

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності технології основного обробітку ґрунту
з удосконаленням малогабаритного плуга

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41

спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Борщ А.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Бабій А.В. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Левкович М.Г. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Борщу Андрію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності технології основного обробітку ґрунту
з удосконаленням малогабаритного плуга

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2025

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до основного обробітку ґрунту; типовий технологічний процес до основного обробітку ґрунту; базова конструкція знаряддя для до основного обробітку ґрунту в умовах малих фермерських господарств

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки.

Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. 3D-модель малогабаритного начіпного плуга. 2. Плуг. Складальне креслення. 3. Рама.

Складальне креслення. 4. Корпус плуга. Складальне креслення. 5. Деталювання. 6. Схема

сил, що діють на корпус плуга 7. Схема для розрахунку характеристик перетину стійки.

8. Схема для визначення зусилля на штоці гідроциліндра. 9. Комп'ютерне моделювання

напружено-деформованого стану рами плуга.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 22.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>01.02.2025</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>11.02.2025</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>15.05.2025</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>25.05.2025</i>	
	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>05.06.2025</i>	

Студент

(підпис)

Борщ А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Борщ Андрій Вікторович.

Тема роботи – „Підвищення ефективності технології основного обробітку ґрунту з удосконаленням малогабаритного плуга”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – підвищення ефективності технології основного обробітку ґрунту в умовах малих фермерських господарств з удосконаленням малогабаритного плуга.

Об’єкт дослідження – технологія основного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – малогабаритний начіпний плуг.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп’ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних способів та систем механічного обробітку ґрунту;
- проведено аналіз агротехнічних вимог до оранки та лемішно-полицевих плугів;
- проведено аналіз конструкцій робочих органів та допоміжних елементів плуга;
- проведено аналіз конструкцій тракторних плугів;
- обґрунтовано конструкцію малогабаритного начіпного плуга;
- визначено ширину захвату плуга;
- визначено тяговий опір та ККД малогабаритного плуга;
- розраховано продуктивність малогабаритного плуга;
- розраховано зусилля, які діють на корпус плуга;

- розраховано стійки корпусів плуга;
- розраховано зусилля на штоці гідроциліндра для піднімання плуга;
- виконано проектні розрахунки елементів плуга з використанням комп'ютерного моделювання;
- подано заходи техніки безпеки при експлуатації малогабаритного плуга.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології основного обробітку ґрунту, яка передбачає застосування малогабаритного плуга в умовах малих фермерських господарств.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 61 арк. формату А4, додатки – ____ арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: основний обробіток ґрунту, малогабаритний плуг, елементи плуга, технологічні параметри, комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	8
1.1. Способи та системи механічного обробітку ґрунту	8
1.2. Агротехнічні вимоги до оранки та лемішно-полицевих плугів	12
1.3. Робочі органи та допоміжні елементи плуга.....	14
1.4. Огляд конструкцій тракторних плугів	23
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
2.1. Обґрунтування удосконалення конструкції малогабаритного начіпного плуга	29
2.2. Визначення ширини захвату плуга.....	32
2.3. Тяговий опір та ККД малогабаритного плуга	33
2.4. Продуктивність орного агрегату	35
3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	37
3.1. Розрахунок сил, які діють на корпус плуга	37
3.2. Розрахунок стійок корпусів плуга.....	39
3.3. Розрахунок зусилля на штоці гідроциліндра для піднімання плуга	43
3.4. Комп'ютерне моделювання малогабаритного плуга.....	45
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	49
4.1. Техніка безпеки при експлуатації малогабаритного плуга.....	49
4.2. Керування безпекою життєдіяльності	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Основний обробіток ґрунту відіграє вирішальну роль у забезпеченні агротехнічних умов, необхідних для нормального росту і розвитку сільськогосподарських культур. Він передбачає глибоке розпушування, подрібнення, оборот і часткове перемішування ґрунтового шару, що сприяє збереженню вологи, поліпшенню повітряного та теплового режимів, а також знищенню бур'янів і шкідників. У сучасних умовах ефективність виконання цього технологічного процесу значною мірою залежить від рівня механізації та якості застосовуваних знарядь.

З огляду наявності великої кількості малих фермерських господарств, особистих селянських угідь та аграрних підприємств, які обробляють порівняно невеликі земельні ділянки (до 50 га), виникає гостра потреба у використанні малогабаритної сільськогосподарської техніки. Вона характеризується компактністю, універсальністю, енергоощадністю та доступністю в обслуговуванні. Такі машини легко агрегатуються з тракторами малого тягового класу (0,2–0,9) і є особливо затребуваними у дрібноконтурному землеробстві, на присадибних ділянках, у теплицях і на територіях зі складним рельєфом.

Серед ґрунтообробних машин особливе місце займають малогабаритні плуги, які забезпечують виконання основного обробітку ґрунту з мінімальними витратами енергоресурсів та праці. Однак більшість наявних зразків такої техніки не повною мірою відповідає сучасним вимогам до агротехнічної якості обробітку, надійності та простоти обслуговування. Удосконалення конструкції малогабаритних плугів з урахуванням агробіологічних вимог та техніко-експлуатаційних характеристик є актуальним напрямом прикладних досліджень.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1. Способи та системи механічного обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту є ключовим елементом агротехнічних заходів, що забезпечують оптимальні умови для вирощування сільськогосподарських культур та сприяють підвищенню їх продуктивності. Основна мета механічного обробітку полягає у створенні сприятливого середовища для розвитку культурних рослин, що, в кінцевому підсумку, забезпечує отримання високих врожаїв.

У процесі механічного оброблення відбувається розпушення ґрунтового шару, пригнічення бур'янової рослинності, знищення шкідливих організмів та збудників хвороб, загортання залишків попереднього врожаю й внесених добрив, а також накопичення вологи в орному шарі.

Залежно від цілей і агротехнічних умов, розрізняють основний, спеціалізований та поверхневий обробіток.

Основний обробіток зазвичай включає дві стадії: лушення стерні та наступну зяблеву оранку. До спеціалізованих операцій відносять, зокрема, глибоке розпушення ущільнених або болотистих ґрунтів, плантажну та ярусну оранку, фрезерування, а також створення посадкових ям для деревних культур.

Поверхнєве оброблення охоплює такі прийоми, як боронування, шлейфування, культивація, коткування, підгортання, нарізування гребенів або грядок.

Завданням механічної обробки є покращення структури ґрунту, його розпушення чи ущільнення, забезпечення накопичення вологи, зменшення бур'янової маси, а також ретельне перемішування пожнивних решток і добрив.

Основний обробіток передбачає глибоке розпушення із частковим або повним обертанням скиби та видаленням кореневищ бур'янів на глибину до 30–40 см. Поверхнева (передпосівна) обробка проводиться на меншу глибину –

до 14–16 см – і має за мету вирівнювання поверхні, загортання добрив та механічну боротьбу з бур'янами.

До спеціалізованого обробітку належать методи, що дозволяють створити особливі умови для нормального розвитку певних видів культур – це, зокрема, формування гребенів і грядок, утворення щілин або лунок на полі, оранка з повним обертанням скиби тощо.

Робочі органи сучасних ґрунтообробних машин можуть за один прохід виконувати одразу кілька агротехнічних операцій, серед яких: розпушення, обертання скиби, знищення бур'янів, ущільнення, формування гребенів і вирівнювання поверхні.

Комплекс таких операцій формує систему обробітку ґрунту. Основними її видами є полицева, безполицева та мінімальна.

Полицевий обробіток передбачає обертання скиби, загортання пожнивних залишків, добрив, насіння бур'янів у нижні горизонти борозни. Це сприяє їх швидшому розкладанню та знищенню шкідників і бур'янів. Такий спосіб залишається найбільш поширеним.

У разі безполицевого обробітку здійснюється глибоке розпушення ґрунту без перевертання скиби, при цьому стерня залишається на поверхні поля, захищаючи його від ерозійних процесів. Цей метод широко застосовують у південних регіонах із посушливим кліматом.

Мінімальна система передбачає зменшення кількості технологічних операцій, глибини обробітку та об'єднання декількох процесів в одну операцію. Такий підхід дозволяє економити час, зменшує ущільнення та руйнування структури ґрунту, а також належить до енергозберігаючих технологій.

Нульовий обробіток ґрунту взагалі виключає попередню обробку поля: висів насіння здійснюється у вузькі оброблені смуги або шляхом прямої сівби без втручання в інші частини поля.

Підбір орного агрегату здійснюється на основі аналізу типу ґрунту, його фізико-механічних властивостей (зокрема, питомого опору), глибини оранки та довжини гону, використовуючи довідкові таблиці та технологічні карти.

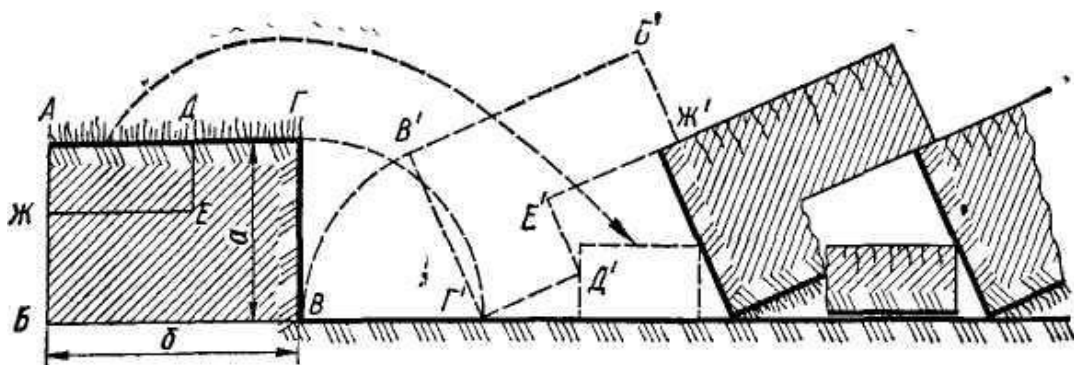
Проте оранка звичайними плугами без додаткових пристроїв має ряд недоліків: вона інтенсифікує висихання ґрунту, руйнує його мікроструктуру та негативно впливає на мікробіологічні процеси в орному горизонті.

При традиційному розділенні операцій – оранка, потім вирівнювання і ущільнення – часова затримка між ними може складати кілька годин. Дослідження засвідчили, що за умов ясної погоди і температури повітря 23 °С, протягом трьох годин після оранки міцність поверхневих ґрунтових агрегатів зростає вдвічі внаслідок випаровування вологи.

Крім того, після оранки в нижніх горизонтах формуються пустоти, які сприяють подальшому висиханню, що негативно позначається на посівних роботах і початковому розвитку рослин. Тому доцільним є поєднання процесу оранки з одночасним подрібненням ґрунтових агрегатів.

Для цього використовуються спеціальні пристосування до плугів, які дають змогу інтенсивно перемелювати ґрунт, забезпечуючи глибше ущільнення та вирівнювання поверхні поля.

У типовому випадку плуг працює наступним чином: у вертикальній площині АБ ніж відрізає скибу, ширина якої (б) відповідає ширині захвату корпусу (рис. 1.1).



а – глибина оранки; б – ширина скиби

Рисунок 1.1 – Схема перевертання скиби при культурній оранці:

Передплужник відокремлює верхній, задернілий шар ґрунту АЖЕД і укладає його на дно попередньої борозни. Леміш корпусу плуга відрізає скибу у горизонтальній площині БВ, дещо піднімає її, подрібнює та подає на полицю.

Там скиба остаточно розкришується, перевертається і вкладається в сусідню борозну, частково прикриваючи попередній шар, що був укладений передплужником.

Ґрунтообробка відіграє ключову роль у формуванні врожайності майбутньої сільськогосподарської продукції. Саме якісний основний обробіток ґрунту є визначальним чинником для забезпечення високої урожайності.

Враховуючи ґрунтово-кліматичні умови, механічний склад ґрунтів, їхню вологість і твердість, ступінь забур'яненості, тип попередника, а також особливості культури, яку планують вирощувати, сьогодні виокремлюють три основні технологічні підходи до здійснення основного обробітку ґрунту:

- традиційна система, що базується на застосуванні полицевого обробітку;
- ґрунтозахисна технологія, основою якої є принцип мінімального втручання в структуру ґрунту;
- нульовий (No-Till) обробіток, що передбачає прямий висів сільськогосподарських культур у необроблений ґрунт із застосуванням гербіцидів для контролю бур'янів.

Найбільшої ефективності вдається досягти при комплексному поєднанні різних технологій обробітку залежно від конкретних умов. Водночас, для реалізації такого підходу необхідна широка номенклатура машин і агрегатів, що далеко не завжди є економічно доцільним.

У сучасному аграрному секторі України виникають труднощі із якісною підготовкою ґрунту. Оранку часто виконують у невідповідні агростроки або із порушенням агротехнічних вимог, що призводить до суттєвого зниження продуктивності культур. Однією з причин є використання морально застарілих моделей плугів.

1.2. Агротехнічні вимоги до оранки та лемішно-полицевих плугів

Оранку слід проводити у встановлені строки, дотримуючись заданої глибини, яка зазвичай становить не менше 20–22 см, а на ділянках із меншою товщиною орного шару – на всю його глибину.

Необхідно забезпечити рівномірну глибину обробітку з допустимим відхиленням не більше ± 1 см. Скиби мають бути однакові по всьому полю за формою і розміром, із повним обертанням, рівномірно розпушені. Добрива та бур'яни повинні зароблятися на глибину 12–15 см.

Поверхня після оранки має бути рівною, без глибоких борозен та надмірно високих гребенів (висота не більше 5 см). Борозни повинні бути прямолінійними, без огріхів, а при роботі на схилах – орієнтовані поперек схилу. Поворотні смуги після завершення оранки необхідно обробити належним чином.

Вимоги до якості проведення оранки наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Показники якості оранки

Показники	Агротехнічні вимоги і допуски
Відхилення глибини оранки від заданої, см	± 1
Скривлення борозни	± 1 м на 500 м довжини гону
Перевертання скиби	Повне
Приорювання пожнивних решток, бур'янів, добрив, %	Не менше 95
Висота гребнів, см	Не більше 5
Висота звальних гребнів і глибина розвальних борозен, см	Не більше 7
Огріхи, необроблені поворотні смуги, незарівняні борозни і незорані звальні гребні	Не допускаються

Для досягнення агротехнічної ефективності плуги повинні відповідати чітким вимогам. Хоча більшість сільськогосподарських знарядь не взаємодіє безпосередньо з біологічним об'єктом – рослиною, вони мають створювати максимально сприятливі умови для її росту і розвитку. Ігнорування встановлених стандартів призводить до зниження продуктивності культур і погіршення якості врожаю.

