
- проведення ремонтних робіт при працюючому двигуні трактора;
- незадовільний технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин;
- необдумані та небезпечні дії робітників, які обслуговують агрегати;
- відсутність, несправність або не використання засобів індивідуального захисту;
- погана організація робочих місць;
- слабкий контроль з сторони керівників по дотриманню вимог охорони праці при виконанні небезпечних та шкідливих робіт;
- невідповідність працюючих та неякісне проведення інструктажів.

Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами з пилозахисної тканини, чоботами, рукавицями, окулярами

типу ПО-2 для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипилевими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця пов'язані з виробництвом озимого ячменю забезпечується повністю укомплектованими медичними аптечками. Трактори і автомобілі забезпечені двохсторонньою сигналізацією. Робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування (молоко), обладнано місця для відпочинку, а також встановлено особливий режим праці. На кожному агрегаті для забезпечення пожежної безпеки встановлено:

- вогнегасник ОУ- 3 – 1 шт.;
- штикова лопата – 1 шт.;
- брезент, ящик з піском;
- всі машини обладнані спеціальними засобами для відводу статичної електрики.

При технічному обслуговуванні МТА в польових умовах до роботи на пересувних агрегатах технічного обслуговування допускаються особи, які добре знають обладнання, трактори і сільськогосподарські машини, володіють навиками безпечного виконання робіт, пройшли навчання та інструктажі відповідно до вимог.

У зв'язку з тим, що деякі діагностичні прилади, інструмент і обладнання пунктів та пересувних агрегатів технічного обслуговування живляться електричним струмом, вони відповідно до Правил влаштування електроустановок (ПВЕ) належать до категорії електроустановок. Тому майстри діагности (майстри-наладчики), які обслуговують електроустановки та прилади, що від них живляться, відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (ПВЕ і ПТБ) мають третю кваліфікаційну групу з техніки безпеки для роботи з установками до 1000 В.

Трактористи-машиністи, які беруть участь у технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки разом з майстром-наладчиком, виконують

роботу, яку він їм доручає.

Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби, як виняток допускається проведення його в нічний час двома працівниками за умови достатнього штучного освітлення.

Для технічного обслуговування сільськогосподарських машин в польових умовах вибирається рівна, горизонтальна ділянка з урахуванням вимог пожежної безпеки, особливо під час збирання врожаю зернових культур.

Під'їжджають агрегатом на підготовлений майданчик, гальмують, опускають робочі органи на землю і обов'язково вимикають двигун. В роз'єднаному стані для стійкості тракторів і сільськогосподарських машин підкладають упори. Перед тим, як домкратом підняти машину, під нього підкладають дошку, а потім під раму міцні підставки. Домкрати встановлюють в місцях, позначених на рамі або зазначених в заводській інструкції даної машини.

Для технічного обслуговування використовується тільки справний інструмент, який відповідає вимогам техніки безпеки.

При огляді вузлів, механізмів і окремих деталей перш за все звертається увага на наявність запобіжника, щитків і захисних кожухів на деталях, що обертаються. Всі передачі надійно огороджують, а на відкидних огороженнях монтують засувки та замки. У машинно-тракторних агрегатах перевіряють стан причіпного пристрою і механізму навіски, отвори причіпної серги трактора і машини.

Після заміни спрацьованих деталей, регулюванні вузлів або механізмів роботу машини перевіряють на холостому ходу. Перед перевіркою прибирають з робочих органів інструмент та інші зайві предмети, подають попереджувальний сигнал і плавно без ривків пускають машину. Перед пуском тракторів або самохідних машин переконаються, що важіль коробки передач знаходиться у положенні "Нейтральне". Не дозволяється стояти навпроти валів, які обертаються, ланцюгових та пасових передач,

розвантажувальних вікон або конвеєрів.

Від'єднують трубопроводи або шланги, а також підтягують кріплення для усунення течі масла в гідравлічній системі тільки при відсутності тиску в системі і опущених на землю начіпних машинах чи робочих органах.

