

**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 проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ
ҐРУНТУ І КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГА**

Виконав: студент _____ Трегубов Олександр Олегович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Бакалавр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

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

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року
 № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

А Н О Т А Ц І Я

Трегубов О.О. Удосконалення механізації обробітку ґрунту і конструкції плуга/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026. – 73 с.

В роботі представлено аналіз основних фізико-механічних характеристик ґрунту і технологічний процес покращення його властивостей. проведено аналіз сучасних конструкцій плугів вітчизняного і закордонного виробництва. Обґрунтовано схему удосконалення і розроблено конструкцію плуга-розпушувача. Проведено розрахунки і визначено основні його параметри.

Розроблені заходи з охорони праці, які можуть бути використані при проведенні інструктажів для обслуговуючого персоналу і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 291816 грн. Затрати на удосконалення окупаються протягом року експлуатації.

Ключові слова: ґрунт, властивості, технологія, плуг, робочі органи, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ.	13
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГІВ.	18
4 ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУГА- РОЗПУШУВАЧА.	34
5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛУГА- РОЗПУШУВАЧА.	36
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.	44
6.1 Охорона праці при виконанні польових робіт.	44
6.2 Розробка технологічної карти контролю орного агрегату.	50
7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	62
Д О Д А Т К И.	64

ВСТУП

Україна є одним із провідних аграрних виробників у світі та входить до числа найбільших експортерів зернових та олійних культур. Орні землі займають 53,9 % території (32 млн га), що за оцінками Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (FAO) робить Україну однією з найбільш розораних країн світу. Але з початком повномасштабної війни аграрний сектор зазнає системних руйнувань [1].

В Україні внаслідок війни, за різними оцінками, не використовується понад 5 млн гектарів орних земель. Це території, які зазнали шкоди внаслідок бойових дій [2].

Тож перед хліборобами дедалі гостріше постає проблема збільшення і здешевлення виробництва харчів, повнішого використання природного потенціалу землі і рослин. Йдеться не лише про збереження природних ресурсів, а й про їх відтворення і примноження.

Нині в світовому землеробстві найбільш надійним шляхом отримання прибутку в сільському господарстві є підвищення валового збору продукції з одиниці площі за рахунок використання природного та генетичного потенціалу агробіоценозів та одночасного зменшення собівартості продукції шляхом економії використання енергетичних, людських та природних ресурсів. Це стає можливим при використанні новітніх технологій при дотриманні технологічної дисципліни [5, 6].

Технологія вирощування сільськогосподарських культур в умовах ринку – це товар, який може значно підвищити продуктивність сільськогосподарських культур, зменшити собівартість вирощеної продукції та зробити її конкурентоспроможною на внутрішньому та світовому ринках.

Технології вирощування культур включають три ланки системи землеробства: обробіток ґрунту, удобрення культур, захист рослин. Три інших ланки системи землеробства – сівозміни, насінництво і техніка – при цьому повинні бути в оптимумі. В цій сукупності ланок системи землеробства й розробляються технології вирощування культур, які виступають товаром.

Основний обробіток ґрунту є базовою операцією у формуванні майбутнього врожаю. А якість проведення основного обробітку ґрунту є необхідною умовою доброго врожаю. Обробіток ґрунту є однією з найбільш енергоємних операцій у рільництві. По республіці на нього в середньому витрачається 24-30 кг/га дизельного палива, що становить 20-25 % загальних його витрат [2, 3].

Залежно від кліматичних умов, типу, механічного складу, вологості та твердості ґрунту, попередника, забур'яненості і культури, яку слід використати, та дальшої сівозміни нині можна виділити розвиток трьох головних технологій основного обробітку ґрунту [5, 6]:

- традиційна технологія, яка ґрунтується на полицевому основному обробітку, і при якій на поверхні поля може залишатися до 15 % пожнивних залишків;

- ґрунтозахисна технологія, яка ґрунтується на системі мінімального обробітку ґрунту яка в свою чергу ділиться на:

- * система зменшеного обробітку ґрунту, при якій на полі після посіву залишається від 15 до 30 % рослинних залишків;

- * система збереження родючості ґрунту, при якій на полі залишається більше 30 % рослинних залишків. Обробіток ґрунту за даною системою може проводитись із створенням мульчованого шару (на глибину 3-10 см) або із створенням гребнів для просапних культур;

- технологія нульового обробітку ґрунту, при якій на полі залишається більше 90 % пожнивних рослинних залишків і яка ґрунтується на використанні сівалок прямого висіву та інтенсивному застосуванні гербіцидів.

Ефективного використання всіх технологій обробітку ґрунту можна досягти тільки за комплексного їх поєднання. Але це потребує застосування великої кількості різних машин і агрегатів , що, з економічної точки зору, не завжди можливо.

Метою даної роботи є удосконалення механізації основного обробітку ґрунту і конструкції плуга.

1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ

Грунт складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Вплив твердих часток на його фізико-механічні властивості проявляється тим сильніше, чим менші їх розміри, а значить і більша сумарна поверхня в одиниці об'єму ґрунтової системи [4].

В вітчизняному ґрунтознавстві прийнята класифікація ґрунтів, запропонована М. О. Качинським, згідно якої пропонується всі тверді частки розділяти на фізичний пісок ($d > 0,01$ мм) і фізичну глину ($d < 0,01$ мм). По кількості фізичного піску і фізичної глини ґрунт відносять до того чи іншого типу. При цьому враховують додатково генетичні ознаки ґрунтів, які проявляються в здатності глинистих фракцій до агрегування. Останні залежать від вмісту гумусу, складу обмінних катіонів, мінералогічного складу. Чим вища здатність агрегування ґрунту, тим слабкіше проявляються глинясті властивості при рівному вмісту фізичної глини. Тому степові ґрунти, як більш структурні, переходять в категорію важких при більшому вмісту глини, ніж підзолисті.

Основною технологічною характеристикою ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні властивості і біологічну активність, є об'ємна маса [9]. 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 $1,35 \text{ г/см}^3$.

Твердість ґрунту – це опір проникненню в нього будь-якого деформатора. Вимірюється (в Па) різними приладами, принцип дії яких заснований на примусовому втисненні в ґрунт плунжерів різної форми і площі.

Вологість різко змінює всі механічні властивості ґрунту, впливає на якість обробітку.

Розрізняють абсолютну W_a і відносну W_B вологість (%):

$$W_a = \frac{m_B - m_c}{m_c} \cdot 100, \quad (1.1)$$

$$W_B = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100, \quad (1.2)$$

де m – маса вологої проби ґрунту;

m_c – маса сухої проби ґрунту;

W_n – польова вологість.

Польова вологість – це кількість води в ґрунті, яка перестає рухатися вниз під дією гравітаційних сил. А кількість води, яку поглинає ґрунт до повного насичення, називається повною вологоємністю. При характеристиці вологості ще розрізняють вологість в'янення – це нижня межа вмісту води, яку можуть використовувати рослини.

При оптимальній вологості ґрунт добре кришиться і не налипає на робочі органи, а затрати енергії на його обробіток – мінімальні. Такий стан ґрунту називається фізичною сплістю.

Оптимальна відносна вологість ґрунту для обробки становить 60 – 70 %, задовільна – 50-60 %, надмірна – більше 80 %, недостатня – нижче 50 %. Супіщані і піщані ґрунти можна обробляти при відносній вологості 100 % і менше.

Від вологості ґрунту залежить і такий важливий показник, як питомий опір (K , Н/см²). Він визначається відношенням сили тягового опору до площі поперечного перерізу пласта, який обробляється:

$$K = \frac{P}{a \cdot b} \quad (1.3)$$

Встановлено, що із збільшенням вологості питомий опір спочатку зменшується, а потім знову збільшується (рис. 1.1). Це пояснюється тим, що із збільшенням вологості понад оптимальні значення збільшується липкість (адгезія) ґрунту.

Липкість характеризується здатністю часток ґрунту склеюватися і прилипати до поверхні робочих органів. Цей показник визначається відношенням сили, необхідної для відриву (напрямок дії сили може бути по нормалі і по дотичній) частки до площі залипання.

В залежності від питомого опору і механічного складу ґрунти розділяють на легкі, середні, середньо-важкі і важкі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Характеристика ґрунтів

Показник	Легкі	Середні	Середньо-важкі	Важкі
Питомий опір, Н/см ²	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. 1.2). 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 ψ , тобто відношенням зсуваючого зусилля T до нормального тиску N :

$$\psi = \frac{T}{N} \quad (1.4)$$

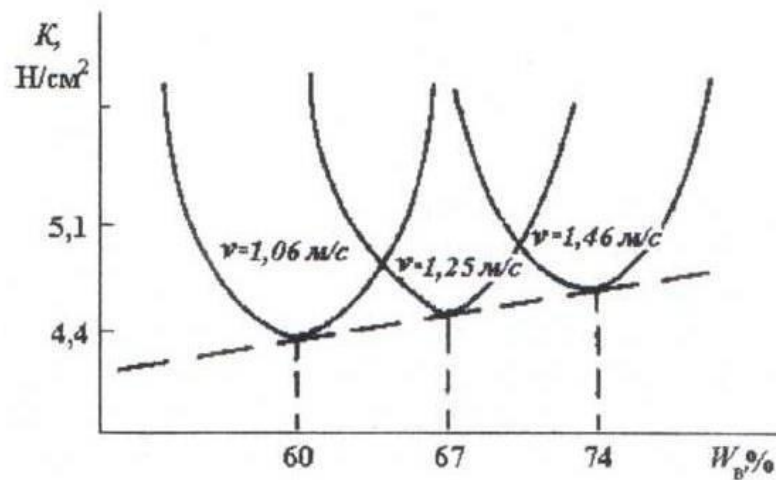


Рисунок 1.1 - Залежність питомого опору ґрунту від вологості
і швидкості руху агрегату

Таблиця 1.2 - 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.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва приносить з собою крім позитивних явищ і негативні, які проявляються в деяких погіршеннях властивостей ґрунту. Основною проблемою є ущільнення ґрунту, яке виникає внаслідок різних природних і штучних дій. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою, низькою пористістю, що ускладнює аерацію для проникнення води, повітря. Одночасно підвищується опір ґрунту при його обробці, ускладнюється підготовка ґрунту до посіву, урожаї культур знижуються або залишаються на одному і тому-ж рівні.