Плугові агрегати повинні здійснювати обробку на глибину 25–35 см, при цьому корпуси мають повністю відрізати скиби, перевертати їх і укласти на дно борозни, а також загортати добрива і рослинні залишки на глибину 12–15 см. Скиби повинні бути прямолінійними і щільно прилягати одна до одної. Поверхня поля після проходу агрегату має бути рівною, без надмірних борозен або гребенів (максимум 5 см).

Передплужники повинні забезпечувати підрізання двох третин ширини скиби і закладати верхній шар на дно борозни. Глибина їх роботи – 8–12 см. Відхилення глибини оранки від заданої не має перевищувати ± 2 см. Поле після обробітку повинно бути ретельно розпушеним.

Ширина захвату корпусів має бути однаковою по всьому фронту, допустиме відхилення – до 10%. Дно борозни після проходу плуга повинно залишатися чистим. Конструкція плуга має передбачати можливість приєднання борін або котків. Безполицеві корпуси повинні забезпечувати залишення на поверхні 75–85% стерні, не руйнуючи структуру ґрунту.

Після оранки поле не повинно мати необроблених ділянок. Леміш і полиця повинні щільно прилягати до кріпильних площин. Головки болтів не повинні виступати над поверхнею робочих елементів – допускається заглиблення до 1 мм. Леза лемешів повинні мати товщину не більше 1 мм, ширина фаски – 5–7 мм, а кут загострення – у межах 25–40°.

Робочі елементи корпусів, передплужників і ножів повинні бути без тріщин або деформацій. Носки корпусів повинні знаходитись на одній лінії, що перевіряється шнуром. Допустиме відхилення – до 5 мм. Польова дошка

повинна мати товщину 5–10 мм, а її ширина – 30–40 мм. Відхилення п'яти корпусу вбік необробленої смуги – не більше 5 мм.

Дискові ножі мають вільно обертатись навколо осі, допускається їхнє осьове зміщення до 2 мм. Переміщення вилки на осі – не більше 3 мм. Кут загострення ножа повинен складати 20°.

Середньоарифметичне відхилення фактичної глибини обробітку від заданої не повинно перевищувати $\pm 5\%$ на рівнинних ділянках та $\pm 10\%$ – на нерівномірних. Ширина захвату плуга має відповідати конструктивній із можливим відхиленням у межах $\pm 10\%$.

При виконанні оранки потрібно досягти однакової ширини і товщини скиб, повного загортання добрив і рослинних решток, однакової висоти гребенів (не вище 5 см). Недопустимими є високі звальні гребені, глибокі міжкорпусні борозни, а також приховані огріхи у вигляді необроблених смуг.

1.3. Робочі органи та допоміжні елементи плуга

Плуг є складним агрегатом, до складу якого входять робочі органи, закріплені на рамі, системи механізмів, опорні колеса та пристрої для агрегаткування з трактором – причепні або навісні.

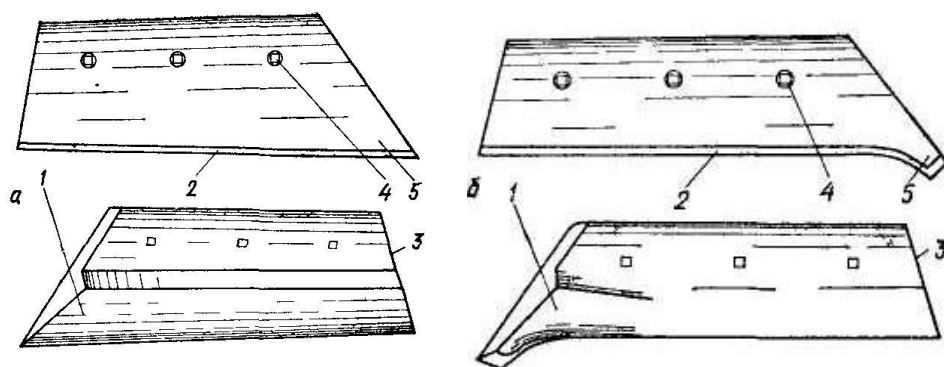
Ключовим робочим елементом плуга є корпус, який включає в себе леміш, полицю, польову дошку та стійку. До допоміжних елементів плуга відносять раму, механізм регулювання опорного колеса та навісний пристрій.

Леміш виконує функцію підрізання скиби в горизонтальній площині та спрямування її на полицю.

У конструкції тракторних плугів застосовуються леміші двох основних типів: трапецієподібні та долотоподібні.

Трапецієподібний леміш (рис. 1.2, а) за геометрією нагадує трапецію і має прямолінійну різальну кромку 2. У нижній частині конструкції розміщене потовщення 1, що має назву «магазин». Це технологічне потовщення

забезпечує запас металу для неодноразового відновлення форми леміша шляхом кування. Завдяки цьому один стандартний леміш без додаткової обробки може забезпечити якісну оранку на площі до 12–15 гектарів.



а – трапецієподібний; б – долотоподібний;

1 – магазин, 2 – лезо, 3 – крило; 4 – отвір з потаєм, 5 – носок

Рисунок 1.2 – Типи лемішів

Долотоподібний леміш (рис. 1.2, б) має складнішу форму, ніж трапецієподібний. Його характерною ознакою є витягнутий долотоподібний носок 5 із потовщенням. Такі леміші забезпечують кращу стабільність глибини обробітку і застосовуються переважно для оранки важких або цілинних ґрунтів. У разі роботи на щільних, твердих ґрунтах долотоподібні леміші можуть оснащуватись додатковою привареною щогою.

Для кріплення леміша до стояка передбачені отвори з потаями, через які встановлюються болти з потайними головками. Виготовляються леміші зі спеціалізованої лемішної сталі марок Л-53 та Л-65. Різальна кромка та носок загартовуються на глибину 20–45 мм із подальшим відпуском. Заточення леза проводиться до товщини не більше 1 мм, при цьому кут загострення не повинен перевищувати 40°.

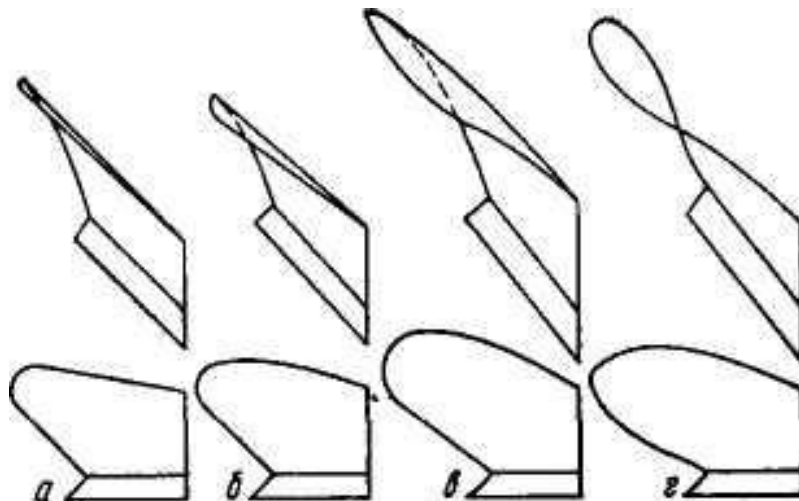
Опір, що виникає при роботі леміша, становить до 50 % загального опору корпусу. Це означає, що технічний стан леміша безпосередньо впливає на ефективність роботи плуга. Затуплення ріжучої кромки леміша до товщини 2

мм збільшує тяговий опір на 15–24 %, а при товщині 3,5–4 мм – аж на 40–60 %. У таких випадках спостерігається погане заглиблення плуга в ґрунт.

Серед сучасних розробок добре зарекомендували себе самозагострювальні леміші. Вони мають наплавлення з тильного боку біля ріжучої кромки з матеріалу типу сормайт № 1. Ширина наплавленої ділянки на носку долотоподібного леміша сягає 55–65 мм, а товщина – близько 1,7 мм. Завдяки цьому термін служби таких лемішів у 5–10 разів довший за звичайні.

Самозагострювальні леміші серійно випускаються промисловістю, однак можливе їх виготовлення і в умовах господарств, де є відповідне зварювальне й ковальське обладнання.

Полиця виконує функції дроблення та перевертання скиби, що надходить із леміша. Залежно від геометрії робочої поверхні (рис. 1.3), полиці поділяють на циліндричні, культурні, напівгвинтові та гвинтові. Кожен тип має свою специфіку взаємодії зі скибою.



а – циліндрична, б – культурна; в – напівгвинтова; г – гвинтова

Рисунок 1.3 – Типи полиць:

Циліндричні полиці забезпечують добре розкришування скиби, проте перевертання відбувається недостатньо якісно. У сучасних тракторних плугах їх практично не використовують.

Культурна полиця забезпечує якісне дроблення скиби, а при використанні передплужника також здійснює її повне перевертання. Застосовується для обробітку староорних і легких за складом ґрунтів.

Напівгвинтова полиця демонструє хорошу здатність до перевертання скиби, але не забезпечує належного її розкришування. Використовується у чагарниково-болотних плугах, а також для обробітку цілинних земель.

Гвинтова полиця ефективно перевертає скибу, проте слабо її кришить. З цієї причини вітчизняні виробники тракторних плугів її майже не застосовують.

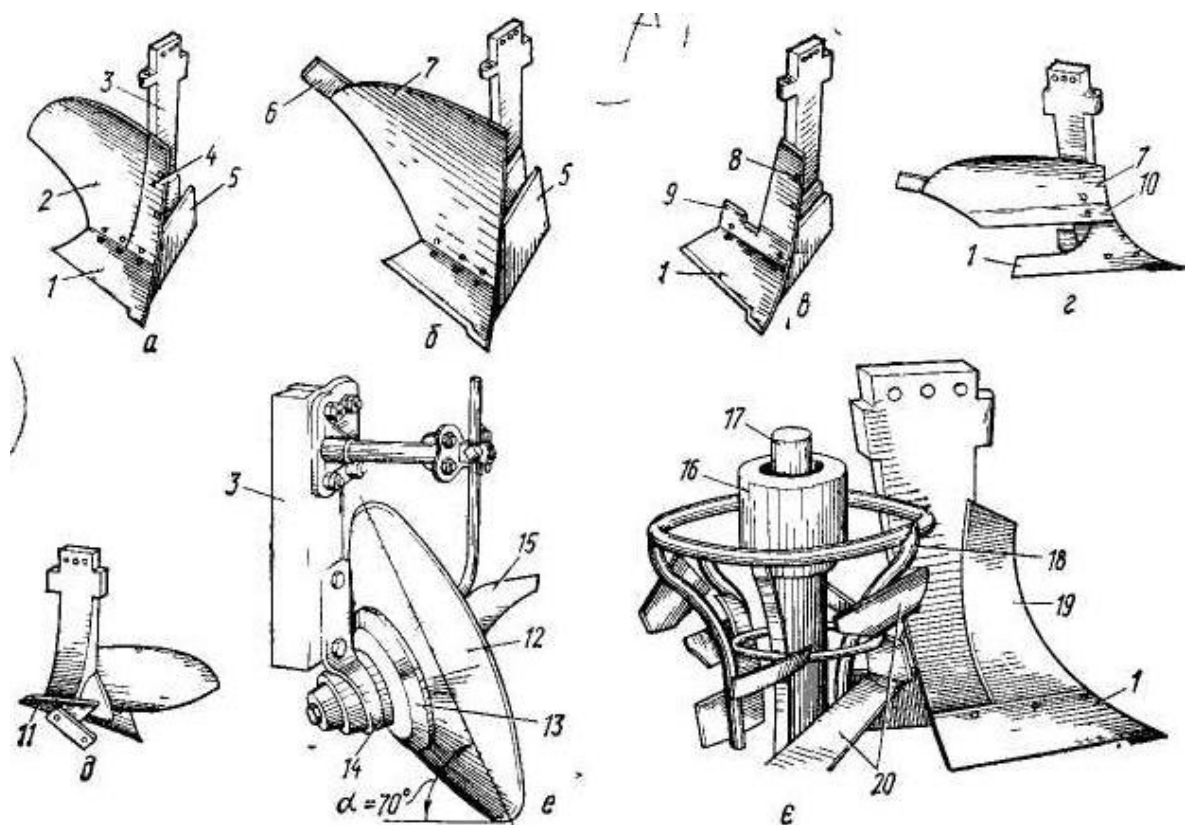
Для виготовлення полиць використовують тришарову сталь або конструкційну сталь Ст. 2, яку цементують з обох боків на глибину 1,5–2 мм та гартують. М'яке внутрішнє ядро забезпечує загальну міцність, а зовнішні цементовані шари – підвищену зносостійкість.

Леміш і полиця кріпляться до башмака. Крім цих елементів, до башмака приєднується польова дошка – прямокутна деталь із загартованим заднім краєм. Башмак з'єднується зі стійкою, формуючи єдиний вузол – полицевий корпус плуга.

Залежно від типу встановленої полиці розрізняють корпуси: циліндричні, культурні (рис. 1.4, а), напівгвинтові (рис. 1.4, б) і гвинтові. У практиці вітчизняного землеробства найчастіше використовуються культурні та напівгвинтові корпуси.

Культурні корпуси можуть бути звичайними або швидкісними. Перші застосовуються при швидкості оранки до 2 м/с, другі – до 3,3 м/с. Особливістю швидкісного корпусу є більш похила поверхня та зменшений кут між ріжучою кромкою леміша і вертикальною стінкою борозни.

Полиці виготовляються або суцільними деталями 7 (рис. 1.4, б), або розбірними – у вигляді окремих грудей 4 (рис. 8, а) і крила 2. Для покращення обертання скиби до них додається перо 6 (рис. 1.4, б).