Заправляють трактори і самохідні машини паливом і мастильними матеріалами за допомогою механізованих заправних агрегатів МЗ-3905Т (03-1401И, 03-1401, 03-1362И, 02-1362) на шасі тракторних причепів 2ПТС-4М і 2ПТС-4МЗ-793, При цьому відстань між трактором і заправним агрегатом становить не менше 3 м. Пролите паливо або мастило з деталей машин витирають ганчіркою, а землю перекопують. Під час заправки трактора паливом не курять і не користуються відкритим вогнем. Стежать за справним станом заземлення.

Відкриваючи пробку радіатора, щоб не допустити опіків гарячою парою обличчя і рук, необхідно користуються рукавицями і стоять з навітряного боку, а пробку відкривають поступово.

При використанні закритих систем рідинного охолодження двигунів заливні горловини радіаторів мають бути обладнані кришками, що швидко знімаються і зблоковані з пароповітряними клапанами. Застосування закритих систем рідинного охолодження дозволяє підняти температуру закипання рідини від 100 до 105°C і вище, завдяки чому значно скорочується витрата рідини на охолодження двигуна.

При підвищенні температури в системі охолодження понад 105 °C і тиску (надлишковому) вище 30—40 кПа (0,3—0,4 ат) паровий клапан, при закритій кришці автоматично відкривається і випускає випари в атмосферу. Якщо ж необхідно відкрити кришку радіатора, то відповідно до вимог безпеки праці, механізатор повинен цю операцію здійснює за два прийоми. Спочатку частково повертають до обмежувального упору (при цьому паровий клапан повністю відкриє доступ для пари від заливної горловини в зливну трубку), коли тиск у внутрішній порожнині радіатора повністю зрівняється з

атмосферним знімають кришку повністю. Проте найчастіше в умовах експлуатації дуже часто відкривають кришку з горловини-радіатора за один прийом. В результаті чого з горловини викидається перегріта пара і охолоджена рідина, яка потрапивши на незахищену шкіру рук або обличчя, викликає опіки.

При попаданні дизельного палива на руки механізатора, паливо викликає подразнення шкіри. Щоб запобігти цьому необхідно використовувати профілактичні пасти і мазі, а також мийні та дезінфікуючі засоби.

Перевіряють справність ободу, відсутність тріщин, забоїн. Якщо спрацьований протектор, то покришку вибраковуюють.

При заміні деталей необхідно застосовувати знімачі і пристрої, які входять до обладнання пересувної майстерні.

В кабінах тракторів при проведенні технічного обслуговування перевіряють справність склоочисника, який забезпечує чистоту лобового скла, справність замків дверей кабіни, щоб запобігти їх самовільному відкриванню.

При підготовці трактора до роботи в нічний час перевіряють справність електроосвітлення (фар, плафонів, підсвічування панелі контрольно-вимірювальних приладів в кабіні та ін.).

У процесі роботи необхідно періодично очищають радіатор двигуна від пилу й бруду. Продувають його стиснутим повітрям від агрегату технічного обслуговування або на стаціонарних пунктах технічного обслуговування. Працюють в захисних окулярах, спрямовуючи потік повітря від себе.

Переконавшись у відсутності людей поблизу, випробовують машину спочатку на холостому ході, а потім під навантаженням, старанно перевіряють гальма і випробовують їх на ході.

Для безпечного з'єднання трактора з начіпним знаряддям під'їжджають заднім ходом так, щоб кульові втулки нижніх тяг розмістилися проти відповідних пальців на рамі машини. За допомогою важеля гідророзподільника підводять втулки до стикання з пальцями, з'єднують кульові шарніри тяг з пальцями машини і зашплінтовують. Якщо тракторний

агрегат обладнаний автоматичною зчіпкою, її опускають разом з начіпним механізмом. Трактор подають назад, стежачи, щоб рамка автозчіпки увійшла в замок знаряддя і після включення гідросистеми на “Піднімання” знаряддя приєднують до трактора.

Для надійного включення автозчіпки не допускається відхилення знаряддя вбік від осі трактора понад 120 мм, а їх замків вперед чи вбік більш як на 15°.