До головних природних факторів ущільнення ґрунту належать: високий вміст глини, велика доля глинистих матеріалів, підвищений вміст вологи без природного дренажу, тиск верхніх горизонтів, ущільнення ґрунтооброблюючими процесами нижніх шарів ґрунту, низький вміст органіки, проливні дощі, тиск коренів та ін.

Основні штучні фактори ущільнення ґрунту – важкі сільськогосподарські машини і трактори, маса яких постійно збільшується, недостатня глибина оранки, зайві проїзди машин, транспортування в полі при підвищеній вологості ґрунту, обробіток ґрунту при невідповідній вологості, недостатнє внесення в ґрунт органічної маси, невідповідна сівозміна, вирощування монокультур, невідповідний склад мінеральних добрив.

Культурні рослини можуть добре рости і розвиватися тільки при сприятливих фізичних, хімічних і біологічних умовах. Тому утримання ґрунту в рихлому стані при визначеному ущільненні має важливе значення для одержання високого стійкого урожаю культур, які вирощуються в даних умовах.

Для ґрунтів середнього і важкого механічного складу щільність ґрунту 1,6-1,7 г/см³ є критичною, при якій ріст і розвиток рослин неможливий.

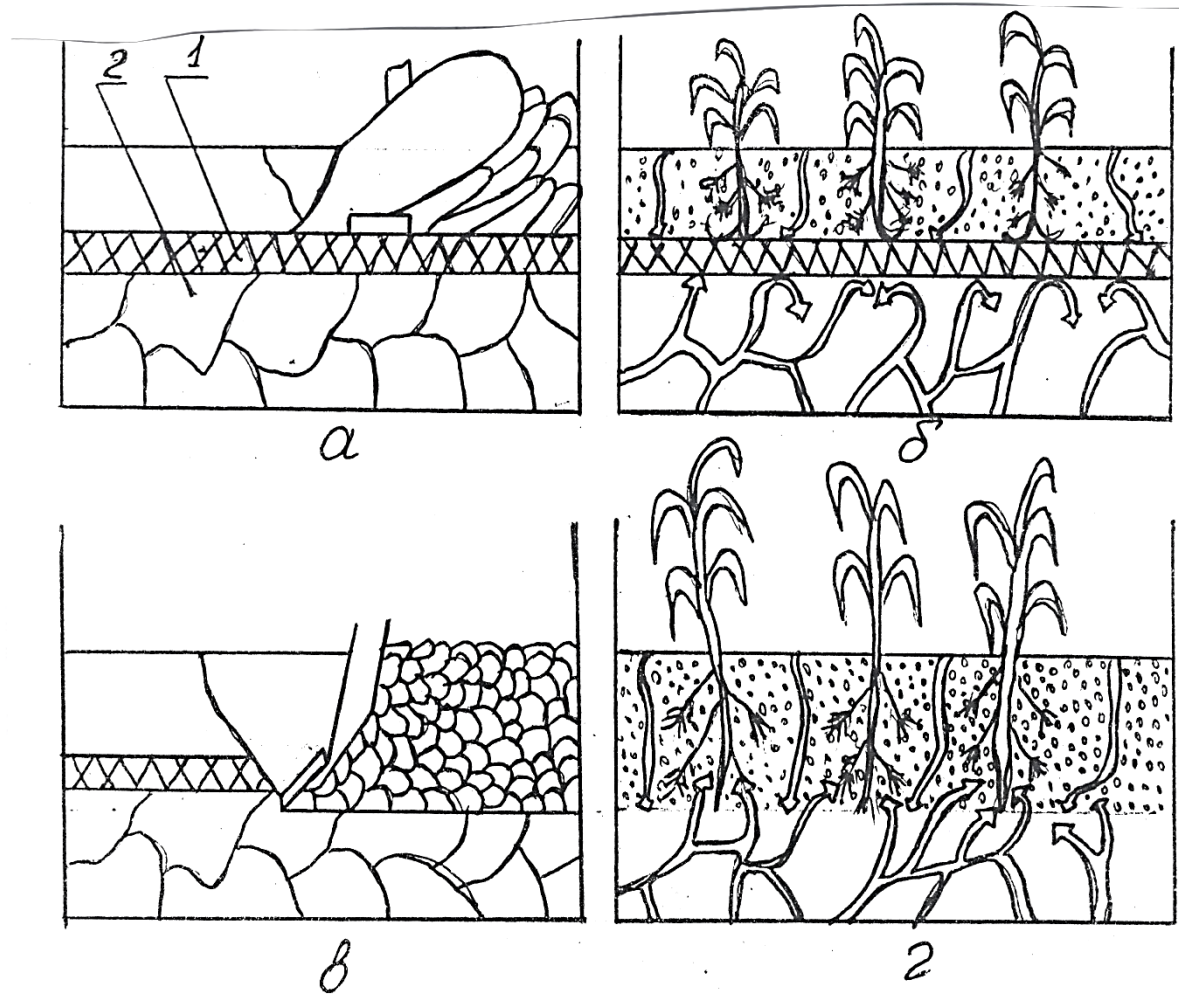


Рисунок 2.1 - Схеми виникнення і руйнування плужної підшви:

а – виникнення плужної підшви при багаторічній роботі полицевого плуга на одну і ту-ж глибину; б – коріння рослин до руйнування плужної підшви; в – руйнування плужної підшви при глибокому обробітку ґрунту чизельним плугом; г – коріння рослин після зруйнування плужної підшви

При багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину більше 50 % ґрунтів зазнають ущільнення підорного шару робочими органами ґрунтообробних знарядь [8, 9].

Ущільнення (рис. 2.1, а) умовно розділяють на: верхнє (в шарі орного горизонту); плужну підшви 1 (в шарі нижче орного горизонту); ущільнення підорного горизонту 2 (в шарі нижче плужної підшви). Плужною підшвою

називають ущільнення ґрунту в шарі, розміщеному нижче проходу лез робочих органів знарядь. Вона починається безпосередньо після границі обробленого шару ґрунту. Внаслідок ущільнення цей шар ґрунту містить мінімальну кількість пор. В залежності від конструкції робочих органів, маси знаряддя, кількості обробок на одну і ту ж глибину, ступені вологості і механічного складу ґрунту товщина шару плужної підшви може складати 12-17 см [8, 9].

Коріння рослин не може пробити ущільнений шар ґрунту (плужну підшву) і проникнути в нижні шари. Якщо провести спостереження під час вегетаційного періоду, то на рослинах, які вирощуються при затяжному періоді посухи, раніше, ніж на інших ділянках з'являються ознаки в'ялості, хоч нижні шари ґрунту мають ще достатньо води. Це пояснюється тим, що коріння рослин не може досягнути води з глибших шарів ґрунту, так як повітря і волога надходять до рослин по порах, ущільнення нижніх шарів впливає на проникнення води і повітря в усі шари ґрунту.

Якщо сумарна кількість пор, їх форми і розміри зменшуються або змінюється під дією ущільнення, то це чинить опір створенню оптимального співвідношення між повітрям і вологою в ґрунті, і разом з тим забезпеченню сприятливих умов росту і розвитку культурних рослин.

При глибокому обробітку ґрунту чизельними знаряддями плужна підшва руйнується (рис. 2.1, в). Внаслідок чого створюються сприятливі умови для оптимального-водно-повітряного балансу. В сильно засушливий період коріння рослин може проникати глибше (рис. 2.1, г) і використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту, а при підвищеному рівні опадів зайва волога з верхніх шарів ґрунту може надходити в нижні шари. При цьому випаровування води з верхніх шарів ґрунту різко зменшується, створюються сприятливі співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим оптимальні умови для росту культурних рослин.

Чизельне знаряддя навіть при багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину не сприяє інтенсивному утворенню плужної підшви в ґрунті.