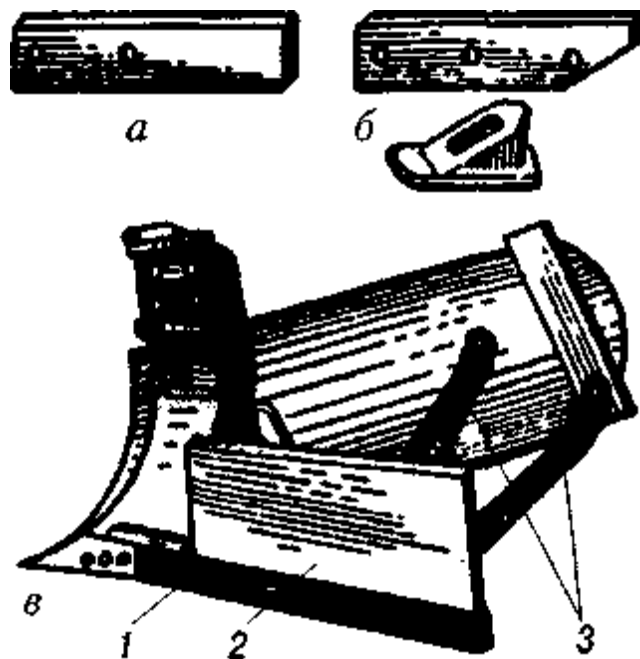


а – полицевий культурний б – полицевий напівгвинтовий, в – безполицевий,
 г – вирізний, д – з висувним долотом, е – дисковий, є – комбінований,
 1 – леміш; 2 – крило, 3 – стійка, 4 – груди полиці, 5 – польова дошка 6 – перо
 полиці, 7 – полиця, 8 – щиток 9 – розширювач, 10 – верхній леміш, 11 – долото,
 12 – диск, 13 – шпindel з фланцем, 14 – кронштейн, 15 – чистик, 16 – корпус
 ротора, 17 – вал, 18 – ротор, 19 – укорочена полиця, 20 – лопатки

Рисунок 1.4 – Типи корпусів плуга

Окрім традиційних полицевих корпусів, у плугах також використовують безполицеві, вирізні, долотні, дискові та комбіновані варіанти.

Польова дошка слугує опорою для корпусу під час руху по дну борозни та запобігає його боковому зсуву під дією поперечних сил. Конструктивні варіанти польових дошок представлені на рис. 1.5. Польова дошка заднього корпусу (рис. 1.5, б) зазнає найбільшого зносу під час експлуатації, тому до неї прикріплюється змінна п'ята з відбіленого чавуну, що подовжує її строк служби.



а – прямокутна; б – заднього корпусу з п'ятою; в – чагарниково-болотного плуга; 1 – польова дошка; 2 – розширювачі; 3 – розпірки

Рисунок 1.5 – Польові дошки

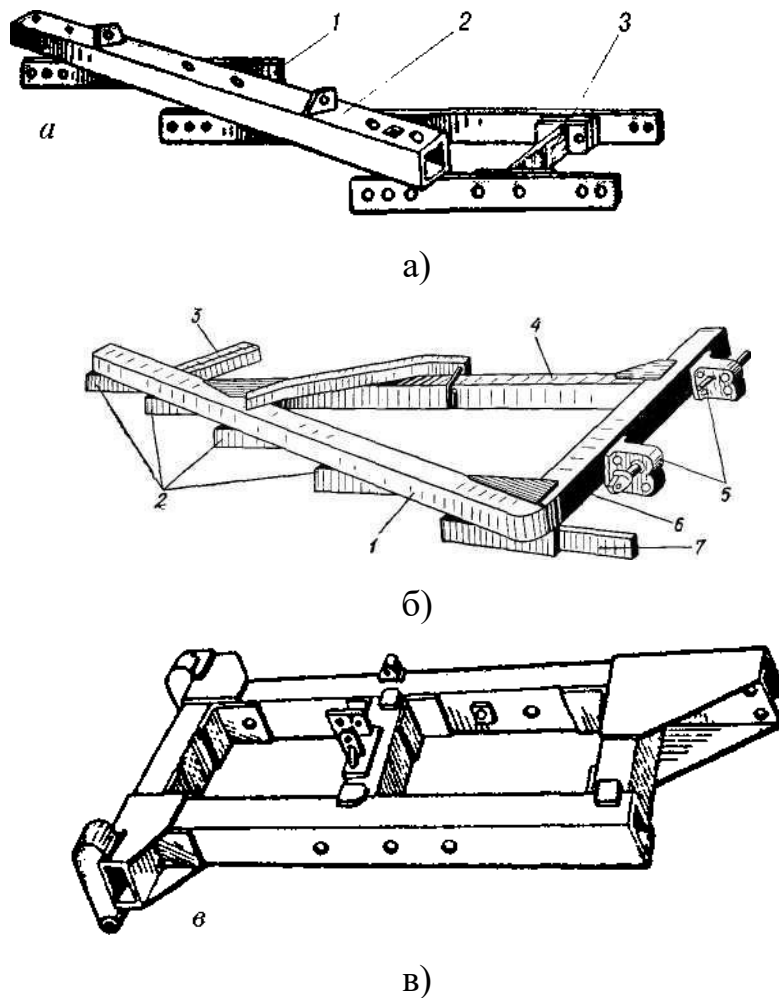
Польові дошки, що використовуються в конструкції чагарниково-болотних плугів, виготовляють подовженими та оснащують спеціальними розширювачами 2 (рис. 1.5, в). Для підвищення жорсткості вузла, до розширювачів і полиці додатково приєднують розпірні елементи 3.

Стійки, які встановлюються на плугах, можуть виготовлятися трьома способами: литтям, штампуванням або комбіновано – зварно-штампованим методом. За висотою розрізняють низькі та високі литі варіанти. Високі стояки встановлюють на плугах із плоскою рамою, тоді як низькі – на плугах із вигнутою конструкцією рами.

Окрім основних робочих органів, плуг включає в себе ряд допоміжних елементів. До них належать: рама, система опорних і ходових коліс з регульовальними механізмами, начіпний пристрій та інші конструктивні вузли.

Рама виконує функцію несучого елемента – саме до неї кріпляться як робочі органи, так і додаткові складові механізму плуга. За конструктивними ознаками розрізняють плоскі, гачкові, комбіновані, а також розбірні та зварні

(монолітні) рами. Найпоширенішим типом є плоска рама (рис. 1.6), що складається з паралельно розташованих штаб 1 (гряділів), кількість яких відповідає числу корпусів плуга. Для підвищення жорсткості гряділі з'єднуються розпирками 3. Додатково, уздовж лінії розміщення корпусів, до рами прикріплюють брус жорсткості 2, що забезпечує підсилення конструкції.



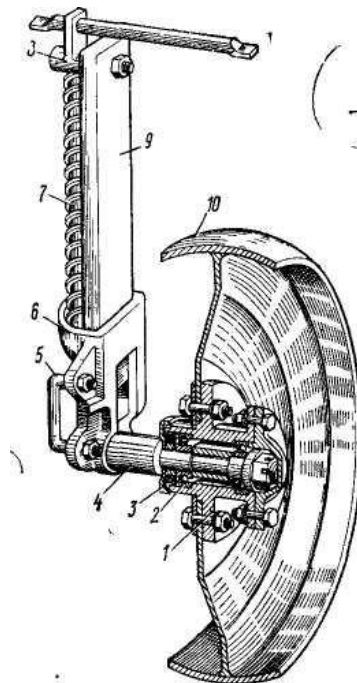
а – розбірна начіпного плуга; б– зварна начіпного плуга; в - зварна однокорпусного чагарниково-болотного плуга; 1 – штаба (гряділь); 2 – брус жорсткості; 3 – кронштейн для кріплення ножа; 4 – поздовжній брус; 5 – кронштейн; 6 – поперечний брус; 7 – консоль для кріплення передплужника

Рисунок 1.6 – Рами тракторних плугів

У конструкціях начіпних плугів, як правило, використовують зварні рами, виконані з прямокутних трубчастих профілів (рис. 1.6). Вони є основною

опорною частиною плуга, на яку монтуються всі робочі та допоміжні органи. Розбірні рами, у свою чергу, характерні для напівначіпних і причіпних моделей плугів.

Опорні колеса (рис. 1.7) служать для стабілізації положення рами відносно поверхні поля під час роботи. Вони мають регулювальний гвинтовий механізм, що включає стояк 9, гвинт 7, гайку 8 та тримач 6. Колесо оснащено металевим ободом 10 та кріпиться болтами до маточини 1, яка обертається на підшипниках 2, розміщених на півосі 4. Для захисту підшипників застосовуються спеціальні ущільнювальні ковпаки 3.



1 – маточина 2 – кульковий підшипник, 3 – ковпак; 4 – піввісь, 5 – хомут,
6 – тримач, 7 – гвинт. 8 – гайка; 9 – стояк, 10 – обод

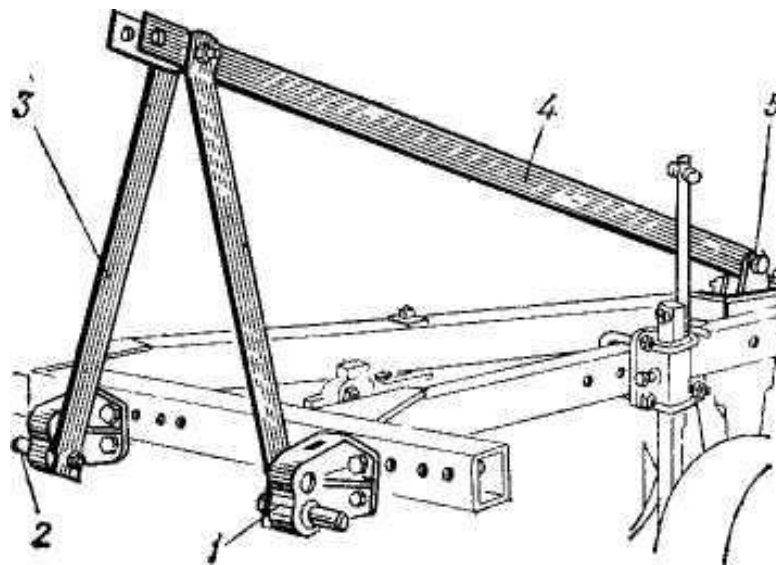
Рисунок 1.7 – Опорне колесо

Регулювання глибини обробітку ґрунту здійснюється за допомогою переміщення опорного колеса відносно рами через гвинтовий механізм.

Ходові колеса призначені для підтримання плуга в транспортному положенні та можуть також виконувати підтримуючу функцію під час оранки, коли рухаються по необробленій поверхні. Вони широко застосовуються у

конструкціях напівначіпних плугів. Сучасні моделі здебільшого оснащені колесами з пневматичними шинами. Перемикання між робочим і транспортним положенням здійснюється за допомогою спеціального гідромеханізму, керованого гідроциліндром, який інтегровано з гідравлічною системою трактора.

Начіпний пристрій призначений для агрегування плуга – начіпного або напівначіпного – з навісною системою трактора (рис. 1.8). Він складається із двох вертикальних стояків 3, розтяжки 4 з отвором у передній частині та пальців 2, які встановлюються на кронштейнах 1. В залежності від марки трактора, з яким відбувається агрегування, положення кронштейнів із пальцями на поперечній балці змінюють.



1 – кронштейн; 2 – палець; 3 – стояк, 4 – розтяжка, 5 – кронштейн

Рисунок 1.8 – Начіпний пристрій

Для зчеплення начіпних плугів із тракторами тягового класу 1,4 використовується триточкова схема під'єднання навісного обладнання.

1.4. Огляд конструкцій тракторних плугів

Плуги використовуються переважно для здійснення основного обробітку ґрунту, який включає перевертання скиби або виконання глибокого розпушення.

Залежно від функціонального призначення, плуги поділяють на універсальні (загального призначення) та спеціалізовані. Перші використовують для традиційної оранки з обертанням скиби на глибину до 35 см. До категорії спеціалізованих належать плуги, що призначені для виконання робіт під виноградники, сади, лісові культури або при освоєнні цілинних та заболочених територій. До цієї групи відносять плантажні, ярусні, садові, болотні, виноградникові та інші види.

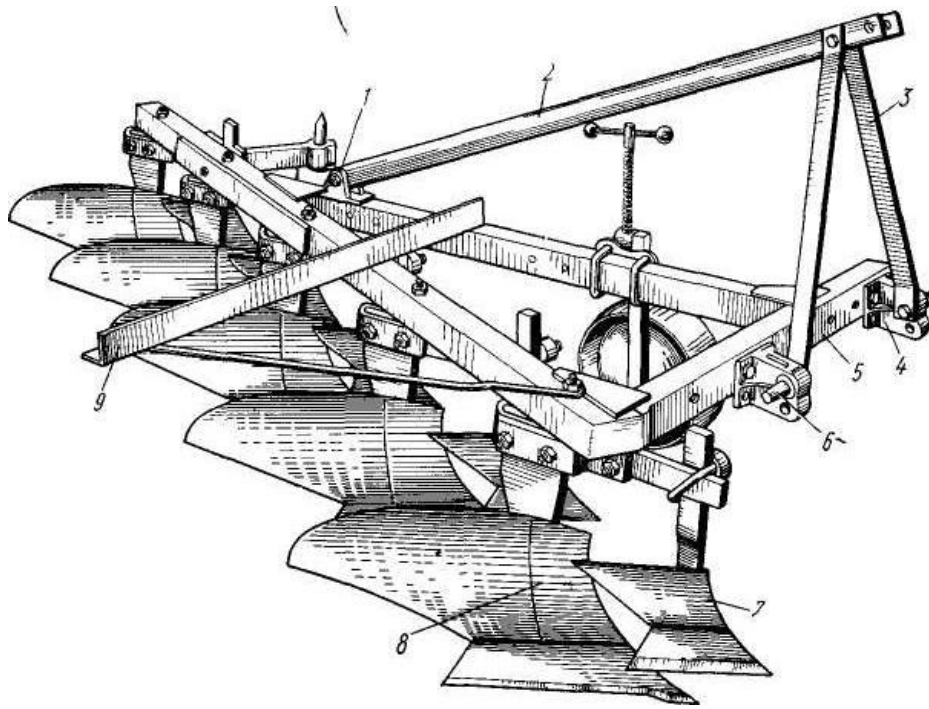
За конфігурацією робочих органів (корпусів) плуги поділяються на лемішно-полицеві, чизельні, безполицеві, розпушувачі, дискові, роторні та комбіновані. Найширше використання мають лемішно-полицеві конструкції.

Класифікація за кількістю корпусів охоплює однокорпусні, дво-, три-, чотири-, п'яти-, шести-, семи-, восьми- та дев'ятикорпусні плуги.

З технологічної точки зору, плуги поділяють на ті, що забезпечують оранку «всклад» і «врозгін», а також на плуги для гладкої оранки.

Залежно від способу агрегування з трактором, розрізняють начіпні, напівначіпні та причіпні плуги. Начіпні моделі мають ряд переваг: вони конструктивно простіші, менш металомісткі, дешевші у виробництві, не потребують окремого причіплювача для обслуговування, а також забезпечують вищу маневреність та продуктивність. Завдяки цьому начіпні плуги універсального призначення набули значного поширення.