В процесі підготовки до роботи дискових борін і луцильників, перевіряють кріплення, регулюють положення чистиків, змащують підшипники й встановлюють необхідний кут атаки дискових батарей, щільно підтягують і стопорять гайки на осях батарей. Зазор між чистиком і поверхнею диска встановлюють у межах 2—4 мм. Під час регулювання положення дисків, щоб не поранити руки гострими краями, користуються рукавицями. Очищають дискові борони і луцильники спеціальними чистиками.

Забивання зубових борін значно зменшується, якщо зуби скошеними гранями встановити під кутом до напрямку руху агрегату, це сприяє їх самоочищенню.

Перед культивацією полів перевіряють стан культиваторів, кріплення гряділів, штанги, стояків робочих органів і вилок для їх піднімання.

Перед початком польових робіт поле оглядають і при необхідності підготовляють: засипають рови, ями, видаляють каміння, перешкоди позначають віхами. Біля ярів та крутих схилів встановлюють попереджувальні знаки та відбивають контрольні борозни, а в межах поля для роботи агрегатів — поворотні смуги.

Для роботи групи машин призначають старшого з найбільш досвідчених трактористів-машиністів, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежить, щоб відстань між тракторами була в межах 30 - 40 м. Якщо причіпні машини обслуговують кілька працівників, один з них відповідає за пуск і зупинку даного агрегату.

Переїзд тракторним агрегатом в поле, на місце роботи і з поля



дозволяється тільки за маршрутом, затвердженим керівником господарства.

Не можна робити крутих поворотів, якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, бо це призводить до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи виглиблюють, а на початку прямолінійного руху знову повертають у робоче положення. Якщо під час роботи в польових умовах потрібно замінити лемеші плуга чи лапи культиватора, двигун трактора вимикають або від'єднують машину від трактора, а під раму начіпної машини підставляють надійні підставки.

При роботі в умовах надмірної запиленості, під час заправки туковисівних апаратів, а також при заточуванні робочих органів ґрунтообробних машин необхідно користуються захисними окулярами і рукавицями.

Рух причіпного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання від старшого на агрегаті сигналу у відповідь. Необхідно стежити, щоб кришки ящиків для зерна й туків у сівалок були щільно закриті, при завантажуванні зерна відкриті кришки ставлять на запобіжники. Під час завантажування сухих порошкоподібних добрив стоять з навітряного боку, надівши респіратор.

Періодично протягом робочого дня очищають бункери, живильні ковші, сошники, тукопроводи й борознозакривачі від ґрунту, рослинних решток та інших сторонніх предметів і усувають виявлені несправності. Чистики для очищення сошників мають дерев'яні ручки. Усувають несправності та очищають машину тільки після зупинки агрегату.

Забороняється під час руху агрегату переходити з однієї сівалки на іншу.

Під час роботи стежать за роботою механізму передач. Послаблені ланцюги підтягують натяжними зірочками. Надмірний натяг ланцюгів не допускається.

Періодично перевіряють стан пневматичних коліс. Тиск повітря в камерах повинен відповідати заводській інструкції.

Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність

електричного освітлення.

Отвори висівних апаратів очищають спеціальними чистиками, гачками. Розрівнюють насіння тільки лопатками.

Під час грози необхідно зупинити агрегат, вимкнути двигун, а важіль коробки передач встановити у положення “Нейтральне”, зафіксувати гальма, начіпну машину опустити на землю і відійти від трактора на відстань не менше як 15 м.

Протягом світлового дня підготовляють поле до збирання врожаю. Видаляють або позначають віхами перешкоди, розбивають поле на загінки площею не більше, обкошують і прокошують їх, розорюють прокоси та підготовляють поворотні смуги.

Якщо у польових умовах необхідно усунути несправність, то після зупинки комбайна на рівній ділянці поля — вимкнути двигун, а на рульовому колесі вивісити табличку: “Не включати! Працюють люди”. Якщо необхідно вийти з кабіни, комбайн слід зупинити, включити гальма та заглушити двигун.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані перед початком польових робіт і сприятимуть підвищенню рівня безпечної праці робітників.