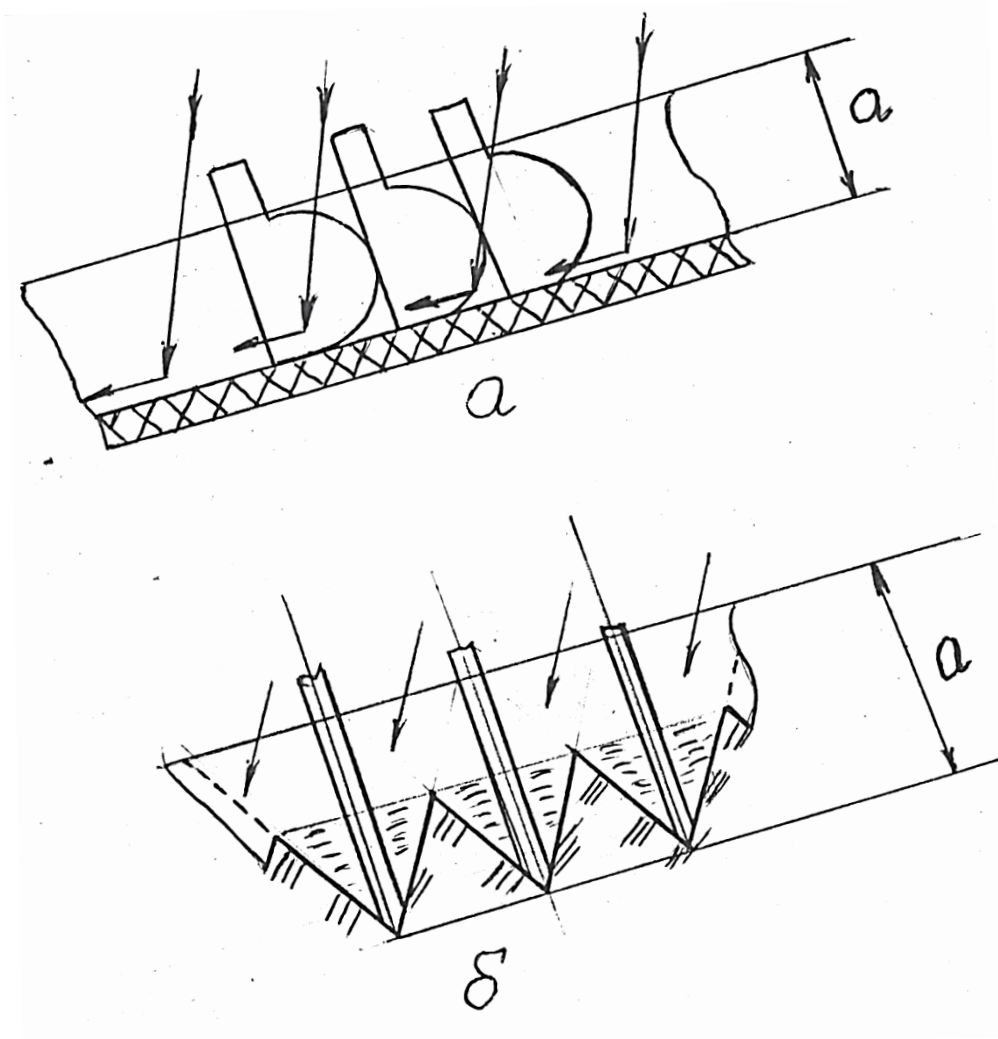


Рисунок 2.2 - Схема роботи ґрунтообробних машин на схилі:

а – лемішно-полицевого плуга; б – чизельного плуга

Це пояснюється тим, що їх робочі органи мають порівняно малу ширину захвату, а відповідно і малу площу опори на ґрунт по глибині ходу.

Бажано проводити разове глибоке рихлення на вологих ділянках, так як при цьому збирається зайва волога в нижні горизонти. На чистих від бур'янів ділянках, наприклад після збирання цукрових буряків і картоплі, глибоке чизелювання може успішно замінити глибоку оранку. Ефективно застосовувати чизельні знаряддя з метою затримання ґрунтової вологи на схилах. При цьому рихлення проводиться поперек схилу.

При лемішно-полицевій оранці (рис. 2.2, а) волога по плужній підшві сходить вниз, практично не затримуючись на схилі.

Після обробітку схилу чизельним плугом профіль дна утворюється складним (рис. 2.2, б), пилкоподібним з висотою гребнів до 20 см. Завдяки цьому відбувається акумуляція вологи в борознах, насичення ґрунту вологою.

Таким чином, для покращення властивостей ґрунту слід удосконалити конструкцію плуга.

З АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПЛУГІВ

Для основного обробітку ґрунту в Україні використовують плуги як вітчизняного, так і закордонного виробництва, а саме: ВАТ „Одесасільмаш” – обертові плуги серії ПУМ; Кам’янець-Подільський завод плуги серії ПЛ, ПНЯ; Шепетівський завод культиваторів – плуги серії ПЛН. Деякі підприємства виготовляють обертові плуги спільно з іноземними фірмами: Бердичівське СП „Агромаш” – плуги ПОШР-8, Бородянське ВАТ „Борекс” плуги ПНО-3-40, ПНО-4-40 та завод „Бахмачполімермаш” – плуги серії ПОНП-8 та модифікації.

Плуги серії ПУМ виробництва „Одесасільмаш” за своїм технічним рівнем мають переваги над серійними плугами серії ПЛН. Основними з них є:

- впровадження лемішно-полицевих вузлів нової конструкції, що забезпечує кращу якість виконання технологічного процесу оранки на глибину понад 30 см;
- збільшення відстані між корпусами і рамою плуга, що практично виключає їх забивання;
- забезпечення можливості регулювання ширини захвату корпусів, що дає можливість вибору оптимального режиму роботи залежно від умов та енергетичного засобу.

Плуги, які виготовляють в Україні спільно з зарубіжними фірмами – ПО-8 моделі „Геркулес-1000” виробництва ЗАТ „Інтерагротек” (Київ) спільно з фірмою „Фогель Нот” (Австрія) та плуг ПОШР-8 виробництва СП ВАТ „Агромаш” (м. Бердичів) спільно з фірмою „Челенджер” (Франція), а також імпортовані плуги RB-100 та RS-100 фірми „Квернеланд” (Норвегія), - агрегатуються з тракторами на одинарних колесах, реалізуючи спосіб водіння трактора при роботі з даними плугами по борозні.

Однією з найбільших фірм Європи по виробництву плугів є норвезька фірма Kverneland, причому 90 % її продукції йде на експорт. Фірма випускає 68 типів плугів загального призначення, з них звичайні плуги репрезентовані

Рисунок 3.1 - Плуг начіпний трьохкорпусний ПН-3-35
СТ ВФ «АГРОРЕММАШ»

Рисунок 3.2 - Плуг начіпний чотирьохкорпусний ПН-4-40
СТ ВФ «АГРОРЕММАШ»

Рисунок 3.3 - Плуг начіпний оборотний ПОН-5-35
СТ ВФ «АГРОРЕММАШ»

одинадцятьма типами з різною шириною захвату - від 2-корпусних до 12-корпусних. Як правило, плуги забезпечені механічними запобіжниками для захисту від пошкодження при наїзді на перешкоди. Фірма випускає полицево-лемішні плуги начіпними або напівначіпними для звально - розвальної оранки. Більшість із них обладнано гідрофікованою системою Variomat для безступінчастої зміни ширини захвату знаряддя з кабіни трактора, що дозволяє більш ефективно використовувати агрегат на оранці різних по конфігурації та рельєфу полів.

а *б*
Рисунок 3.4 – Однобалковий начіпний плуг РЈ 4 (*а*) і оборотний
чотирьохкорпусний плуг РО 4 (*б*)

Рисунок 3.5 – Плуг фірми KVERNELAND BB 100

Ширина захвату регулюється шляхом зміни кута між тяговим брусом, зв'язаним із гідроциліндром, і головним брусом з одночасним поворотом кожного корпусу на необхідний кут.

Начіпні плуги фірма випускає з кількістю корпусів від 2 до 5, напівначіпні - з кількістю корпусів від 4 до 12.

Ширина захвату і положення точки причепа 6-корпусного напівначіпного плуга BB85 регулюється за допомогою гвинтових стяжок. Плуг агрегатується з трактором, що обладнаний САР начіпного пристрою і рухається правим колесом в борозні. Головний і поздовжній бруси виготовлені з труби 200x120 і 140x80 мм, встановлені більшою стороною відповідно вертикально і горизонтально. Бруси виготовлені з високоякісної термообробленої сталі.

На головному брусі шарнірне змонтовані напівгвинтові корпуси, поєднані між собою тягою, що утворюють паралелограмний механізм. Корпус обладнано кутознімачем, передбачено установку пера на полиці оборотного долота. Перед кожним корпусом на спільному з ним гряділі розташовані рифлений дисковий ніж і передплужник, а всю систему обладнано запобіжним механізмом автоматичної дії. Пружний елемент виконаний у вигляді ресори і забезпечує виглиблення носка долота на висоту до 0,5 м.

На плугу встановлено одне заднє опорне колесо, яке при оранці рухається по полю. Системою важелів і штанг воно поєднане з поперечною

траверсою начіпного пристрою, що підвищує маневреність орного агрегату в транспортному режимі. Траверса за допомогою гвинтової стяжки пересувається в поперечному напрямі, забезпечуючи узгодження ширини захвату першого корпусу і габаритної ширини трактора.

Рисунок 3.6 - Напівначіпний плуг SPB9 фірми GREGOIRE BESSON

Фірма John Deere випускає причіпні (5 - 12- корпусні), напівначіпні (4 - 8-корпусні) і начіпні оборотні (3 - 6-корпусні) плуги.

Причіпні і напівначіпні плуги мають ручне /за допомогою тяжного гвинта/ або гідрофіковане регулювання ширини захвату. Зверху полиці корпусів обладнано сталевими або пластмасовими кутознімачами, що замінюють передплужники. Для гладкої оранки ця фірма розробила і розпочала випуск нового 4-корпусного плуга моделі 3945 із симетричними поворотними корпусами.

Плуг обладнано V - подібною суцільнозвареною рамою, до якої шарнірно приєднано поворотну плужну раму з жорстко закріпленими на ній корпусами. За допомогою гідрофікованого механізму рама виконує поворот корпусів у лівооборотне або правооборотне положення при повороті агрегату.

Оборотні плуги фірми Lemken (ФРН) моделі Oral обладнано

гідравлічною системою обороту плуга "Uniturn", системою /два ходових гвинти/ для регулювання центральної лінії тяги плуга, гідравлічною системою зміщення рами для зміни ширини захвату. Однак, обладнання плугів пристроями для зміни ширини захвату плуга збільшує масу плуга на 12 - 14 %, а вартість - на 15-20 %.

a)

б)

Рисунок 3.7 – Начіпні оборотні плуги LEMKEN EUROPAL (*a*)
і LEMKEN EURO DIAMANT (*б*)

Трубчасту раму прямокутного перерізу виготовлено з легованої сталі, що забезпечує малу масу плугів при їх тривалому терміну служби. Фірмою випускається 7 серій начіпних оборотних плугів Oral для легких, середніх і важких умов праці. Маса плугів, поперечний переріз їх рам з кожним роком зростають.