До прикладу, начіпний плуг ПЛН-5-35 (рис. 1.9) призначений для оранки на глибину до 35 см. Його основні складові – рама 5, корпуси 8, передплужники 7, дисковий ніж, опорне колесо з регулятором глибини та причіп 9 для борін.



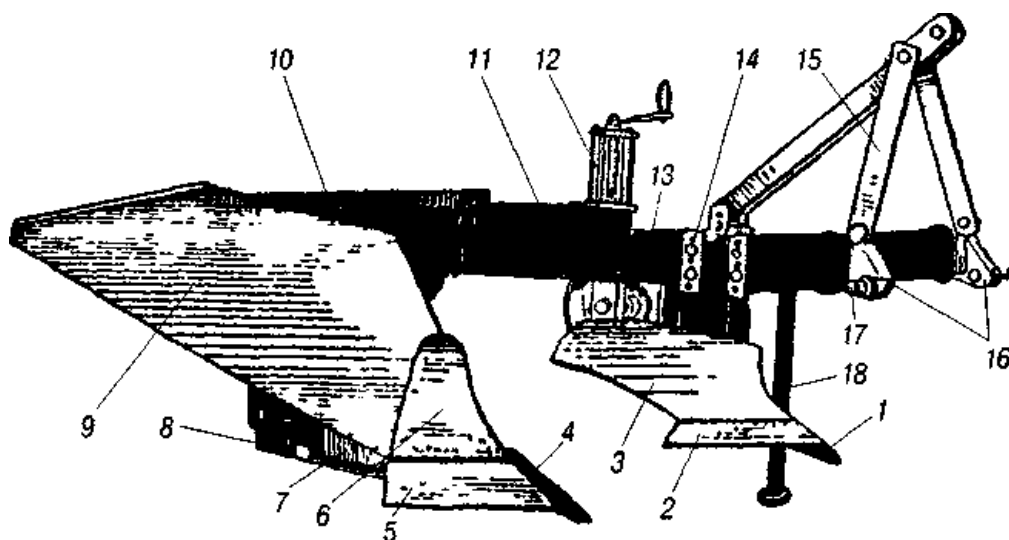
1, 4 – кронштейни 2 – розкіс, 3 – стояк, 5 – рама, 6 – палець, 7 – передплужник,
8 – корпус; 9 – причіп для борін

Рисунок 1.9 – Плуг начіпний п'ятикорпусний ПЛН-5 35

Рама виконує функцію несучої основи для монтажу корпусів, колеса та зчіпного обладнання. До робочих органів плуга відносяться дисковий ніж, передплужник і корпус, останній включає леміш, полицю та польову дошку, що прикріплюються до башмака, закріпленого на стояку.

Опорне колесо забезпечує стабільність ходу агрегата, а шляхом регулювання його висоти встановлюють необхідну глибину обробітку. Під час переведення плуга в транспортне положення його підіймають гідросистемою трактора, а під час роботи – опускають за рахунок ваги конструкції.

Плантажний начіпний плуг ППН-50 (рис. 1.10) розроблений для глибокого передпосадкового обробітку на площах, що призначені під виноградники, сади та лісові культури. Його основними елементами є рама 11, корпус, передплужник, опорне колесо 13 з гвинтовим регулятором 12, начіпка 15, зчіпний кутник 10 і підставка 18.



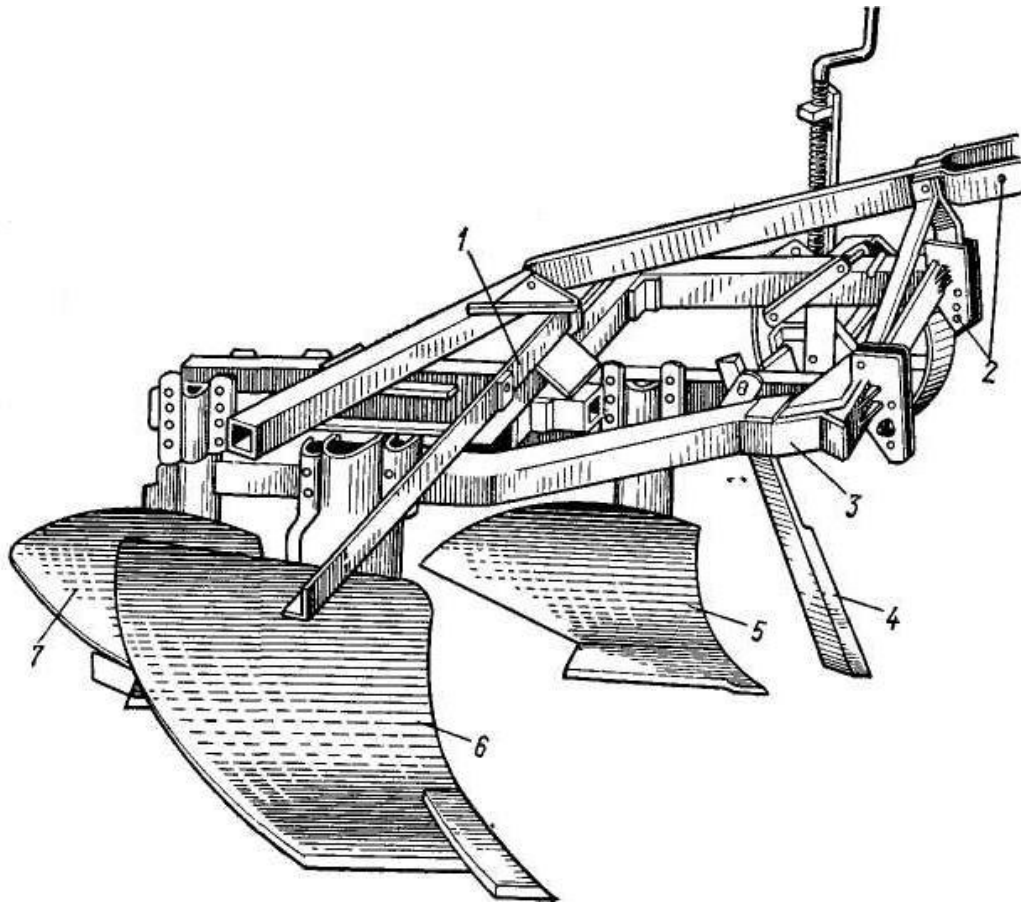
- 1 – приварене долото леміша передплужника; 2\5 – леміші; 3,9 – полиці;
 4 – долото основного корпусу; 6 – щиток; 7 – польова дошка; 8 – п'ята;
 10 – кутник для борін; 11 – рама; 12 – гвинтовий механізм; 13 – опорне колесо;
 14 – отвори для перестановки передплужника; 15 – стояк начіпки;
 16 – кронштейн; 17 – палець; 18 – підставка

Рисунок 1.10 – Плуг плантажний начіпний ППН-50

Зварна рама плуга ППН-50 виготовлена з кутників. На її передню балку приварені два кронштейни з пальцями 17, а на середню – кронштейн для кріплення начіпного вузла. Для підсилення рами встановлено додатковий брус жорсткості.

Корпус має зварний стояк, полицю 9, леміш 5, долото 4, щиток 6, польову дошку 7 і п'яту 8. Робоча поверхня має конструкцію культурного типу. Агрегатується з тракторами серій Т-150, Т-130, продуктивність – 0,19 га/год, маса – 1350 кг.

Триярусний плуг ПТН-40 (рис. 1.11), де П – плуг, Т – триярусний, Н – начіпний, 40 – ширина захвату в см, призначений для глибокої оранки на малородючих підзолистих і солонцевих ґрунтах. Застосовується для дво- і триярусної оранки до 40 см. Працює з тракторами тягового класу 3.



1—причіп для борін, 2 —начіпний пристрій, 3 — рама, 4 — чересловий ніж,
5 — передній корпус, 6 — середній корпус, 7 — задній корпус

Рисунок 1.11 – Плуг триярусний начіпний ПТН-40

Конструктивно ПТН-40 складається з рами 3, корпусів (переднього 5, середнього 6, заднього 7), ножа 4, опорного колеса з гвинтовим регулятором, начіпного вузла 2 і причепа 1 для борін. Рама виконана із зварених трубчастих балок. Передній корпус – подовжений, культурного типу, виконує обертання та укладання верхнього шару ґрунту в нижній ярус. Регулювання глибини проводиться гвинтом на опорному колесі.

Німецький плуг В17ЗА є сучасним варіантом начіпного плуга, який агрегатується з тракторами класу 1.4–2. Його конструкція включає тяговий трикутник з глибинним регулятором та поворотним механізмом з електрогідравлічним керуванням, а також основну раму і плужні корпуси.

З'єднання з навісною системою трактора відбувається через змінну вісь, розміщену в трикутнику. Поворотний механізм із гідроциліндром дозволяє

обертати плуг на 180°. Завдяки паралелограмному механізму, в якому передбачено два шпинделі, регулюється ширина передньої борозни та точка прикладення тягового зусилля. Плужні корпуси кріпляться на рамі за допомогою двох болтів.

Американська компанія DMI виробляє серію уніфікованих плугів із регульованою шириною захвату. Базою є зварна V-подібна рама з чотирма корпусами. За потреби до неї додають три секції (одна двокорпусна і дві однокорпусні), що дозволяє адаптувати плуг до 5-, 6-, 7- або 8-корпусної конфігурації залежно від типу трактора. Ширину захвату змінюють із кабіни за допомогою гідроциліндра, пов'язаного з паралелограмним поворотним механізмом. Обертання самого плуга виконується навколо вертикального шарніра навісної системи.

Загальна ширина захвату змінюється в межах 2,2–4,4 м. Конструкція дозволяє встановлення як стандартних корпусів із шириною захвату 0,4 м та кутознімачем, так і глибокоорних – з шириною до 0,45 м. Для візуального контролю параметрів роботи передбачено покажчик положення, з'єднаний із механізмом повороту корпусів.

Плуг комплектується заднім польовим і борозенним колесами. Агрегатується з тракторами, оснащеними системами автоматичного контролю глибини та правим колесом, що рухається виключно в борозні. Керування борозенним колесом здійснюється штовхаючою штангою.

Останніми роками на ринку з'явилися компактні однокорпусні до чотирикорпусні плуги китайського виробництва, зокрема від Сінтайського тракторного заводу (рис. 1.12). Вони розраховані на мінітрактори потужністю 15–20 к.с. Ці знаряддя мають низьку вартість, що сприяє їхній популярності, однак відзначаються невисокою продуктивністю та обмеженою надійністю.



Рисунок 1.12 – Плуги виробництва Синтайського тракторного заводу (Китай)

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування удосконалення конструкції малогабаритного начіпного плуга

За даними Державного комітету статистики України з наявних 51,5 тис. сільськогосподарських підприємств більше половини (58,5 %) мають посівну площу менше 50 га., у т.ч. 6,2 тис. мають земельні ділянки від 1 до 5 га., 4,3 тис. підприємств - від 5 до 10 га. В основному це фермерські господарства.

Такі господарства потребують надійної малогабаритної техніки, яка не потребує спеціалізованого технічного обслуговування, проста за конструкцією та не потребує значних матеріальних вкладень.

Аналіз розвитку лемішних плугів свідчить, що їх удосконалення відбувається на базі старої технології оранки, якій властивий ряд серйозних недоліків. Технологія оранки, яку зараз використовують, розроблялася під вимоги робочого процесу кінних плугів. Особливістю цієї технології є те, що шар ґрунту у момент його перевертання зміщується полицею у сусідню борозну, утворюючи за останнім корпусом достатньо широку відкриту смугу, яка є зручною для проходу коня при наступному заході.

При переході на тракторну тягу технологія кінної оранки не змінювалася. З двох послідовних операцій – перевертання шару ґрунту та переміщення його вбік – остання нині не має ніякого агротехнічного обґрунтування, але призводить до ряду негативних наслідків у технологічному, енергетичному та конструктивному аспектах.

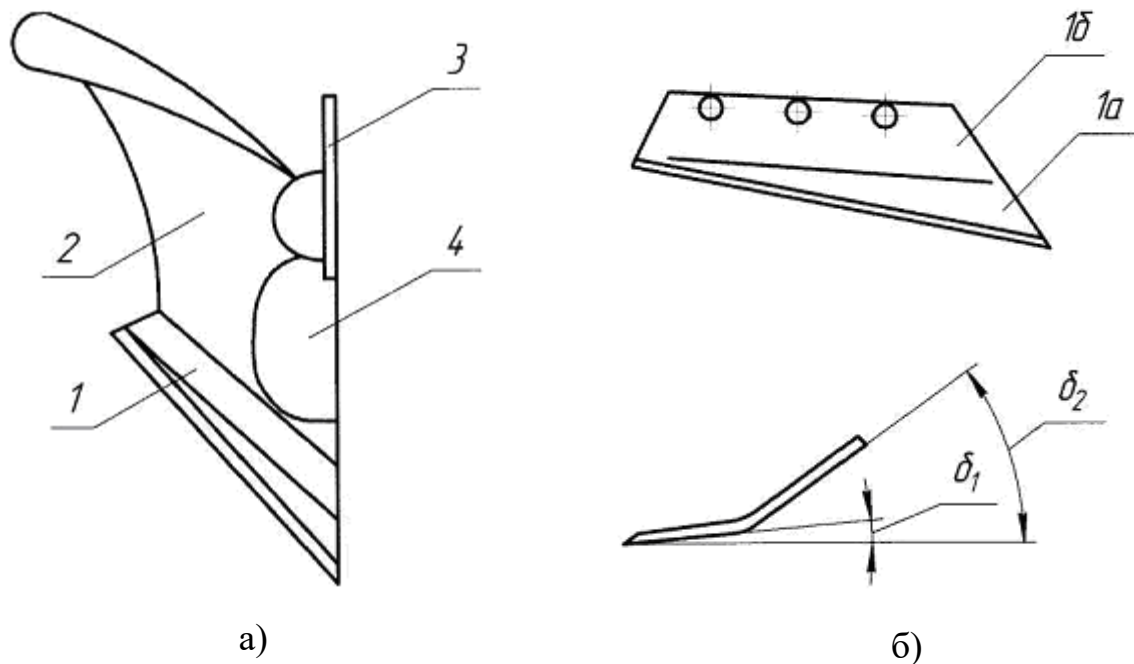
Соціально-економічне значення малогабаритних ґрунтообробних машин для малих фермерських господарств полягає в безперервному підвищенні продуктивності, якості продукції і покращенні умов праці.

Недоліками сучасних корпусів є високі витрати енергії на проведення процесу оранки, а також швидке зношування лемішів корпусів при оранці, що потребує їх частого переобладнання.