## 7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Для розрахунку економічної ефективності від використання запропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегату за базову машину приймемо чизельний плуг ПЧ-2,5 Кам'янець-Подільського заводу сільськогосподарських машин. Розроблений агрегат і чизельний плуг агрегатуються з трактором Т-150.

Балансова вартість трактора Т-150 становить 129300 грн. Нормативне річне завантаження – 1350 год. Норма відрахувань на: реновацію - 10 %, капітальний ремонт – 7, поточний ремонт і ТО – 6 %.

Балансова вартість плуга ПЧ-2,5 становить 10100 грн, а його маса 950 кг. Нормативне річне завантаження 480 год. Норма відрахувань на: реновацію.- 12,5 %, поточний ремонт і ТО –20 %.

Розрахункова маса комбінованого ґрунтообробного агрегату становить 1370 кг. Тоді, його балансова ціна буде становити  $\frac{10100}{950}1370 = 14570$  грн.

Основним техніко-економічним показником роботи агрегату є продуктивність, яка визначається за формулою:

$$W = 0,1 B_p \cdot V \cdot \tau, \quad (7.1)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату, м;

$V$  - робоча швидкість, км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання змінного часу.

Згідно даних [18] приймаємо для базового агрегату  $\tau = 0,73$ , а для комбінованого -  $\tau = 0,83$ .

Продуктивність базового агрегату буде

$$W = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 7 \cdot 0,73 = 1,27 \text{ га/год.}$$

Продуктивність комбінованого агрегату буде становити

$$W = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 8,2 \cdot 0,83 = 1,7 \text{ га/год.}$$

Вихідні дані для розрахунку зводимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1- Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування комбінованого ґрунтообробного агрегату

Показники	Агрегат	
	Т-150К +ПЧ-2,5	Т-150К+ ґрунтообробний агрегат
Маса, кг	950	1370
Ширина захвату, м	2,5	2,5
Робоча швидкість, км/год	7,0	8,2
Продуктивність за годину змінного часу, га/год	1,27	1,7
Витрати палива, кг/га	22,7	16,9
Ціна машини, грн	10100	14570

Питомі витрати палива розраховуються за формулою:

$$g_{\text{га}} = \frac{G \cdot K}{W} \quad (7.2)$$

де  $G$  – витрати палива за годину [18] –  $G_{\text{Т-150К}} = 31,4$  кг/год.

$K$  – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостих поворотах і переїздах, під час зупинок трактора з працюючим двигуном –  $K = 0,92$  [16].

Питомі витрати палива для базового агрегату:

$$g_{\text{га}} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{1,27} = 22,7 \text{ кг/га.}$$

Питомі витрати палива для комбінованого знаряддя

$$g_{\text{га}} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{1,7} = 16,9 \text{ кг/га.}$$

Затрати праці визначимо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W}, \quad (7.3)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один механізатор (тракторист), то за формулою (7.2) будемо мати наступні затрати праці при роботі базового агрегату:

$$Z_{\text{п.б}} = \frac{1}{1,27} = 0,79 \text{ люд.год/га.}$$

При роботі комбінованого агрегату:

$$Z_{\text{пн}} = \frac{1}{1,7} = 0,59 \text{ люд.год/га.}$$

Економія затрат праці при впровадженні комбінованого агрегату становить

$$E_3 = 0,79 - 0,59 = 0,2 \text{ люд.год/га.}$$

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (7.4)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн/га;

$C_p$  – відрахування на реновацію, грн/га;

$C_{\text{то}}$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

$C_{\text{пмм}}$  – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн/га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. За 1 га обробленої площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (7.5)$$

де  $C_T$  – оплата праці за тарифною сіткою;

$W_{3M}$  – продуктивність агрегату за зміну.