Конструкцією 5-корпусного начіпного оборотного плуга Oral 160 передбачена можливість від'єднання одного корпусу за рахунок болтового

фланцевого вузла, що зв'язує передню і задню частини базового бруса рами.

Плуг агрегується з колісним трактором, який рухається колесами одного борту в борозні від попереднього проходу і обладнується системою автоматичного регулювання /САР/ начіпного пристрою. При оранці САР утримує на заданій глибині передню частину плуга. Стала глибина оранки задніх корпусів забезпечується пневматичним польовим опорним колесом діаметром 65 см, яке встановлено біля четвертого корпусу, що дає можливість працювати плугом як у 5-ти, так і у 4-корпусному варіанті.

Універсальні корпуси плуга забезпечують кришення і оборот скиби. Ширина захвату 41 см, найбільша висота полиці - 44 см.

Рама однобрусна, з розширеною частиною для кріплення службових елементів. Брус - це труба прямокутної форми перерізом 140x120 мм. Для верхнього і нижнього боків на довжині передніх двох корпусів приварені підсилювальні стрічки перерізом 70x10 мм. Висота розташування нижнього боку бруса над лемешем корпусу - 780 мм.

Фірма Huard (Франція) розробила нове покоління оборотних плугів з ромбовидними відвалами RLM Compact. Рама плуга виконується як суцільна, так і складана для приєднання додаткових корпусних пар зі змінним поперечним перерізом. Начіпний 4-корпусний оборотний плуг RLM Compact обладнано двома зйомними задніми корпусами. Він агрегується з трактором, який забезпечено САР начіпного пристрою, при цьому плуг рухається колесами одного з бортів у борозні, достатній для вільного пересування шин завдяки ромбічній формі корпусів.

Блочну раму виконано у вигляді балки трубчастого квадратного перерізу зі стороною 140 мм. Фланцеве кріплення двох задніх корпусів дозволяє їх демонтувати. У залежності від умов замовлення корпус плуга обладнується захисним пристосуванням механічного (з роздільним болтом - тип Т). автоматичного (пружинного) або гідравлічного типу. Гідравлічна система допускає підйом корпусу при зустрічі з перешкодою до 55 см і вбік до 20 см. Діапазон тиску спрацьовування залежить від умов експлуатації.

Рисунок 3.8 - Оборотний плуг фірми LEMKEN
VARI-TITAN

Рисунок 3.9 - Оборотний п'ятикорпусний плуг фірми
LEMKEN VARI-OPAL

Оборот плуга здійснюється гідروциліндром з інтегральним дросельним протиударним клапаном. Кінцеві положення плуга блокуються механічно, завдяки чому його нахил при оранці не змінюється, а гідроциліндр обороту розвантажено від тиску.

Ширина захвату переднього корпусу і оптимальний напрям тяги встановлюється одним гвинтом, який за бажанням споживача може бути замінений гідроциліндром. Глибина оранки встановлюється опорним колесом, яке повертається відносно рами в процесі її обороту.

Провідна фірма Швеції Overum Tive випускає широку гаму плугів як у начіпному, так і в напівначіпному виконанні.

Начіпні 2-5-корпусні плуги моделей ВТ/СТ виготовляють з фіксованим брусом і трьома різними виконаннями систем об'їзду каменів, які можуть працювати на ґрунтах від найлегших до важких. Робоча ширина регулюється вибором чотирьох видів ширини борозни (25, 30, 35 і 40 см) у високо-кліренсному виконанні /75 см/ шляхом зміни положення одного із болтів. Передня ширина борозни і лінія тяги корегується регулюванням одного поворотного хомута.

Для легких ґрунтів при невеликій кількості каменів застосовується автоматичний пристрій об'їзду каменів, при якому тиск вивільнюючої пружини регулюється настроювальним гвинтом. Для легких і середніх типів ґрунтів пропонується автоматичний механізм об'їзду каменів з гуковими блоками.

Досвід роботи в господарствах України плугів моделі „Євро-Діамант” та „Варі-Діамант” з тракторами „Джон Дір 8400” зі здвоєними колесами показав високу якість виконання технологічного процесу. Слід відзначити високу надійність як робочих органів, так і плуга в цілому. Наробіток на леміш плугів фірми „Лемкен” у 4-6 разів (залежно від фізичного стану ґрунту) більший порівняно з наробітком лемешів вітчизняного виробництва.

Останнім часом у багатьох господарствах на зміну простих загінних плугів приходять оборотні плуги, які дають змогу вирішити поставлені питання й успішно використовуються у країнах з розвинутим сільським господарством. Характеристики оборотного навісного п'ятикорпусного плуга IBIS 120 B40 4 виробництва фірми UNIA (Польща); Master 120 5T фірми KUNN (Франція) та загінного навісного п'ятикорпусного плуга ПН-5-40 виробництва ВАТ „Борекс” приведені в таблиці 3.1.

Оборотний плуг за однакової ширини захвата із загінним в середньому має у 1,65 рази більшу фактичну продуктивність за рахунок максимального зменшення холостих переїздів трактора. Для оборотного плуга не потрібно розбивати поле на загінки і переганяти по них трактор, за рахунок чого значно

зменшується час на обробіток рівноцінної площі порівняно з оранкою загінним плугом.

Рисунок 3.10 – Начіпний оборотний плуг MASTER фірми KUNN

Таблиця 3.1 - Характеристики плугів

Модель плуга	Робоча швидкість, км/ГОД	Продуктивність, га/год	Ширина захвату, м	Споживана потужність, к.с.
ПН-5-40	7	1,4	2,0	150
IBIS 120	10	2,0	2,0	150
Master120ST	10	2,0	2,0	150

Рисунок 3.11 – Напівначіпний плуг MANAGER\CHALLENGER

Оборотний та загінний плуги з однаковою шириною захвату потребують однакової потужності трактора, тому отримуємо ще й зменшення

витратпалива на один гектар оранки. Крім цього, за рахунок використання новітніх технологій проектування робочих органів корпуси сучасних оборотних плугів мають менший питомий опір у ґрунті. Це дає змогу суттєво економити паливо та працювати на більших робочих швидкостях, що своєю чергою підвищує продуктивність роботи порівняно з загінним плугом.

В оборотних плугах використовується захист корпусів від перевантаження за допомогою болта-запобіжника на зріз або захист типу „Non-stop” за допомогою пружини або гідроциліндра. При цьому захист типу „Non-stop” дає змогу корпусам плуга обминати перешкоди в ґрунті без зупинки роботи агрегату. Більшість моделей оборотних плугів обладнані гідравлічними пристроями для дистанційної підготовки до умов роботи, що дає змогу проводити регулювання з кабіни трактора та значно полегшує обслуговування машини.

а

б

в

Рисунок 3.12 – Оборотні плуги PRIVAT ROTO 340 (*а*),
PRIVAT ROTAR 430 (*б*) і AGRONOM ROTO 535 (*в*)
чеського виробництва

Техніко-економічні показники використання плугів на площі 1000 га представлені в таблиці 3.2.

Хоча оборотний плуг коштує в кілька разів дорожче загінного, проте він дає позитивні результати:

- економія палива за рахунок більшої продуктивності, менший опір робочих органів в ґрунті, зменшення кількості наступних операцій;
- економія коштів на придбання запасних частин робочих органів за рахунок значно більшого строку служби;
- економія коштів на придбання додаткових агрегатів для вирівнювання ґрунту та додаткових одиниць тракторної техніки;
- економія часу та витрат на заробітну плату обслуговуючому персоналу.

Таблиця 3.2 - Порівняльна характеристика оборотного і загінного плуга

Техніко-економічні показники	Оборотний IBIS 120 B40 4+1	Загінний ПН 5- 401
1. Основні капітальні затрати на придбання плугів:		
1.1. Потрібна кількість техніки для виконання рівноцінного обсягу робіт, шт.	Один	Два
1.2. Вартість плугів, грн. з ПДВ	32600	14400x2=28800
2. Додаткові капітальні затрати на придбання тракторів. Трактор Т-150К		
2.1. Потрібна кількість тракторів.	Один	Два
2.2. Вартість трактора, грн. з ПДВ	110000	110000 x 2
3. Експлуатаційні витрати:		
3.1. Витрати палива на оранку, л/га	17,69	28,75
3.2. Витрати палива на вирівнювання, л/га	-	2,75
3.3. витрати на запасні частини, грн./га	1,2	1,5
3.4. Усього експлуатаційних витрат у розрахунку на 1000 га оранки (при вартості дизельного палива 1,5 грн./л), грн.	27735	48750
4. Витрати на придбання нової техніки, грн.	3800	
5. Економія, грн.	21015	

Поряд з полицевим в Україні майже на 15 % орних земель застосовують безполицевий обробіток ґрунту, який є базовим у ґрунтозахисній технології обробітку. Для забезпечення машинами даної технології деякі заводи України розробили і виготовляють комбіновані агрегати за аналогами деяких зарубіжних фірм. За останні роки розроблено і нині налагоджено випуск цілого ряду машин для безполицевого обробітку ґрунту – „Агро-2”, КШН-5,6, КШН-3, КШН-2,2 [2]. Знаряддя з дисковими робочими органами, які змонтовані на окремих стояках – БГН-6, БГН-4, БГД-2,4. Аналогічний агрегат виготовляють на заводі „Білоцерківсільмаш” – АГД-2,3.

Заводи „Агромаш” (Київ) та „Червона зірка” (Кіровоград) виготовляють ґрунторозпушувачі ГРН-3,9, які забезпечують пошарове розпушування ґрунту на глибину 20-22 см, а також їх можна використовувати для культивації.

АТ „Борекс” (м. Бородянка) розробило й рекомендувало до виробництва комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-4, який агрегується з тракторами кл. 3 і якісно виконує технологічний процес.