Поширені в практиці плужної оранки долотоподібні леміші дещо підвищують їх довговічність, але мають істотний недолік - підвищену енергоємність, яка виникає через значне збільшення кута нахилу леміша до дна борозни на протязі мінімального проміжку часу від зрізування скиби до її підйому.

Запропоновано леміш корпусу виконати із двох частин - передньої з мінімальним кутом підйому до дна борозни та задньої, зі збільшеним кутом підйому та передбаченням плавної зміни кута підйому полиці від мінімального до максимального. При цьому передня частина леміша має найбільшу довжину в зоні носка леміша, а найменшу - в зоні п'яти леміша. Матеріал леміша – зносостійка підшипникова сталь ШХ-15, яка має підвищену зносостійкість (в 2 рази) у порівнянні із стандартними лемішами, виготовленими із сталі Л-53.

Корпус плуга (рис. 2.1, а) складається з леміша 1, полиці 2 та польової дошки 3, які прикріплені до стояка 4. Леміш 1 (рис. 2.1, б) виконаний із двох частин: передньої 1а з мінімальним кутом δ_1 нахилу до дна борозни і задньої 1б - з більшим кутом δ_2 нахилу до дна борозни. В зоні носка леміша частина 1а має найбільшу довжину, а в зоні п'яти леміша - найменшу довжину.



а – корпус плуга; б – леміш.

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд корпусу плуга з лемішем нової конструкції

При переміщенні корпусу плуга пропонованої конструкції в ґрунті частиною 1а леміша ґрунт підрізується, направляється на горизонтальну частину 1а леміша і лише через деякий час потрапляє на задню частину 1б леміша, після чого ковзає по полиці 2, в кінці якої крилом полиці скидається в борозну. При цьому опір переміщенню скиби в початковий період - період зрізування і потрапляння на поверхню леміша майже не зростає і лише згодом, після набору швидкості переміщення по горизонтальній частині 1а леміша, з невеликим опором піднімається по похилій частині 1б леміша, а скиба далі переміщується по полиці, розрихлюючись та розпушуючись.

Ефективність вдосконаленого плуга очікується у наступному:

1. Опір переміщенню корпусу в ґрунті зменшиться за рахунок збільшення часу зустрічі леміша з ґрунтом, повільнішого переходу ґрунту з передньої частини леміша на похилу задню частину.

2. Динамічний коефіцієнт тертя між скибою і лемішем зменшиться за рахунок славнішої зміни кута підйому леміша відносно дна борозни, що також приводить до зменшення опору ґрунту при його переміщенні по поверхні леміша і полиці.

3. Збільшена довжина передньої частини леміша в зоні носка і зменшена в зоні п'яти забезпечить зменшення кута між різальним лезом леміша та стінкою борозни, що забезпечить зменшення опору ґрунту при зрізуванні скиби завдяки кращому ковзанню частки ґрунту по поверхні леміша та збільшенню довговічності роботи леміша.

4. Застосування зносостійкої шарикопідшипникової сталі ШХ-15 підвищить довговічність роботи леміша.

Перевагою малогабаритного плуга пропонованої конструкції є те, що всі деталі є штампо-зварні а не литі, що підвищує ремонтпридатність плуга в малих господарствах. Для покращення транспортування плуг виконано повністю розбірним. Лівий кронштейн начіпки виконано рухомим, що дозволяє регулювати положення плуга в залежності від необхідного кута входження леміша в ґрунт.

2.2. Визначення ширини захвату плуга

Технічним завданням на проектування встановлено значення глибини обробітку ґрунту орним агрегатом, що складається з двокорпусного малогабаритного плуга та трактора малої потужності, $a=0,2$ м.

Ширину захвату плуга b визначаємо за формулою

$$b = \frac{\lambda \cdot P_T}{k \cdot a}, \quad (2.1)$$

де λ – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, $\lambda = 0,75 - 0,95$;

P_T – тягове зусилля трактора, кН. Для малогабаритних тракторів $P_T \approx 5-7$ кН;

k – питомий опір ґрунту, кН/м². Питомий опір більшості орних земель знаходиться в межах $k = 20 - 50$ кН/м².

$$b = \frac{0,8 \cdot 5}{50 \cdot 0,2} = 0,4 \text{ м.}$$

Ширина захвату плуга повинна бути кратною ширині захвату одного корпусу:

$$b = b_K \cdot n, \quad (2.2)$$

де n – число корпусів.

З формули (2.2) визначаємо ширину захвату одного корпусу, при кількості корпусів $n=2$

$$b_K = b/n = 0,4/2 = 0,2 \text{ м.}$$

2.3. Тяговий опір та ККД малогабаритного плуга

Тяговим опором називають зусилля, необхідне для переміщення плуга при оранці. Він залежить від форми, розмірів і технічного стану робочих органів, ширини захоплення і глибини оранки, стану і типу ґрунту, швидкості руху орного агрегату, а також від маси плуга і конструкції опорних коліс.

У свій час, проаналізувавши роботу плуга, академік В.П.Горячкін встановив, що його тяговий опір складається з опору трьох різноманітних категорій.

До першої категорії він відніс опір, який пропорційний нормальному тиску (силі ваги):

$$R_1 = f \cdot G,$$

де f – коефіцієнт пропорційності (опір протягуванню плуга у відкритій борозні), за В.П. Горячкіним f становить: по стерні $f = 0,5$; конюшині $f = 1,0$; G – сила ваги плуга, Н.

До цієї категорії опорів В.П.Горячкін відніс опір тертя корпусів об дно борозни та втулок коліс об осі, опір перекочуванню коліс по ґрунту, а сукупність цих опорів назвав «некорисним опором».

До другої категорії належать опори, які обумовлені деформацією шару ґрунту. Згідно із загальним законом опору матеріалів вони пропорційні площі поперечного перетину шару ґрунту, що деформується:

$$R_2 = k_0 \cdot a \cdot b \cdot n,$$

де k_0 – питомий опір ґрунту (згідно з межею міцності в опорі матеріалу), за В.П. Горячкіним, на легких ґрунтах $k_0 = 2 \text{ Н/см}^2$ (20 кПа), середніх – $k_0 = 3 \text{ Н/см}^2$ (30 кПа) і на важких – $k_0 = 4\text{--}5 \text{ Н/см}^2$ (40–50 кПа);

a, b – відповідно глибина оранки й ширина шару ґрунту, м;

n – кількість корпусів на плузі.

До третьої категорії належить опір, який пов'язаний з кінетичної енергії часткам шару ґрунту. Аналогічно опору пластини, що рухається у рідині або газі, опір корпусу плуга пропорційний площі поперечного перетину шару ґрунту та квадрату швидкості:

$$R_3 = \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot v^2,$$

де V – швидкість плуга, м/с;

ε – коефіцієнт швидкісного опору, який залежить від параметрів (геометричної форми) корпусу плуга та властивостей ґрунту. За В.П. Горячкіним $\varepsilon = 1500\text{--}2000 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$.

Отже, повний тяговий опір плуга буде:

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3 = f \cdot G + k_0 \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2. \quad (2.3)$$

Ця формула є раціональною з точки зору механіки, оскільки вона зображена раціональним алгебраїчним виразом. Для плуга, який працює на традиційній швидкості, третій член формули невеликий; перший значно більший третього; найбільше чисельне значення має другий член.

При швидкості руху орного агрегату $V=12 \text{ км/год} \approx 3 \text{ м/с}$ та вазі плуга $G = 650 \text{ Н}$ тяговий опір плуга становитиме

$$R_x = 0.75 \cdot 650 + 50000 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 2 + 1500 \cdot 0.2 \cdot 0.2 \cdot 2 \cdot 3^2 = 5.8 \text{ кН}.$$

Перший член формули (2.3) – це частина опору, який не виконує корисної роботи, тому коефіцієнт корисної дії (ККД) плуга η знаходять за виразом

$$\eta = \frac{R_x - R_1}{R_x}. \quad (2.4)$$
$$\eta = \frac{5800 - 0.75 \cdot 650}{5800} = 0.916.$$

За даними Г.Н. Синеокова, ККД плугів залежить від гостроти леза лемішів: із гострими – $\eta = 0,75\text{--}0,80$; тупими – $\eta = 0,56\text{--}0,60$. При розрахунках можна користуватися його середнім значенням, тобто $\eta = 0,70$.

2.4. Продуктивність орного агрегату

Продуктивність орних та інших агрегатів – це кількість роботи заданої якості, виконаної ними за проміжок часу T . Розрізняють теоретичну (розрахункову) і фактичну продуктивність.

Теоретичну продуктивність W визначають за формулою

$$W = 0.1 \cdot B \cdot V \cdot T, \quad (2.5)$$

де B – конструктивна ширина захвату агрегату (плуга), м;

V – теоретична швидкість руху агрегату, км/год. Згідно агротехнічних вимог, теоретична швидкість руху агрегату при оранці складає 12 км/год;

T – час, протягом якого агрегат безпосередньо виконує корисну роботу, год.

Фактична продуктивність агрегату завжди менше теоретичної унаслідок відхилення робочої ширини захвату B_p , фактичній швидкості руху v_p , чистого робочого часу T_p від розрахункових.

Ширина захвату агрегату може відрізнятися від конструктивної внаслідок неправильних приєднання машин до трактора і регулювання їх робочих органів, неточного водіння агрегату, перекриття захвату окремих машин, що входять в агрегат, поганого технічного стану і несправності машин. При оранці робоча ширина захоплення B_p часто виявляється більше конструктивної ширини B_a із-за збільшення ширини захоплення першого корпусу.

Робоча швидкість агрегату відрізняється від теоретичної через буксування рушіїв і поганого технічного стану трактора.

Час T_p , протягом якого агрегат безпосередньо виконує корисну роботу (оранку), відрізняється від розрахункового, оскільки частина часу зміни $T_{см}$ витрачається на переїзди, повороти, зупинки для регулювання, ремонту, очищення і заправки машин та на інші організаційні заходи.

Тому з врахуванням перерахованих факторів, фактичну годинну продуктивність визначають за формулою

$$W_{год} = e \cdot B_p \cdot V_p = e \cdot \xi_B \cdot B_a \cdot \xi_V \cdot V_T \cdot \tau, \quad (2.6)$$

де e – коефіцієнт, що враховує одиниці вимірювання швидкості руху агрегата; якщо вона виражена в м/с, то $e = 0,36$, якщо в км/год, то $e = 0,1$;

$\xi_B = B_p / B_a$ – коефіцієнт використання ширини захвату, для оранки $\xi_B = 1.15$;

$\xi_V = V_p / V_T$ – коефіцієнтом використання швидкості, $\xi_V = 0.95$;

$\tau = T_p / T_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни. При хорошій організації праці в нормальних умовах експлуатації τ досягає значення 0,95.

Теоретична продуктивність орного агрегату за 1 год.:

$$W_{год} = 0.1 \cdot 0.4 \cdot 12 = 0.48 \text{ га/год.}$$

При організації роботи агрегатів прагнуть, щоб фактична продуктивність відповідала теоретичній. Для цього максимально використовують конструктивну ширину захоплення, працюють на підвищених швидкостях і якнайкраще використовують час зміни, а також організовують дво- і тризмінну роботу агрегатів, особливо в напружені періоди. Важливе значення має своєчасне проведення заходів щодо підтримки надійного технічного стану машин, строгого дотримання періодичності виконання операцій очищення, змащування, перевірки стану окремих складальних одиниць, робочих органів, передач і їх завчасних регулювань.

3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок сил, які діють на корпус плуга

Сили опору ґрунту, які переборює під час роботи корпус плуга, зображують просторову систему сил і не можуть бути приведені до однієї рівнодіючої. Однак у кожній площині проекції, тобто у горизонтальній XOY і вертикальних ZOX та ZOY , сумарну дію елементарних сил опору ґрунту зображують однією рівнодіючою силою певної величини та спрямування. Значення цих сил визначають просторовим динамометруванням плужного корпусу.

У горизонтальній площині проекції (XOY) на корпус діє сила R_{xy} (рис. 3.1), яка утворює з напрямком руху корпусу (вісь OX) кут $\varepsilon = 15 - 25^\circ$ (межі значень, які найчастіше трапляються). Точка прикладання сили визначається відстанню $l = 0,4 \cdot b$, де b – ширина захвату корпусу. Проекцію сили R_{xy} на вісь OX визначають як

$$R_x = k \cdot a \cdot b, \quad (3.1)$$

де k – питомий опір ґрунту ($k = 20-50 \text{ кН/м}^2$);

a – глибина оранки.

Для визначення проекції R_{xy} на вісь OZ використовують співвідношення між силами R_x та R_y , тобто

$$R_y / R_x = \operatorname{tg} \varepsilon,$$

або

$$R_y = R_x \operatorname{tg} \varepsilon = (0.27 \dots 0.47) R_x.$$

$$R_x = 2000 \text{ Н.}$$

$$R_y = (0.27 \dots 0.47) 2000 = 540 \dots 940 \text{ Н.}$$

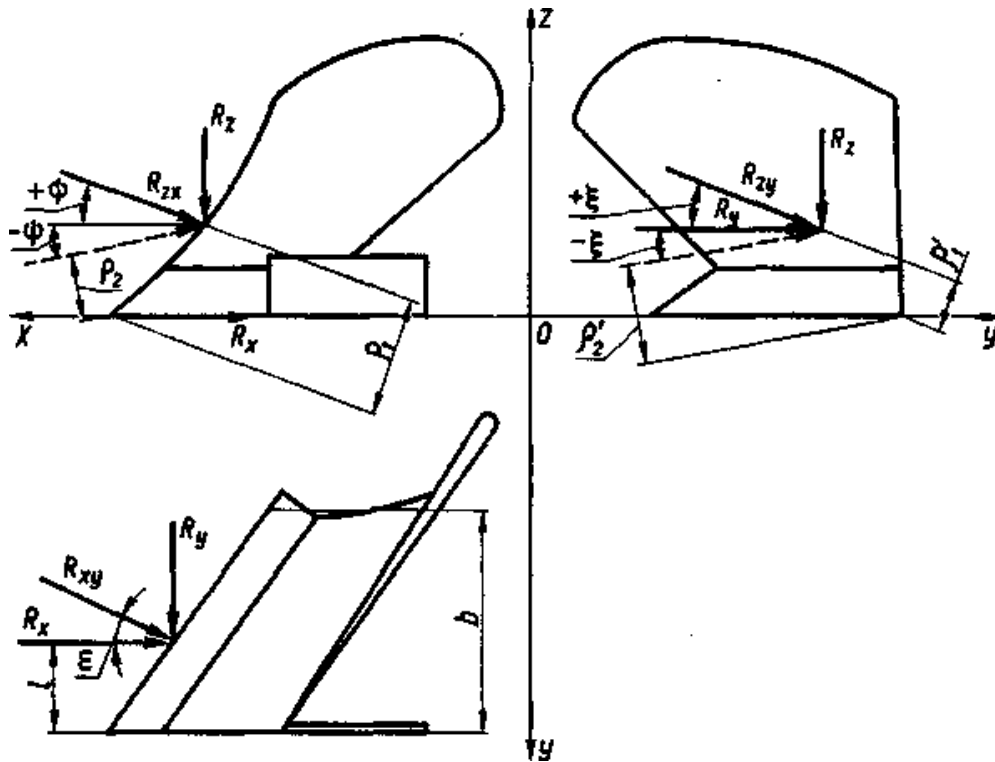


Рисунок 3.1 – Силова характеристика плужного корпусу у площинах проєкцій

Тоді

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{R_x^2 + R_x^2 \operatorname{tg}^2 \varepsilon}$$