Оплата праці механізаторів, які працюють на обробітку ґрунту здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по 6 розряду

тарифної сітки. З врахуванням збільшення мінімальної заробітної плати до 8000 грн. за норму виробітку, будемо мати наступні витрати коштів на оплату праці:

$$C_{O.B}^1 = \frac{348}{8,89} = 39,1 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарствах проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 19,6 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 4,7 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{об}^н = 39,1 + 19,6 + 4,7 = 63,4 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 12,7 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 32,3 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C_{об} = 63,4 + 12,7 + 32,3 = 108,4 \text{ грн./га.}$$

Витрати на оплату праці при обробітку ґрунту новим агрегатом будуть становити

$$C_{O.H}^1 = \frac{348}{11,9} = 29,2 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (14,6 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (3,5 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{он}^н = 29,2 + 14,6 + 3,5 = 47,3 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування (24,1 грн./га) і 20% за класність (становить 9,5 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити:

$$C_{он} = 47,3 + 24,1 + 9,5 = 80,9 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм відрахувань на зняття за формулою:

$$C_a = \frac{S \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.6)$$

де  $S$  – ціна машини, грн.;

$D$  – кількість днів роботи за рік;

$K$  – коефіцієнт змінності.

За нормативами [25] річна норма відрахувань для ґрунтообробних знарядь загального і спеціального призначення становить 15 %. Тоді нарахування на амортизацію для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{10100 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,89} = 3,2 \text{ грн./га.}$$

Для нового знаряддя амортизаційні відрахування будуть становити:

$$C_{ан} = \frac{14570 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 11,9} = 3,4 \text{ грн./га.}$$

Так як норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування така ж сама, як і для амортизаційних відрахувань, то приймаємо ці ж самі значення для відповідних машин.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = C_{п} \cdot g_{га}, \quad (7.7)$$

де  $C_{п}$  – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг;

$g_{га}$  – витрати палива на 1 га.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 54,2 грн/л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть становити:

- при обробці ґрунту базовим агрегатом:

$$C_{пмм.б} = 22,7 \cdot 54,2 = 1230,3 \text{ грн/га;}$$

- при обробці новим агрегатом:

$$C_{пмм.н} = 16,9 \cdot 54,2 = 915,9 \text{ грн/га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати для базового агрегату становлять:

$$C_{б} = 108,4 + 3,2 + 3,2 + 1230,3 = 1345,1 \text{ грн/га.}$$

При обробці ґрунту новим агрегатом загальні питомі прямі експлуатаційні затрати становлять:

$$C_n = 80,9 + 3,4 + 3,4 + 915,9 = 1003,6 \text{ грн/га.}$$

Економічний ефект при впровадженні розробок буде становити:

$$E_{га} = C_6 - C_n = 1345,1 - 1003,6 = 341,5 \text{ грн/га.} \quad (7.8)$$

Як свідчать дані досліджень, використання на передпосівному обробітку ґрунту чизельного плуга, обладнаного котком для руйнування брил, забезпечує за рахунок покращення структури ґрунту і зменшення випаровування вологи підвищення урожайності зернових, зокрема і сорго до 10 %.

Прийmemo, що в нашому випадку приріст урожаю зерна кукурудзи буде становити 5 %. Тоді, при урожайності зерна 40 ц/га і закупівельній ціні 3000 грн/т з 1 га буде одержана додаткова продукція, яка в грошовому еквіваленті буде становити:

$$D_n = 40 \cdot 0,05 \cdot 300 = 600 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від використання комбінованого ґрунтообробного визначимо за формулою:

$$E_p = (E_{га} + D_n)F, \quad (7.9)$$

де  $F$  – площа, на якій буде використано агрегат, га.

Прийmemo, що ґрунтообробний агрегат буде використано при передпосівному обробітку ґрунту під кукурудзу на площі 100 га. Тоді,

$$E_p = (341,5 + 600,0)100 = 94150 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності витрат на виготовлення котка руйнівника брил:

$$T_{ок} = (B_{MH} - B_{M6})/E_p, \quad (7.10)$$

де  $T_{ок}$  – термін окупності витрат, рік;

$B_{M6}$  і  $B_{MH}$  відповідно, ціна серійного і нового комбінованого ґрунтообробного агрегату, грн.