Заводи „Уманьферммаш” та „Одесасільмаш” випускають плоскорізи – ППР-2,5 та АГ-4 відповідно. Дані агрегати агрегуються з тракторами класу 3 і їх можна використовувати в технологіях безполицевого обробітку ґрунту.

Заводом „Хмельниксільмаш” розроблені та виготовляються комбіновані швидкісні агрегати АКШ-3,6 і АКШ-5,6 для тракторів класу 3 і 5 відповідно. Агрегати укомплектовані плоскорізальними односторонніми лапами, вихляючими дисками та гнучкою обертовою бороною, яка додатково розпушує і вирівнює ґрунт, знищує і викидає на поверхню бур'яни. Продуктивність агрегату АКШ-3,6 становить до 6 га/год, агрегату АКШ-5,6 – до 10 га/год. Агрегати забезпечують глибину обробітку ґрунту до 20 см.

Мінімальний обробіток ґрунту найприйнятніший для зон, ґрунти яких схильні до вітрової ерозії та недостатнього запасу вологи, - зони Степу та Півдня України.

Проте використання такої технології можливе і в інших зонах України, залежно від кліматичних умов.

Як відомо, фірма „Лемкен” є першою серед заводів – виробників ґрунтообробної техніки, що створила таку конструкцію безполицевого агрегату, який дає змогу за один прохід подрібнити пожнивні рештки, рівномірно перемішати їх з ґрунтом, вирівняти та ущільнити ґрунт, підготувати його для посіву зернових культур [5]. До того ж, цей агрегат є допоміжним засобом для боротьби з бур’янами механічним способом: робочі органи культиватора виносять на поверхню бур’яни разом із кореневою системою і подрібнюють їх.

Чизельні плуги призначені для розпушення ґрунту з поглибленням орного шару, безполицевого обробітку ґрунту та для глибокого розпушення схилів.

Робочими органами плугів є стрілчасті і долотоподібні лапи. Розміщують їх на рамі з кроком 40 і 50 см. Глибина обробітку стрілчастими лапами 20-30 см, а долотоподібними – 30-45 см [6].

Плуг ПЧ-2,5 складається з п’яти робочих органів, рами з начіпним пристроєм, двох опорних коліс та підставок. На рамі плуга можуть встановлюватись долотоподібні або стрілчасті лапи. Робочі органи розміщені у два ряди. При роботі плуга долото розпушувача шириною 70 мм підрізує і піднімає вгору шар ґрунту, а стояк та обтічники розсувають його і розпушують.

Стрілчасті лапи мають ширину захвату 270 мм. Встановлюють їх для підрізання бур’янів та більш інтенсивного розпушування ґрунту. Глибину обробітку регулюють гвинтовими механізмами опорних коліс.

При обробці ґрунту чизельними плугами не створюється ґрунтова підшва, покращується аерація ґрунту, зберігається і накопичується волога.

Новий чизельний плуг-глибокорозпушувач моделі 915 фірми John Deere призначений для безполицевого розпушення ґрунту на глибину нижче шару оранки - до 60 см рис. 2.10. Плуг обладнано V- подібною рамою з перерізом бруса 127x178x9,5 мм - для моделі з 5 або 7 стояками робочих органів і з перерізом бруса 178x178x 127 мм - для моделі, з 7, 9,11 і 13 стояками. Стояки

робочих органів монтуються на брусі з проміжком між ними 50, 63 і 76 см. Кліренс під рамою становить 101 см, що забезпечує якісну прохідність плуга при великій кількості рослинних залишків. Для підрізання коренів бур'янів стояки робочих органів обладнано додатковими під ґрунтовими ножами шириною 266 мм з кожного боку стояка.

Чизельні знаряддя захватом завширшки 2,1-3,3 м, що випускає фірма Кігру, призначені для основного обробітку ґрунту, розпушування і поглиблення горизонту оранки на глибину 40 - 50 см, а також для витягання середніх і великих каменів із горизонту оранки. Плуг Кігру - начіпне знаряддя з дворядним розташуванням робочих органів, причому робочі органи підресорені, що дає можливість виглиблення при зіткненні з перешкодою, а після проходу - знову заглиблюватись на задану глибину. Двохбрусну раму знаряддя виготовлено із труб квадратного перерізу 120x120x8 мм. На ній розташовано 5. 7. 9 або 11 робочих органів.

Основними елементами плуга-розпушувача "Paraplow" (рис. 3.13) англійської фірми Howard є рама, трьохточковий механізм кріплення знаряддя до трактора, робочі органи, кронштейни кріплення робочих органів до рами, дискові ножі, опорно-регульовальне колесо, механізм регулювання колеса. На рамі змонтовано всі вузли і деталі знаряддя. Кріплення робочого органу до рами здійснюється двома кронштейнами і накладною пластиною, що забезпечує зміну міжряддя в діапазоні 350-500 мм. Ширина зони деформації

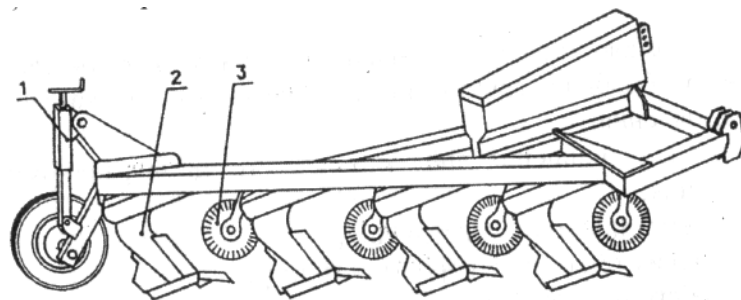


Рисунок 3.13 - Плуг-розпушувач "Paraplow":

1 - регулятор глибини оранки; 2 - стояк чизеля; 3 - дисковий ніж

похилими робочими органами в 1,25 - 1,45 рази перевищує глибину обробітку ґрунту (при нормальній або зменшеній вологості), тому при розпушуванні на глибину 35-40 см оптимальним міжряддям є 500 мм.

Плуг-розпушувач "Paraplow" експортується в країни Європи, США, Австралію.

На підставі аналізу конструкції плугів в даній роботі запропоновано напрямок удосконалення конструкції плуга для роботи в конкретних умовах.

4 ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУГА- РОЗПУШУВАЧА

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва приносить з собою крім позитивних явищ і негативні, які проявляються в ущільненні ґрунту, яке виникає внаслідок різних природних і штучних дій. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою, низькою пористістю, що ускладнює аерацію води, повітря. Одночасно підвищується опір ґрунту при його обробці, урожаї культур знижуються або залишаються на одному і тому ж рівні.

Основна причина ущільнення ґрунту – важкі сільськогосподарські машини і трактори, маса яких постійно збільшується, зайві переїзди машин при підвищеній вологості ґрунту та його при невідповідній вологості, недостатнє внесення в ґрунт органічної маси, вирощування монокультури.

Культурні рослини можуть добре рости і розвиватися тільки при сприятливих фізичних, хімічних і біологічних умовах. Тому утримання ґрунту в рихлому стані при визначеному ущільненні має важливе значення для одержання високого урожаю.

Для ґрунтів середнього механічного складу щільність ґрунту 1,6-1,7 г/см³ є критичною, при якій ріст і розвиток рослин неможливий.

При багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину більше 50 % ґрунтів зазнають ущільнення підорного шару робочими органами ґрунтообробних знарядь [8].

Ущільнення умовно розділяють на: верхнє (в шарі орного горизонту); плужну підшову (в шарі нижче орного горизонту); ущільнення підорного горизонту (в шарі нижче плужної підшови). Плужною підшовою називають ущільнення ґрунту в шарі, розміщеному нижче проходу лез робочих органів знарядь. Вона починається безпосередньо після границі обробленого шару. Внаслідок ущільнення цей шар ґрунту містить мінімальну кількість пор. В

залежності від конструкції робочих органів, маси знаряддя, кількості обробок на одну і ту ж глибину, ступені вологості і механічного складу ґрунту товщина шару плужної підшви може складати 12-17 см [8, 9].

При глибокому обробітку ґрунту чизельними знаряддями плужна підшва руйнується. Внаслідок чого створюються сприятливі умови для оптимального-водно-повітряного балансу. В сильно засушливий період коріння рослин може проникати глибше і використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту, а при підвищеному рівні опадів зайва волога з верхніх шарів ґрунту може надходити в нижні шари. При цьому випаровування вологи з верхніх шарів ґрунту різко зменшується, створюються сприятливі співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим оптимальні умови для росту культурних рослин.

Чизельне знаряддя навіть при багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину не сприяє інтенсивному утворенню плужної підшви в ґрунті. Це пояснюється тим, що їх робочі органи мають порівняно малу ширину захвату, а відповідно і малу площу опори на ґрунт по глибині ходу.

Запропонований плуг-розпушувач за своєю конструкцією подібний до чизельного плуга "Paraplow" англійської фірми Howard. Основними елементами плуга-розпушувача є рама, трьохточковий механізм начіплювання його на трактор. Робочі органи, які закріплені на похилих стояках, кронштейни кріплення робочих органів до рами, дискові ножі, опорно-регульовальні колеса, які мають механізм регулювання їх по висоті. На рамі змонтовано всі вузли і деталі знаряддя. Кріплення робочого органу до рами здійснюється двома кронштейнами і накладною пластиною, що забезпечує зміну віддалі між долотами в діапазоні 350-500 мм. Ширина зони деформації похилими робочими органами в 1,25 - 1,45 рази перевищує глибину обробітку ґрунту (при нормальній або зменшеній вологості), тому при розпушуванні на глибину 35 см оптимальним є віддаль 500 мм.

Розроблена конструкція окремих вузлів та деталей удосконаленого плуга-розпушувача представлена на листах графічної частини проєкту.

5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛУГА- РОЗПУШУВАЧА

Розстановку корпусів на рамі плуга-розпушувача виконаємо з врахуванням зони деформації ґрунту кожним робочим органом з таким розрахунком, щоб машина не забивалася в зоні між стояками пожнивними залишками.