або

$$R_{xy} = R_x \sqrt{1 + (0.27 \dots 0.47)^2} . \quad (3.2)$$

$$R_{xy} = 2000 \sqrt{1 + (0.27 \dots 0.47)^2} = 2072 \dots 2210 \text{ Н.}$$

У вертикальній площині ZOX на корпус діє сила R_{zx} , яка утворює з напрямком руху (віссю OX) кут ψ . Значення кута ψ в основному залежить від властивостей ґрунту, гостроти леза та від глибини оранки. Як розрахункове значення приймають $\psi = \pm 12^\circ$, від'ємне значення має місце при роботі на дуже важких ґрунтах.

$$R_z / R_x = \operatorname{tg} \psi \quad \text{або} \quad R_z = R_x \operatorname{tg} \psi = \pm 0.2 R_x .$$

$$R_z = \pm 0.2 \cdot 2000 = \pm 400 \text{ Н.}$$

Тоді

$$R_{zx} = R_x \sqrt{1 + tg^2 \psi} . \quad (3.3)$$

$$R_{zx} = 2000 \sqrt{1 + tg^2 (12^\circ)} = 2045 \text{ Н}.$$

Відстань від носка леміша до вектора сили R_{zx} (по висоті) дорівнює: $\rho_1 = a/2$ при $+\psi$; $\rho_1 = a/2$ при $-\psi$.

За даними випробувань машиновипробувальних станцій, стійка робота плуга спостерігається при наробітку лемішем залежно від умов оранки у середньому 25 – 50 га. Кут ψ при цьому змінюється від $+12^\circ$ до 0° . Потім плуг перестає працювати стійко, тому що леміш дуже затуплений і кут ψ стає від'ємним. Напрямок сили R_{zx} сильно відхиляється від миттєвого центра начіпки у начіпних плугів. У поперечній площині проєкцій (ZOY) на корпус діє сила R_{zy} , яка утворює з напрямком сили R_y кут ξ , який визначають співвідношенням $tg \xi = tg \varepsilon / tg \psi$. Значення сили R_{zy} дорівнює геометричній сумі сил R_z та R_y :

$$R_{zy} = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{R_x^2 tg^2 \varepsilon + R_x^2 tg^2 \psi} = R_x \sqrt{tg^2 \varepsilon + tg^2 \psi} . \quad (3.4)$$

$$R_{zy} = 2000 \sqrt{tg^2 (20^\circ) + tg^2 (12^\circ)} = 843 \text{ Н}.$$

Відстань від носка леміша до вектора сили R_{zy} буде:

$$\rho_2 = a/2 \text{ при } +\xi; \quad \rho_2 = 3a/2 \text{ при } -\xi.$$

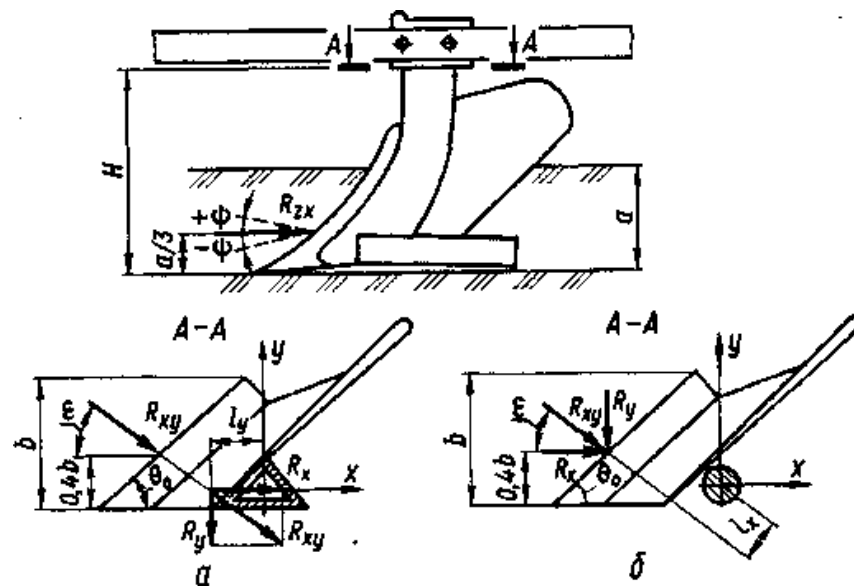
3.2. Розрахунок стійок корпусів плуга

Правильний вибір розмірів деталей забезпечує надійну роботу сільськогосподарських машин і раціональне використання металу в конструкціях. Стійка корпуса плуга, беручи участь в роботі плуга, деформується, у нього дещо змінюються лінійні та кутові розміри. В результаті деформації в матеріалі стійки виникають внутрішні сили пружності,

інтенсивність яких вимірюється нормальними і дотичними напруженнями. Стійки корпусів працюють в умовах складної деформації на згин, як консоль прямокутного перерізу, завантажені силою на вільному кінці.

На стійку закріплюють основні робочі елементи корпусу плуга, тобто леміш, полицю та польову дошку, які під час роботи сприймають зусилля від опору оброблюваного шару ґрунту. Найбільш навантажене місце стійки – під головкою кріплення її до рами, тобто у перетині $A-A$ (рис. 3.2).

Стійка корпусу розраховують на аварійне зусилля, яке одержують з тих умов, коли від максимальної сили тяги P_{Tmax} трактора віднімають середній опір усіх корпусів плуга, за винятком одного, який ніби зустрів перешкоду (підвищена щільність ґрунту чи сторонній предмет у ґрунті та ін.). Максимальне тягове зусилля трактора приймають при його мінімальній швидкості.



а – тригранна стійка; б – кругла стійка

Рисунок 3.2 – Схема для розрахунків стійки корпусу плуга

У горизонтальній площині на корпус діє сила опору R_x , яка прикладена до леза леміша на відстані $l = 0,4 b$ від стінки борозни. Лінія дії сили R_{xy} становить з напрямком руху корпусу кут $\varepsilon = 90^\circ - (\theta_0 + \varphi)$, де $\varphi = 26^\circ$ – кут тертя ґрунту об метал.

Цю розрахункову силу R_{xy} визначають за формулою:

$$R_{xy} = 1.3(P_{T \max} - (n - 1)R_x) / \cos \varepsilon, \quad (3.5)$$

де n – кількість корпусів;

R_x – сила опору одного корпусу (формула 3.5).

$$R_{xy} = 1.3(7200 - (2 - 1)2000) / \cos 20^\circ = 7194 \text{ Н.}$$

У небезпечному перетині $A-A$ стояка будуть діяти згинальні моменти

$$\begin{aligned} M_x &= R_{xy} \cdot \sin(\theta_0 + \varphi)(H - a/3); \\ M_y &= R_{xy} \cdot \cos(\theta_0 + \varphi)(H - a/3), \end{aligned} \quad (3.6)$$

та крутний момент від сили R_y :

$$M_{KP} = R_{xy} \cdot \cos(\theta_0 + \varphi)l_y. \quad (3.7)$$

$$M_x = 7194 \cdot \sin(45 + 26)(0.460 - 0.2/3) = 2675 \text{ Нм}$$

$$M_y = 7194 \cdot \cos(45 + 26)(0.460 - 0.2/3) = 921 \text{ Нм}$$

$$M_{KP} = 7194 \cdot \sin(45 + 26)0.08 = 187 \text{ Нм.}$$

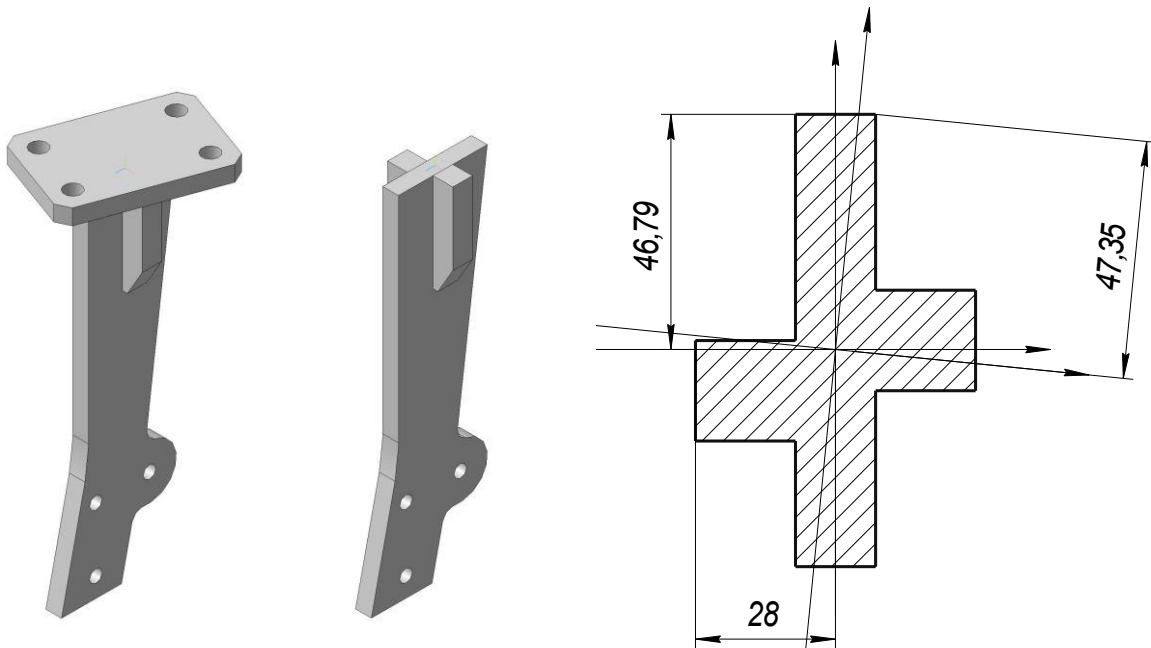


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку геометричних характеристик перетину стійки

Нормальне напруження від згинальних моментів буде:

$$\sigma_{M_x} = M_x \cdot y / J_x ; \quad \sigma_{M_y} = M_y \cdot x / J_y , \quad (3.8)$$

де x та y – відстані найвіддаленіших точок перетину від відповідних головних осей (рис. 3.3);

J_x та J_y – відповідно моменти інерції перетину стійки відносно головних осей, м^4 . $J_x = 1031523.81 \text{мм}^4$; $J_y = 316586.67 \text{мм}^4$ (рис. 3.3).

$$\sigma_{M_x} = 2675 \cdot 10^3 \cdot 46.79 / 1031523.81 = 121.4 \text{МПа};$$

$$\sigma_{M_y} = 921 \cdot 10^3 \cdot 28 / 316586.67 = 81.5 \text{МПа}.$$

Сумарне нормальне напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma = \sigma_{M_x} + \sigma_{M_y} , \quad (3.9)$$

$$\sigma = 121.4 + 81.5 = 202.9 \text{МПа}.$$

Дотичне напруження визначаємо за формулою

$$\tau = M_{KP} / W_K , \quad (3.10)$$

де W_K – момент опору перетину кручення, м^3 :

$$W_K = \frac{J_{xy}}{r} , \quad (3.11)$$

де J_{xy} - полярний момент інерції перетину, м^4 . $J_{xy} = 72000 \text{мм}^4$.

$$W_K = \frac{72000}{47.35} = 1521 \text{мм}^4.$$

$$\tau = 187 \cdot 10^3 / 1521 = 123.2 \text{МПа}.$$

Приведене напруження визначають за третьою теорією міцності

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} . \quad (3.12)$$

$$\sigma_{np} = \sqrt{202.9^2 + 4 \cdot 123.2^2} \approx 320 \text{МПа}.$$

Для зварних стійок використовують вуглецеві сталі 40, 45, 50 (ГОСТ 1050–70) та низьколеговану кремнехромову сталь 38 ХС (ГОСТ 4543–71).

3.3. Розрахунок зусилля на штоці гідроциліндра для піднімання плуга

Зусилля на штоці гідроциліндра визначаємо графоаналітичним способом. Для цього проводимо лінії дна борозни корпусу плуга, поверхні поля і лінію дна борозни передплужника. Над поверхнею поля радіусом R наводимо діаметр привідної зірочки ходової частини і намічаю центри нерухомих шарнірів 1 і 4. На висоті H від дна борозни корпусу плуга проводимо осьову лінію рами плуга і на 80 мм вище від неї лінію, на якій буде лежати точка 3 осі начіпки.

$$H = a + b + 0.8c = 200 + 200 + 0.8 \cdot 50 = 440 ,$$

де c – висота вертикальної полиці гряділя рами, $c=50$ мм.

З центра нерухомого шарніра радіусом рівним довжині поздовжньої тяги 1-3, засічкою на лінії осі начіпки фіксуємо точку 3. Фіксуємо точку 5 кінця штока гідроциліндра в робочому стані начіпки (плуг опущений). Шток повинен бути висунутий з силового циліндра на 80 мм. У цьому випадку золотник гідророзподільника встановиться в плаваючому стані і плуг має можливість копіювати нерівності поля.

Довжина ланки 1-5 (циліндр з висунутим штоком) буде дорівнювати $440+80 = 520$ мм.

Транспортне положення плуга визначається максимальним виходом штока з гідроциліндра на 250 мм (начіпка перебуває у крайньому верхньому положенні). У цьому випадку довжина ланки 1-5 буде $560+250 = 810$ мм. Ланки 2-6 і 4-7 мають змінну довжину залежно від параметрів оранки.

Слід центра ваги плуга φ_1 буде міститись на середині лінії, яка з'єднує носки крайніх лемішів, а центр ваги плуга φ (у першому положенні) буде на осьовій лінії рами плуга.