$$T_{ок} = (14370 - 10100)/94150 \approx 0,05 \text{ роки.}$$



Основні техніко-економічні показники проекту зведемо в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Серійний агрегат	Новий агрегат
1. Продуктивність агрегату, га/год.	1,27	1,7
2. Питомі витрати палива, кг/га	22,7	16,9
3. Затрати праці, люд.год./га	0,79	0,59
6. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1345,1	1003,6
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	108,4	80,9
амортизаційні відрахування	3,2	3,4
затрати на ремонт і ТО	3,2	3,4
затрати на ПММ	1230,3	915,9
7. Зниження прямих затрат, грн./га	--	341,5
8. Річний економічний ефект, грн..	--	94150
9. Строк окупності затрат, років	--	0,05

При впровадженні нового знаряддя економічні показники покращуються - зменшуються прямі експлуатаційні затрати, затрати праці, підвищується продуктивність агрегату.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сорго є цінною кормовою культурою, оскільки за вмістом поживних речовин не поступається ячменю, кукурудзі та гороху. Багато країн світу віддають перевагу сорго, враховуючи адаптаційні властивості, виробничий потенціал, посухо- та солестійкості цієї культури. Сорго є перспективною культурою для України. Зернове сорго є відмінною альтернативою соняшнику в умовах посушливого клімату Півдня та Сходу України та здатне забезпечувати стійкі високі врожаї. Силосне сорго спроможне задовольнити потреби тваринництва у високоякісному силосі та зеленій масі.

2. Аналіз конструкцій ґрунтообробних машин показав, що кращі показники обробітку ґрунту забезпечують комбіновані знаряддя, які виконують декілька операцій за один прохід агрегату.

3. Розроблений агрегат поєднує позитивні характеристики чизельного плуга з кільчастим котком. Розроблена конструкція за результатами теоретичних розрахунків параметрів забезпечує підвищення якості обробітку ґрунту.

4. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при вирощуванні сорго в господарстві. Економічний ефект від впровадження розробок становить 94150 грн. і затрати окупаються протягом першого року експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслак О. Перспективне сорго// Агробізнес сьогодні. - № 11, 2011. – с.12-15.
2. Наслідки війни в Україні для площ під сорго в Європі в 2022 році// <https://www.sorghum-id.com/uk/%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8-%D0%B2-D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%81/>.
3. Війна в Україні вплине на вирощування сорго в Європі// Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/viyna-v-ukrayini-vpline-na-viroshchuvannya-sorgo-v-ievropi>.
4. Цибульська С. Площа посівів сорго в Україні зменшилася в 15 разів// <https://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/v-ukrajini-ploshcha-posiviv-pid-sorgo-zmenshilasya-v-15-raziv>.
5. Сорго: нові можливості для вашої сівозміни.- 23 лютого 2023 р.// <https://lidea-seeds.com.ua/news/sorho/novi-mozhlyvosti-dlya-vashoyi-sivozminy>.
6. Чому вигідно вирощувати сорго в 2024// [https:// agroexp. com.ua /uk / rochemu-vygodno-vyrashchivat-sorgo](https://agroexp.com.ua/uk/rochemu-vygodno-vyrashchivat-sorgo).
7. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетр. держ. аграрний ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
8. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини.- К.: Урожай, 1988. - 384 с.

9. Мігальов О., Малярчук М., Альохін А. Концептуальна модель використання ґрунтообробної техніки вітчизняного виробництва на півдні України// Техніка АПК. - №9 (вересень), 2004. – с. 28 – 29.
10. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна техніка для ґрунтообробки// Пропозиція, №3.- 2002.- с.97 – 102.
11. 9. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна ґрунтообробна техніка // Пропозиція. - № 8-9. – 2002. – с. 90 – 91.
12. Ясенецький В., Шустик Л. Вітчизняні культиватори// Пропозиція. - № 12, 2005. – с. 100 – 106.
13. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1 і 2): Ґрунтообробні машини. – Харків.: Око, 2004.
14. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
15. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
16. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
17. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
18. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
19. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

20. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.
21. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
22. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..
23. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.
24. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.
25. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.