Відомо, що найменше забивання аналогічних знаряддя 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 (рисунок 5.1).

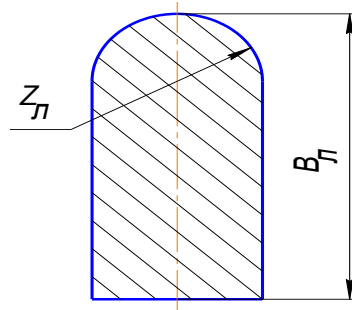


Рис. 5.1. Профіль поперечного перерізу стояків робочих органів

З метою забезпечення міцності долота корпусу і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхню заточку леза. На рис. 5.2 приведена схема заточки долота. На цій схемі прийняті наступні позначення.

Кут заточки леза i . Він повинен знаходитися в межах $i = 20 - 22^\circ$ [11].
Приймаємо $i = 20^\circ$.

β_0 - кут різання, він визначає заглиблюючу здатність долота і знаходиться в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$.

α - кут кришення ґрунту. Виходячи із потрібної якості рихлення ґунту і зниження тягового опору, кут кришення α повинен знаходитися в межах $\alpha = 25 - 30^\circ$ [4]. Приймаємо $\alpha = 27^\circ$.

Ψ - кут, який характеризує нахил площини сколювання пласта спереду леза. Його значення можна визначити за формулою:

$$\Psi = 90 - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}, \quad (5.1)$$

де φ - кут тертя ґрунту по сталі, $\varphi = 25^\circ$;

ρ - кут внутрішнього тертя, $\rho = 40^\circ$.

$$\Psi = 90 - \frac{27 + 25 + 40}{2} = 44^\circ .$$

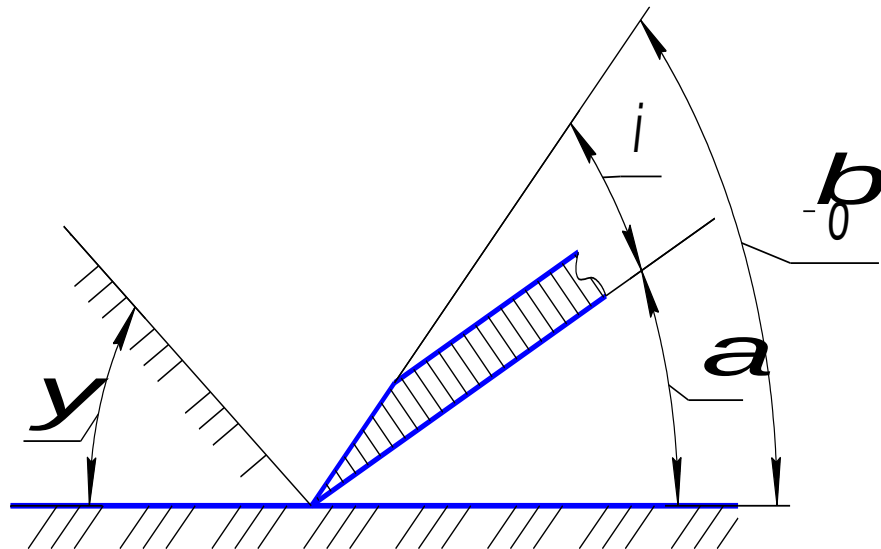


Рис. 5.2. Заточка долота корпусу плуга

Заглиблення в ґрунт робочих органів плуга 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 якість обробітку і має суттєве значення при глибокому рихленні ґрунту.

Відповідно своєму призначенню плуги-розпушувачі працюють на велику глибину, їх робочі органи працюють в ущільненому середовищі. В

таких умовах роботи заглиблення робочих органів більш складне, ніж при розпушуванні на невелику глибину.

Сила G_1 (рис. 5.3) визначається за виразом [4]:

$$G_1 = G \cdot \cos(90^\circ - \varepsilon) = G \cdot \sin \varepsilon \quad (5.2)$$

де G - сила ваги культиватора, кН.

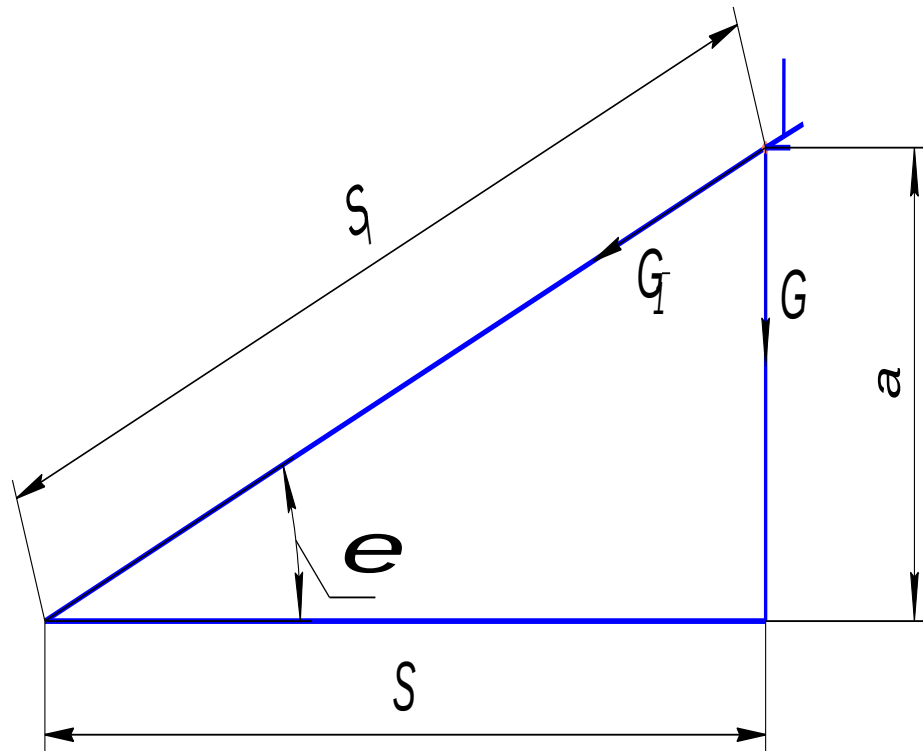


Рис. 5.3. Схема переміщення корпусу плуга при заглибленні на задану глибину обробітку

Сила ваги плуга-розпушувача рівна 12,6 кН.

$\varepsilon = 6^\circ$ - кут траєкторії заглиблення. Робота заглиблення культиватора буде визначатись за формулою

$$W = S_1 \cdot G_1. \quad (5.3)$$

Підставивши значення з (5.2), одержимо

$$W = S_1 \cdot G \sin \varepsilon \quad (5.4)$$

З іншого боку, роботу W можна визначити з виразу:

$$W = k' \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (5.5)$$

Де k' - коефіцієнт, який виражає втрати енергії на одиницю площі,

$$k' = 15 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2;$$

n - кількість робочих органів, $n = 8$;

b - ширина захвату робочого органу, $b = 0,5$ м;

a — глибина обробітку, $a = 0,3$ м.

Вирази (5.4) і (5.5) еквівалентні, тоді

$$S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon = k' \cdot a \cdot b \cdot n \quad (5.6)$$

З цього рівняння, маємо

$$S_1 = \frac{k' \cdot a \cdot b \cdot n}{G \cdot \sin \varepsilon}. \quad (5.7)$$

$$S_1 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0.3 \cdot 0.5 \cdot 8}{12.6 \cdot \sin 6^\circ \cdot 10^3} = 13,7 \text{ м.}$$

Довжину шляху заглиблення S визначимо за теоремою Піфагора

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2} \quad (5.8)$$

$$S = \sqrt{2.4^2 - 0.3^2} = 2.38 \text{ м}$$

Довжину шляху заглиблення плуга L_i визначаємо по останньому робочому органі (рис. 5.4)

$$L_1 = L + S, \quad (5.9)$$

де L - відстань між носками лап по ходу знаряддя, вона визначається по формулі:

$$L = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (5.10)$$

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

$$L = 0,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{27^\circ + 25^\circ + 40^\circ}{2} + 0,4 = 0,7 \text{ м}$$

$$L_1 = 0,7 + 13,6 = 14,3 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунки тягового опору плуга, для чого скористаємося формулою:

$$R_n = f G + K F_k, \quad (5.11)$$

де f - коефіцієнт опору руху плуга в борозні, $f = 0,4$ [4, 9];

K - коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунту чинити опір деформації, $K = 40$ кН/м² [4, 9];

F_k - площа поперечного перерізу зрихленої частини пласта при обробітку ґрунту в шарі до критичної глибини різання, м².

Площа F_k визначається за формулою:

$$F_k = h_k B_k - F, \quad (5.12)$$

де F - площа поперечного перерізу незруйнованих гребнів, м.

$$F = (n - 1) \cdot F_T, \quad (5.13)$$

де F_T - площа гребеня трикутної форми висотою h , м.:

$$F_T = \frac{(M - b)^2}{4} \quad (5.14)$$

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

$$F_1 = (8 - 1) 0,06 = 0,42 \text{ м}^2;$$

$$F_k = 0,35 \cdot 4,0 - 0,42 = 0,98 \text{ м}^2.$$

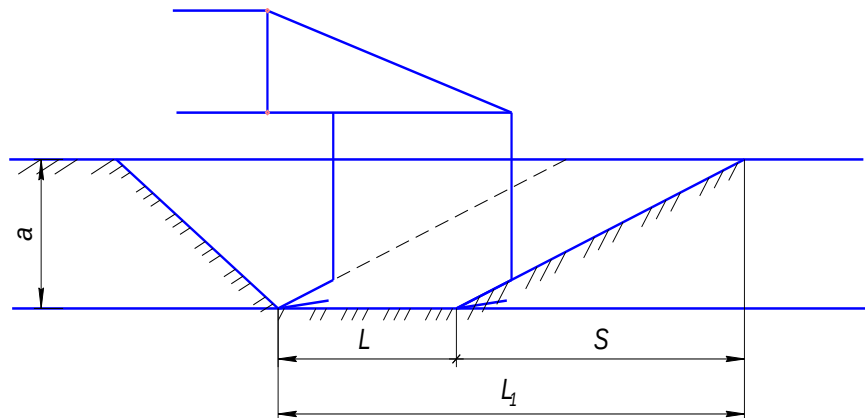


Рисунок 5.4 - Схема до визначення довжини шляху заглиблення в ґрунт корпусів плуга

Підставивши відповідні значення в (5.11) знайдемо тяговий опір розробленого плуга-розпушувача

$$R_n = 0,4 \cdot 12,6 + 40 \cdot 0,98 \approx 44 \text{ кН}.$$

Визначимо тягову потужність за формулою:

$$N_n = R_n \cdot V_p, \quad (5.15)$$

де V_p - робоча швидкість руху плуга, м/с.