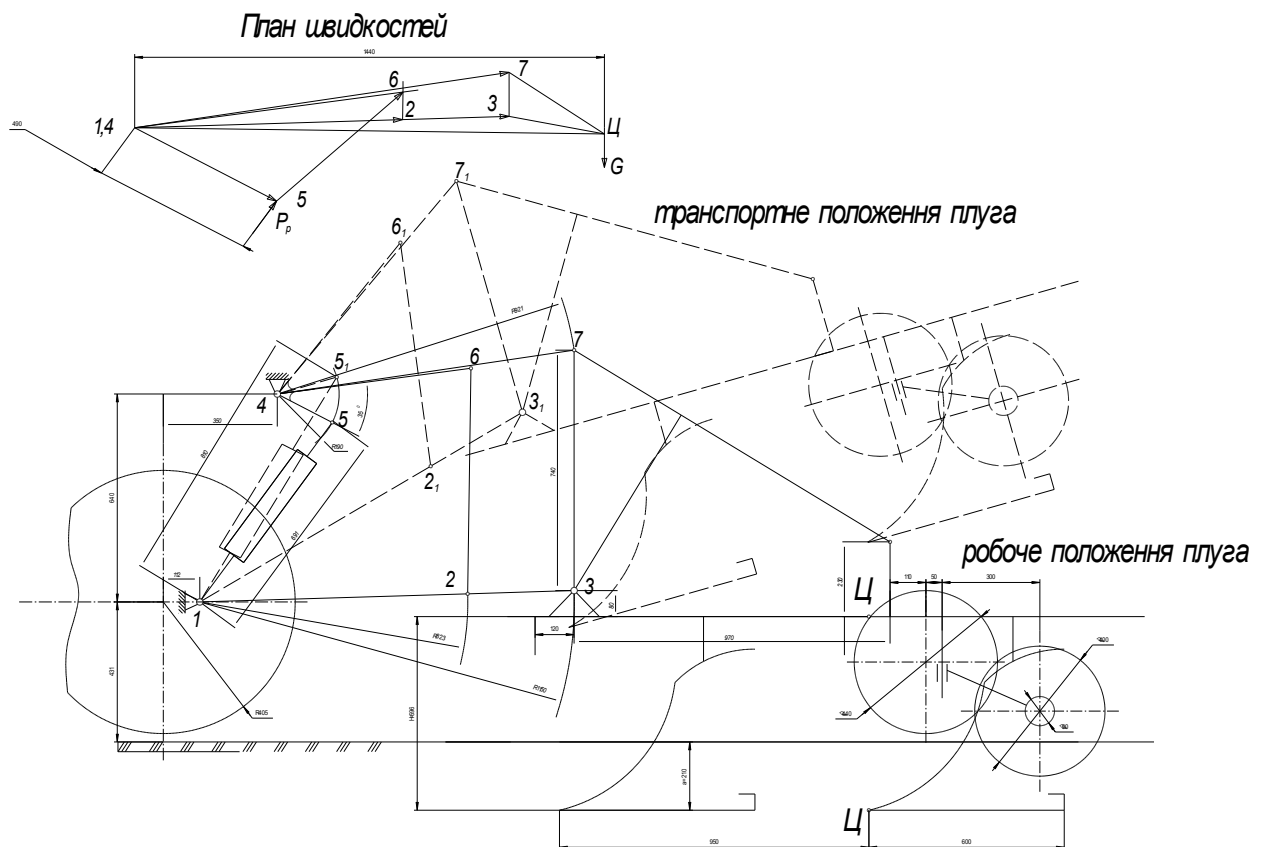


Рисунок 3.4 – Розрахунова схема для визначення зусилля на штоці гідроциліндра

Викреслюємо два механізми начіпки трактора (рис. 3.4):

- механізм начіпання плуга - 1-3 - нижня тяга, 3-7 - кронштейн плуга, 7-4 - верхня тяга, 4-1 - опорна ланка;
- механізм піднімання - 1-5 - гідроциліндр, 5-4 - кривошип, 4-1 - опорна ланка.

Визначаю зусилля P_p на штоці гідроциліндра при підніманні плуга. Зусилля, яке виникає на штоці гідроциліндра при підніманні плуга визначається графоаналітичним способом професора Н.Е. Жуковського.

Маючи план швидкостей і напрям діючих сил, визначаю зусилля піднімання плуга на штоці гідроциліндра начіпки трактора. В момент піднімання плуга з робочого положення зусилля на штоці гідроциліндра буде залежати від ваги плуга і ваги ґрунту на його корпусах G_p , кН.

$$G_p = G + G_{gp}, \quad (3.13)$$

де: G – вага плуга, кН;

G_{gp} – вага скиби ґрунту, кН, $G_{gp}=(0,8 - 1,0)G$ залежно від глибини оранки.

Згідно з планом швидкостей (рис. 3.4) зусилля на штоці гідроциліндра визначається з рівняння:

$$P_p h_p = (G + G_{gp}) L_p, \quad (3.14)$$

де: h_p, L_p – плече сили P_p і G_p відносно полюса.

Тоді

$$P_p = \frac{2 \cdot G \cdot L_p}{h_p} = \frac{2 \cdot 650 \cdot 1440}{490} = 3820 \text{ Н}.$$

Визначаємо тиск p мастила в гідросистемі трактора, необхідний для піднімання плуга за формулою

$$p = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 3820}{3,14 \cdot 110^2} \approx 2 \text{ МПа},$$

де: P – зусилля, що діє на шток гідроциліндра, Н;

D – діаметр силового циліндра, м. Для гідроциліндра ЦС-50, $D=50$ мм.

3.4. Комп'ютерне моделювання малогабаритного плуга

Рама малогабаритного плуга є несучою частиною конструкції, яка призначена для кріплення робочих органів і механізмів, які забезпечують роботу плуга.

Для аналізу напружено-деформованого стану конструкцій машин на даний час широко використовуються сучасні інженерні програми моделювання геометрії та навантаженості вузлів, основані на методі скінченних елементів.

Найбільш доступною та ефективною програмою для інженерного аналізу є система тривимірного моделювання SolidWorks. Модель

малогабаритного плуга, виконана в системі тривимірного твердотільного моделювання SolidWorks, показана на рис. 3.5.

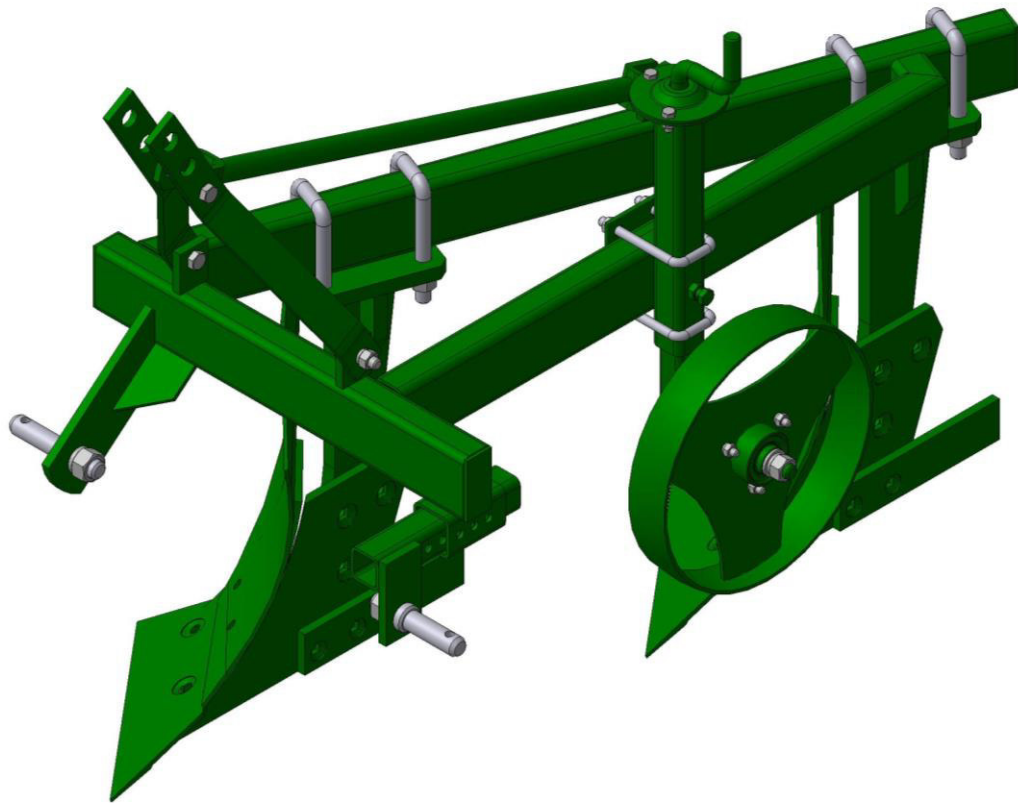


Рисунок 3.5 – 3D-модель малогабаритного плуга

Проведемо розрахунок на міцність рами малогабаритного плуга при виконанні технологічного процесу.

При виконанні технологічного процесу малогабаритний плуг агрегується з трактором тягового класу 0,8 та кріпиться до гідроначіпки трактора за допомогою двох нижніх та одного верхнього кронштейна. На раму будуть діяти навантаження від плужних корпусів та зусилля від власної ваги. Ці навантаження зрівноважуватимуться опорним колесом та начіпкою трактора.

Розрахунок рами проводимо у модулі Simulation системи тривимірного моделювання Solid Works в такій послідовності.

Завантажуємо твердотільну модель рами плуга у розрахунковий модуль та вибираємо задачу статичного розрахунку (рис. 3.6, а).

Наносимо сітку скінченних елементів (рис. 3.6, б).

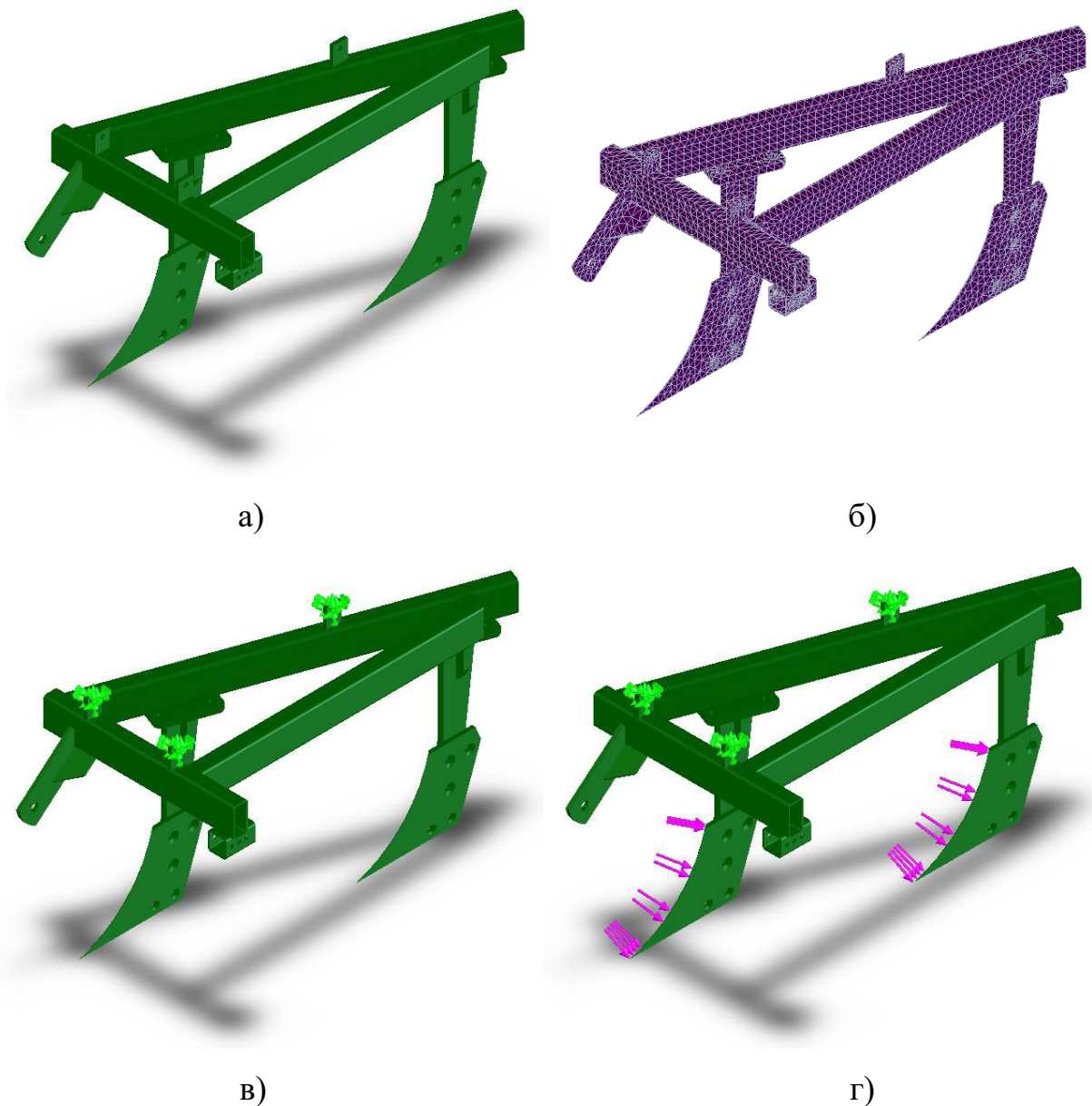


Рисунок 3.6 – Підготовка твердотільної моделі рами плуга до розрахунку:

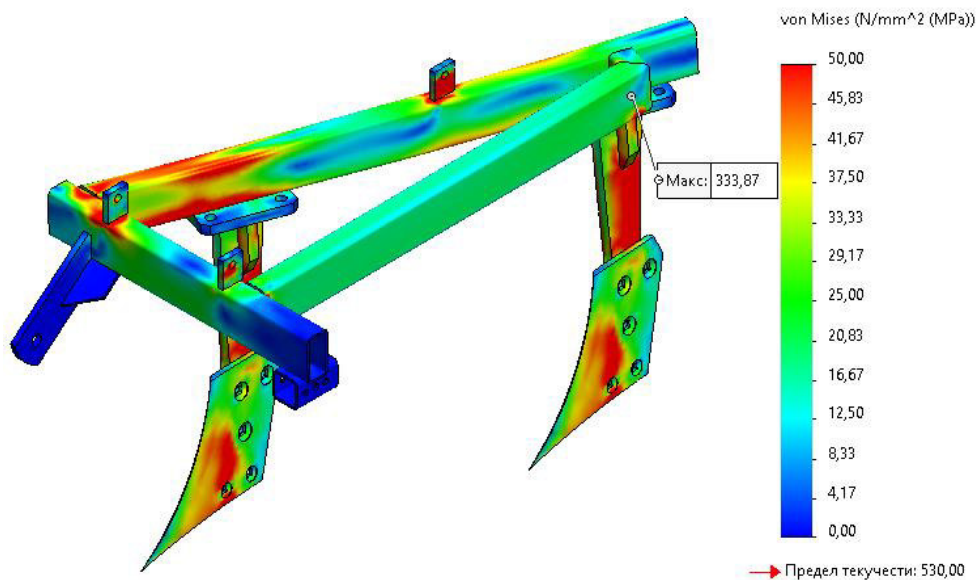
а – модель рами плуга; б – модель рами з сіткою скінченних елементів;

в – умови закріплення рами; г – зовнішнє навантаження на раму.