Максимальна швидкість руху для плугів-розпушувачів становить 10 км/год., або 2,8 м/с. Тоді,

$$N_n = 44,0 \cdot 2,8 \approx 123 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії плуга визначимо по формулі

$$\eta_n = 1 - \frac{f \cdot G}{R_n}, \quad (5.16)$$

$$\eta_n = 1 - \frac{0,5 \cdot 13}{44} = 0,88.$$

Висоту стояка корпусу плуга (при максимальній глибині ходу корпусу) (рис. 5.5) можна визначити за формулою [4, 9]:

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (5.17)$$

де h_1 - мінімальна висота від рами до поверхні розпушеного ґрунту під час роботи культиватора, м;

h_2 - висота спущення ґрунту, м.

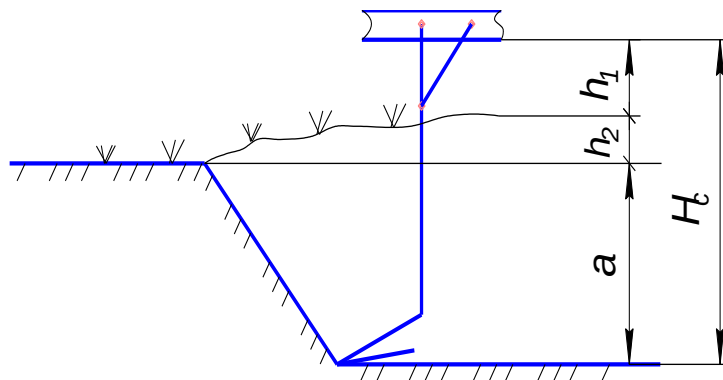


Рисунок 5.5 - Схема до визначення висоти стояка корпусу

Для того, щоб рослинні рештки вільно проходили між рамою і поверхнею поля приймаємо $h_1 = 0,3$ м.

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot a. \quad (5.18)$$

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,35 = 0,088 \text{ м.}$$

Тоді,

$$H_c = 0,3 + 0,088 + 0,35 \approx 0,74 \text{ м.}$$

Визначені параметри враховуються при конструювання вузлів і деталей удосконаленого плуга-розпушувача.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Охорона праці при виконанні польових робіт

Робітники, зайняті на роботах в полі, в обов'язковому порядку проходять курси 32-годинною програмою, а також медичний огляд. Перед початком польових робіт проходять повторний інструктаж на робочому місці. Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами, з пило-захисної тканини; чоботами; рукавицями; окулярами типу ОП-2, для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипиловими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця, пов'язані з виробництвом соняшника, забезпечуються повністю укомплектованими медичними аптечками. Обов'язково робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування, 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 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, оволодіють 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 огорожують, 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 ході. 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 переконуються, 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 °С і вище, завдяки чому значно скорочується витрата рідини на охолодження двигуна.

При підвищенні температури в системі охолодження понад 105 °С 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 обода, відсутність тріщин, забоїв. 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 ходу, а потім під навантаженням, старанно перевіряють гальма і випробовують їх на ходу. 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 леміші 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 й 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.

6.2 Розробка технологічної карти контролю орного агрегату

Суворе дотримування правил техніки безпеки є обов’язковим при прийманні, транспортуванні, підготовці до роботи, обкатці і в процесі експлуатації плуга. До роботи по використанню машини допускаються тільки підготовлені трактористи.

Ремонт і технічне обслуговування проводяться при опущеному на землю плугові, від’єданому від трактора або з трактором із заглушеним двигуном. Підтяжку кріплень робочих органів та їх заміну необхідно проводити при їх піднятому від землі стані. Гідросистему трактора слід включати тільки з кабіни трактора, плуг до трактора приєднувати при опущеній на землю зафіксованій підставці.

Для попередження нещасних випадків забороняється: їздити на великих швидкостях і виконувати круті повороти в людних місцях; стояти поблизу плуга при його підніманні і опусканні; проводити очистку, змащення, ремонт і підтяжку

Таблиця 6.1 - Технологічна карта контролю агрегату для глибокого розпушування ґрунту

Елемент агрегату, що підлягає огляду	Характерні несправності	Можливі наслідки небезпеки	Усунення недоліків
1. Справність коліс трактора, їх кріплення	Спрацювання ґрунтозачепів понад допустимий рівень	Занос трактора на схилах, перекидання.	Заміна шин.
2. Система освітлення.	Несправність фар, їх забрудненість.	Аварія при русі в темний період доби.	Провести технічне обслуговування системи освітлення.
3. Кабіна, система вентиляції, остекління	Несправність системи вентиляції. Несправність дверей та інших елементів кабіни.	Захворювання тракториста. Аварія.	Ремонт системи вентиляції. Ремонт кабіни. Відновлення остекління.
4. Рульове керування	Люфт рульового колеса перевищує допустимі межі	Втрата водієм управління. Аварія	Встановлення нормального люфту.
5. Стан зчеплення гальм, блокувального пристрою коробки передач	Пробуксовування муфти зчеплення. Хід педалі не відповідає нормі. Несправність гальм.	Несправність трактора. Спрацювання деталей зчеплення. Аварія.	Регулювання муфти зчеплення, вільного ходу педалі. Ремонт блокувального пристрою.

різьбових з'єднань плуга коли він приєднаний до трактора і переведений в положення «дальній транспорт»; виконувати повороти з заглибленими робочими органами; від'єднувати плуг від трактора в положенні «дальній

транспорт» без встановлення підставки; перевозити на рамі плуга сторонні предмети і вантажі.

В кабіні трактора необхідно мати укомплектовану аптечку, яку постійно необхідно поповнювати необхідними медикаментами. Працювати необхідно в зручній одежі, яка виключає можливість її попадання в зону дії робочих органів. При роботі необхідно застосовувати тільки справний інструмент і обладнання.

Необхідно подавати звуковий сигнал перед запуском двигуна і початком руху агрегату.

При переїздах через мости і греблі необхідно впевнитися в можливості переїзду і тільки потім продовжувати рух на першій передачі.

Перед тим, як приступити до роботи агрегат повинен підлягти контролю, хід якого висвітлений в технологічній карті (табл. 6.1).

7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Для визначення економічної ефективності проєкту приймаємо, що основний обробіток ґрунту проводиться при вирощуванні кукурудзи. Потреби в кукурудзі і межі її застосування не обмежуються лише харчовим споживанням. Кукурудза нині одна з основних зернових культур, яка активно використовується у харчовій, індустріальній, тваринницькій і медичній галузях.

Завдяки розвиненій генетиці і технології вирощування, вітчизняні аграрії досягають значних успіхів в отриманні високих врожаїв. Якщо у 2008-2009 рр. урожаї кукурудзи становили 10-11 млн. т, то останніми роками вони зросли майже вдвічі, подолавши 20-мільйонний рубіж. Рекордним став 2011 рік, коли урожай кукурудзи сягнув 22,8 млн. т. Збиральна площа під культурою становила 4,4 млн. га, що майже на чверть перевищило попередній рівень. У структурі посівів частка кукурудзи зросла від 13,1 до 17,2 %.

Для визначення економічної ефективності проєкту виберемо агрегат (базу) для порівняння. За базовий агрегат приймемо агрегат, що включає трактор Т-150 в поєднанні із чизельним плугом ПЧ-2,5.

Новий агрегат складається із зазначеного трактора і запропонованого плуга-розпушувача. Норма виробітку агрегату із запропонованим плугом-розпушувачем становить 18,5 га. Оскільки тривалість зміни рівна 7 год., то продуктивність агрегату буде становити 2,64 га/год. Питомі витрати палива при оранці зазначеним агрегатом будуть становити $Q = 18$ л/га.

Згідно даних [14] норма виробітку агрегату Т-150+ПЧ-2,5 становить 11,9 га, тобто продуктивність базового агрегату становить 1,7 га/год. при витратах палива $Q = 20$ л/га.

Балансова вартість трактора Т-150 становить 204800 грн. Нормативне річне завантаження трактора –1350 год. Норма відрахувань на: реновацію - 10 %, капітальний ремонт —7, поточний ремонт і ТО – 6 %.

Балансова вартість плуга ПЧ-2,5 становить 16000 грн., нормативне річне завантаження 480 год. Норма відрахувань на: реновацію - 14,4 %, поточний ремонт і ТО – 20 %. Маса плуга -1000 кг.

При визначенні вартості запропонованого плуга-розпушувача приймемо до уваги наступне. За складністю виготовлення і в конструктивному плані запропонований плуг-розпушувач аналогічний чизельним плугам. Маса запропонованого плуга-розпушувача становить 1280 кг. Тоді, його ціна буде становити $B_{\text{п}} = \frac{16000}{1000} 1280 = 20480$ грн.

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків доцільності розробки запропонованого плуга-розпушувача зведемо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий агрегат	Новий агрегат
Продуктивність, га/год.	1,7	2,64
Питомі витрати палива, кг/га	20,0	18,0
Балансова вартість плуга, грн.	16000	20480

Затрати праці на визначимо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W}, \quad (7.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чел.;

$W_{\text{г}}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один механізатор (тракторист). Тоді, будемо мати наступні затрати праці при оранці:

- плугом ПЧ-2,5

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

- плугом-розпушувачем

$$Z_{п.м} = \frac{1}{2,64} = 0,38 \text{ люд.год/га.}$$

Отже, зниження затрат праці при оранці модернізованим плугом становить 0,21 люд.год/га.

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{пмм}, \quad (7.2)$$

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

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

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

Оплату праці можна визначити за формулою:

$$C_o = \frac{T}{H} \quad (7.3)$$

де T - оплата праці за норму виробітку, грн.;

H - норма виробітку, га.

Оплата праці механізаторів, які працюють на оранці здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по 6 розряду тарифної сітки із врахуванням збільшення місячної мінімальної заробітної плати до 8647 грн. становить 360,3 грн./зміну.

Тоді, витрати на оплату праці становлять при оранці плугом ПЧ-2,5

$$C_{об} = \frac{360,3}{11,9} = 30,3 \text{ грн./га.}$$

В господарстві на цю оплату проводяться нарахування: за продукцію – 50 %, за складність робіт – 50 % (15,2 грн/га) і за інтенсивність робіт – 12 % (3,6 грн/га). І оплата з цими нарахуваннями становить:

$$C_{об1} = 30,3 + 15,2 + 15,2 + 3,6 = 64,2 \text{ грн/га.}$$

На цю суму нараховується 20 % за класність (становить 12,8 грн/га) і 51 % - соціальне страхування і ін. (становить 32,7 грн/га). Загальні затрати на оплату праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становлять:

$$C_{об} = 64,2 + 12,8 + 32,7 = 109,7 \text{ грн/га.}$$

При оранці плугом-розпушувачем затрати на заробітну плату становлять:

$$C_{ом} = \frac{360,3}{18,5} = 19,5 \text{ грн./га.}$$

З врахуванням всіх нарахувань зарплата механізатору при роботі з плугом-розпушувачем буде становити

$$C_{ом} = 41,3 + 8,3 + 9,9 = 59,5 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті $C_{ра}$ грн./га визначається за формулою:

$$C_{ра} = \frac{\alpha_{рт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{\alpha_{рм} \cdot B_M}{100 \cdot W \cdot t_M} \quad (7.4)$$

де $\alpha_{рт}$ і $\alpha_{рм}$ – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

B_T і B_M – балансова вартість відповідно трактора і машини, грн.;

W - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

t_T і t_M – нормативне річне завантаження відповідно трактора і плуга, год.

Тоді, відрахування на реновацію складають для базового і нового агрегату:

$$(C_{pa})^6 = \frac{10 \cdot 204800}{100 \cdot 1,7 \cdot 1350} + \frac{14,4 \cdot 16000}{100 \cdot 1,7 \cdot 480} = 11,7 \text{ грн./га},$$

$$(C_{pa})^H = \frac{10 \cdot 204800}{100 \cdot 2,64 \cdot 1350} + \frac{14,4 \cdot 20480}{100 \cdot 2,64 \cdot 480} = 8,1 \text{ грн./га}.$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт, а також технічне обслуговування, C_{KTO} грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{KTO} = \frac{\alpha_{KT} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_T \cdot B_T}{t_T} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right), \quad (7.5)$$

де α_{KT} – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

α_T і α_M – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

Відрахування на капітальний і поточний ремонти і технічне обслуговування становить:

$$(C_{KTO})^6 = \frac{7 \cdot 204800}{100 \cdot 1,7 \cdot 1350} + \frac{1}{100 \cdot 1,7} \cdot \left(\frac{6 \cdot 204800}{1350} + \frac{20 \cdot 16000}{480} \right) = 15,5 \text{ грн./га},$$

$$(C_{KTO})^H = \frac{7 \cdot 204800}{100 \cdot 2,64 \cdot 1350} + \frac{1}{100 \cdot 2,64} \cdot \left(\frac{6 \cdot 204800}{1350} + \frac{20 \cdot 20160}{480} \right) = 10,7 \text{ грн./га}.$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали:

$$C_{\text{ПММ}} = Q \cdot C_{\text{к}}, \quad (7.6)$$

де Q – витрати палива, кг/га;

$C_{\text{к}}$ – комплексна ціна палива, грн./л.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для зернозбиральних комбайнів становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

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 86,5 грн./л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

- при оранці плугом ПЧ-2,5

$$C_{\text{ПММ.б}} = 20,0 \cdot 86,5 = 1730,0 \text{ грн./га},$$

- при оранці запропонованим плугом-розпушувачем

$$C_{\text{ПММ.м}} = 18,0 \cdot 86,5 = 1557,0 \text{ грн./га}.$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати при оранці становлять:

- плугом ПЧ-2,5:

$$C_{\text{б}} = 109,7 + 11,7 + 15,5 + 1730,0 = 1866,9 \text{ грн./га},$$

- плугом-розпушувачем:

$$C_{\text{м}} = 59,5 + 8,1 + 10,7 + 1557,0 = 1635,3 \text{ грн./га}.$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні плуга-розпушувача у виробництво буде становити

$$E_{\text{ев}} = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 1866,9 - 1635,3 = 231,6 \text{ грн./га.}$$

При використанні плуга розпушувача плуга на площі, яка відповідає нормативному річному завантаженні плуга, визначити яку можна наступним чином

$$F = Wt_{\text{м}} = 2,64 \cdot 480 = 1260 \text{ га,}$$

річний економічний ефект від економії експлуатаційних витрат буде становити

$$E = E_{\text{ев}} \cdot F = 231,6 \cdot 1260 \approx 291816 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 - Економічні показники проєкту

Назва показників	Агрегат		Відхилення, +, -
	Т-150+ПЧ-2,5	Т-150 + плуг-розпушувач	
1. Балансова вартість плуга, грн.	16000	20160	+4160
2. Продуктивність, га/год.	1,70	2,64	+0,94
3. Затрати праці, люд.- год./га	0,59	0,38	- 0,21
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн./га:	1866,9	1635,3	- 231,6
в тому числі:			
- відрахування на реновацію	11,7	8,1	- 3,67
- оплата праці	109,7	59,5	- 50,2
- витрати на ПММ	1730,0	1557,0	-53
- відрахування на ремонти і ТО	15,5	10,7	- 4,8
5. Річний економічний ефект, грн.		291816	
6. Строк окупності витрат на переобладнання плуга, років		0,07	

Визначимо термін окупності витрат на придбання плуга-розпушувача:

$$T_{ок} = B/E_p, \quad (7.7)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності витрат.

$$T_{ок} = 20160/291816 \approx 0,07 \text{ року.}$$

Результати розрахунку економічної ефективності від використання плуга-розпушувача зведемо в табл. 7.2.

Таким чином, при використанні запропонованого плуга-розпушувача на площі, яка відповідає нормативному річному завантаженні дозволить одержати річний економічний ефект в сумі 291816 грн. Затрати на придбання плуга окупляться протягом року експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Оранка є однією з найенергоємних операцій у рільництві. На виконання її витрачається від 20 до 25 % витрат палива, пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур. Одним із напрямків зменшення витрат енергії на обробіток ґрунту при вирощуванні кукурудзи є застосування плуга-розпушувача з криволінійними стояками.

2. Розроблена конструкція 8-корпусного плуга-розпушувача, робочі органи якого виконані по типу чизельного плуга "Paraplow". Визначені основні параметри удосконаленого плуга.

3. В результаті розрахунків встановлено, що при конструктивній ширині захвату розробленого плуга-розпушувача 4 м його тяговий опір становить 40 – 45 кН, а тягова потужність трактора повинна бути більше 120 кВт; ККД плуга 88 %; висота стояків корпусів повинна бути більшою 0,74 м, норма виробітку плуга становитиме 18,5 га при глибині розпушування до 0,35 м.

4. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що при використанні запропонованого плуга-розпушувача на площі, яка відповідає нормативному річному завантаженні дозволить одержати річний економічний ефект в сумі 291816 грн. Затрати на придбання плуга окупляться протягом року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жива земля: як ґрунти відчують війну? 14 листопада 2025.
<https://wwf.ua/?20083941/zhyva-zemlia-yak-grunty-vidchuvaiut-viinu>.
2. Маджумдар О. Навіть проліт ракети впливає на врожай". Як війна руйнує українські ґрунти. - 11.05.2024. - <https://www.rbc.ua/rus/news/navit-prolit-raketi-vplivae-urozhay-k-viyna-1715344389.html>.
3. Гусарова А. Агросезон-2022: погодні умови та результати воєнного року. - <https://superagronom.com/articles/636-agrosezon-2022-pogodni-umovi-ta-rezultati-voyennogo-roku>.
4. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровськ. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
5. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини.- К.: Урожай, 1988. - 384 с.
6. Мігальов О., Малярчук М., Альохін А. Концептуальна модель використання ґрунтообробної техніки вітчизняного виробництва на півдні України// Техніка АПК. - №9 (вересень), 2004. – с. 28 – 29.
7. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна техніка для ґрунтообробки// Пропозиція, №3.- 2002.- с.97 – 102.
8. Ясенецький В., Шустик Л. Вітчизняні культиватори// Пропозиція. - № 12, 2005. – с. 100 – 106.
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1 і 2): Зернозбиральні машини. – Харків.: Око, 2004.
10. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
11. 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.

12. 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.

13. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін..; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

14. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.

15. 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.

16. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

17. 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.

18. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

19. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.

20. 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.

21. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.