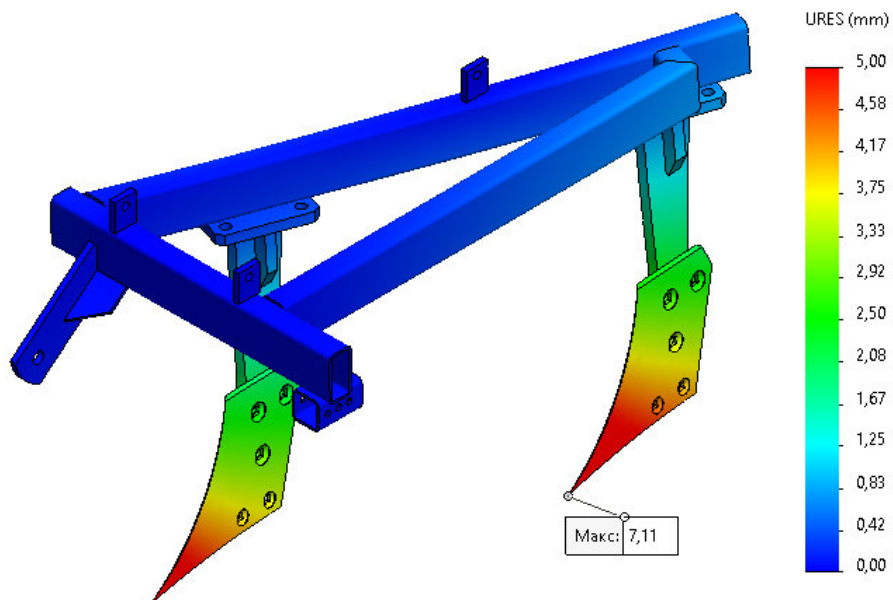
Задаємо умови защемлення на кріпильних кронштейнах (рис. 3.6, в).

Задаємо зовнішні силові фактори, що діють на раму плуга – зусилля $R_x = 2000\text{H}$ на плужному корпусі (рис. 3.6, г).

Проводимо розрахунок напружено-деформованого стану рами малогабаритного плуга. Результати розрахунку подано на рис. 3.7.



а)



б)

а – напруження у рамі; б – переміщення точок рами

Рисунок 3.7 – Результати розрахунку моделі рами

За результатами розрахунку бачимо, що максимальні напруження виникатимуть в місці кріплення стояка корпусу плуга до рами $\sigma_{max} \approx 334$ МПа, що добре корелює з напруженням $\sigma = 320$ МПа, отриманому в п. 2.6.

Максимальне переміщення 7,11 мм спостерігається в носка леміша плуга.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Техніка безпеки при експлуатації малогабаритного плуга

Конструкція малогабаритного плуга повинна відповідати вимогам ДСТУ 2189–93. “Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки”, який встановлює загальні вимоги щодо забезпечення безпеки праці при використанні навісних і причіпних машин, їх транспортуванні та зберіганні і загальні ергономічні вимоги до робочого місця оператора.

Конструктивне виконання машин та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з урахуванням: загальних вимог безпеки згідно ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002: пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004 та „Загальними правилами пожежної безпеки для об’єктів сільськогосподарського виробництва”, біологічної безпеки за ГОСТ 12.1.008; вимог до знаків безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026; вимог до загородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації згідно з ГОСТ 12.2.042.; ергономічних вимог згідно з ГОСТ 12.2.049.

Кути поперечної статичної стійкості повинні бути:

- для машин у агрегаті з енергетичним засобом – не менше 30° для машин, виконаних на базі тракторних причіпів та напівпричіпів згідно з ГОСТ 10000-75;
- сільськогосподарський агрегат з колісним енергозасобом (ЕЗ) повинен мати навантаження на керовані колеса не менше 0,2 від експлуатаційної маси ЕЗ.

Зміщення центру тиску відносно середини поверхні опорної гусениці сільськогосподарського агрегата (СГА) на базі гусеничного ЕЗ не повинно перевищувати 0,2 довжини опорної поверхні гусениць. Для забезпечення поздовжньої стійкості і необхідного навантаження на керовані колеса

допускається встановлення баластних вантажів, маса кожного не повинна перевищувати 20 кг.

Наявність на причіпних, напівпричіпних машинах робочих та стоянкових гальм повинна бути встановлена у технічних вимогах. Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не менше 18%.

Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причіпів або напівпричіпів є обов'язковим.

Машини, ширина яких перевищує габарит енергозасобу, повинні бути устатковані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного, передні – білого кольорів. Розташування їх на машині – згідно з ГОСТ – 8769.

Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи продукції машини кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних в окружність діаметром 100 мм.

Допускається також нанесення на елементи конструкції машини чергування червоних та білих або жовтих та чорних смуг під кутом 45 ° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм. Вони також можуть наноситися на сигнальні щити не менше 250×250 мм.

Смуги та фігури повинні бути виконані із світловідбивних матеріалів (фарба, плівка та інше).

Машини, які при агрегуванні з енергозасобами закривають прилади світлової сигналізації енергозасобу, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації.

На машинах типу причіпів або напівпричіпів ззаду зліва повинен бути нанесений знак обмеження максимальної швидкості. Кольорове зображення знака згідно з ГОСТ 10807; діаметр – від 160 до 250 мм, ширина кайми – 1/10 діаметра; на цих машинах повинна бути зазначена гранична вантажопідйомність.

Машини повинні мати місця стропування і, при необхідності, для встановлення домкратів. Повинні бути позначені фарбою, відмінною від загального фону машини.

Навісні машини повинні мати швидкоз'єднуючі зчіпні пристрої. У технічно обґрунтованих випадках швидкоз'єднуючі зчіпні пристрої допускається не з'єднувати.

Конструкція машин повинна забезпечувати можливість їх навішування та приєднання до ЕЗ одним оператором. Виняток обумовлюється в технічних умовах на машину.

Причіпні та напівпричіпні машини повинні мати жорсткі причіпні пристрої.

Машини, які призначені для роботи в гірських умовах, повинні бути устатковані зчіпною петлею, яка обертається навколо своєї поздовжньої осі.

Машини та робочі органи повинні бути устатковані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Машини з перекидними кузовами повинні бути устатковані приладами для фіксації кузова у піднятому положенні (на одну із сторін або назад).

Машини, які працюють з соломистими та іншими легкозаймистими матеріалами, повинні устатковуватись приладами для кріплення серійних засобів пожежогасіння: одного вогнегасника (порошкового або вуглекислого типу), штикової лопати та швабри. Окрім цього заправник скрапленого аміаку повинен мати окреме місце для кріплення бачка для води ємністю не менше 10 л.

Місця встановлення засобів пожежогасіння повинні біти легкодоступними та забезпечувати їх знімання без застосування інструменту.

Карданні вали передачі крутного моменту від валу відбору потужності ЕЗ до валу прийому потужності ЕЗ повинні відповідати вимогам ГОСТ 13758.

Зовнішні поверхні усіх захисних засобів приводів та карданів повинні бути пофарбовані у сигнальний колір: червоний або жовтий.

Допускається, замість суцільного фарбування, нанесення 3–4 смуг сигнального кольору – з кутом 45° на поверхні плоских захисних засобів.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні бути обладнані: площадками, підніжками, поручнями, сидіннями, тентом або, по вимозі замовника – кабіною.

Ширина робочої площадки оператора повинна бути не менше 600 мм, довжина – не менше 1000 мм.

Основа площадок, сходиця – підніжки повинна бути виконана з матеріалів, які забезпечують протиковзання.

Робоче місце оператора повинно бути захищено від викидання ґрунту з-під коліс та робочих органів машини.

Місця обслуговування машин повинні знаходитися на висоті від 700 до 1300 мм від опори ніг оператора.

У технічно обґрунтованих випадках допускається збільшення цього розміру.

Загальне число робочих рухів операторів на хвилину не повинно перевищувати 25.

Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні мати систему звукової сигналізації для зв'язку з оператором ЕЗ. Рівень звуку звукового сигналу повинен бути на 8 дБ вище рівня звуку зовнішнього шуму від роботи самого агрегату.

На видних місцях елементів конструкції машин повинні бути написи, або закріплені таблички з написами безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки та щодо розміщення важелів керування.

4.2. Керування безпекою життєдіяльності

Основною задачею керування безпекою життєдіяльності є підвищення рівня безпеки об'єкту чи системи об'єктів. Правильна постановка задачі при розробці проектів вимагає, щоб уже на стадіях проектування об'єкта чи системи були включені елементи, які виключають реалізацію небезпеки. Однак це не завжди можливо. У тому випадку, якщо виявлену небезпеку неможливо виключити цілком, необхідно знизити можливість ризику до припустимого рівня, тобто мінімізувати імовірність появи небезпеки. Досягти цього можливо різними шляхами. Так, наприклад, реальними шляхами керування безпекою життєдіяльності є введення мір таких напрямів:

- організаційно-управлінського характеру, у тому числі і контроль за рівнем безпеки;
- навчання людей з питань безпеки;
- стимулювання безпечної роботи і відповідного поведіння;
- удосконалювання технічних систем і об'єктів;
- розробка і використання спеціальних засобів захисту;
- заміна небезпечних операцій іншими – менш небезпечними.

Кожен з перерахованих напрямків має свої переваги і недоліки. Тому на практиці, як правило, для підвищення рівня безпеки об'єкта завжди використовується комплекс цих заходів. Вибір заходів виконується з використанням порівняльного аналізу витрат на заходи й ефектом від рівня зниження збитку, що очікується в результаті їхнього введення.

Такий підхід до рішення задачі зменшення ризику прояви небезпеки називається *керуванням ризиком*.

Слід зазначити, що описаний підхід до керування ризиком через економічний показник, як і метод установлення гранично допустимих рівнів негативних з урахуванням економічних показників факторів є недостатньо повним.

Важливу роль у цьому випадку грає оцінка ступеня небезпеки процесу, пов'язана з визначенням і контролем ризику в процесі існування об'єкта, роботи виробництва. Виявлену об'єктивну можливість впливу конкретного блоку, технологічної операції на рівень безпеки систем чи об'єктів висувують на перший план при розробці методів і засобів керування безпекою.

Під керуванням БЖД розуміють організований вплив на систему «людина – середовище існування» з метою досягнення заданих позитивних результатів. Керувати БЖД – це значить практично реалізувати можливість переводу об'єкта з одного небезпечного стану в інший – менш небезпечний. При цьому повинні дотримуватися об'єктивної умови економічної і технічної доцільності такої операції.

Задача керування безпекою є багатокomпонентною. У зв'язку з цим для її успішного рішення необхідний системний підхід. У даному випадку вимоги системності полягають у виборі необхідного і достатнього числа компонентів, якими визначається безпека об'єкта.

Принципи *системного аналізу* полягають у дотриманні наступних основних положень:

Постановка задачі – повинна починатися з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей. При цьому проблему необхідно розглядати як єдине ціле.

Аналіз альтернативних шляхів досягнення цілей. Вибір найбільш раціонального шляху з технічних, екологічних, економічних і др. позицій.

Аналіз сполучності основної та другорядних цілей. Основним положенням, яке повинно виконуватися при цьому є умова, щоб другорядні цілі не знаходились в конфлікті із загальною метою. При цьому мета повинна задовольняти вимогам реальності, предметності, кількісній визначеності, адекватності, необхідній ефективності та ступеню контрольованості.

Перший етап – постановка задачі (*етап формувань цілей*) є найбільш складним у керуванні безпекою. Він повинний реалізовуватися з використанням принципів системного аналізу. Ціль необхідно розглядати як

ієрархічне явище, яке підкоряється конкретній кінцевій меті. Вона підрозділяється на підцілі, що ранжуються по ступені важливості, ступеню впливу на рівень безпеки.

Вимоги безпеки, повинні враховуватися на всіх стадіях циклу, а саме: при науково-дослідній роботі над проектом, розробці наукового проекту, на етапі дослідно-конструкторської роботи, на етапі реалізації проекту, при його іспитах, на стадії виробництва, транспортування, експлуатації, при модернізації і реконструкції об'єкта, його консервації і ліквідації.

Розглядаючи керування, як процес, у загальному випадку можна сформулювати наступний алгоритм його реалізації стосовно до безпеки життєдіяльності (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Алгоритм керування безпекою життєдіяльності антропогенної системи

При рішенні задач забезпечення безпеки життєдіяльності, виділяють наступні основні аспекти:

- світоглядний;

- правовий;
- організаційно-оперативний;
- технічний;
- ергономічний;
- екологічний;
- фізіологічний;
- медичний;
- соціальний;
- психологічний;
- виховний;
- економічний.

Відповідно до цих аспектів, існують і відповідні засоби керування БЖД.

До них, зокрема, відносяться:

- фахова освіта населення;
- професійне навчання;
- професійний добір;
- технічні й організаційні засоби колективного захисту, засоби індивідуального захисту;
- психологічні впливи на суб'єкти керування;
- раціоналізація режимів праці і відпочинку;
- виховання культури безпечного поведіння;
- система заохочень, пільг і компенсацій населенню і працюючим.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Малогабаритні ґрунтообробні машини, зокрема плуги, мають вагоме соціально-економічне значення для розвитку малих фермерських господарств, які становлять значну частину аграрного сектору України. Їх застосування забезпечує зростання продуктивності праці, покращення якості обробітку ґрунту, зниження експлуатаційних витрат і трудомісткості агротехнічних операцій. Простота конструкції, невисока вартість, ремонтпридатність і енергоощадність роблять такі знаряддя особливо цінними для господарств із обмеженими технічними та фінансовими ресурсами.

Актуальність використання малогабаритної техніки підтверджується статистичними даними: за інформацією Державного комітету статистики України, понад половина сільськогосподарських підприємств країни (58,5 %) обробляє площі, що не перевищують 50 га. Серед них значну частку становлять господарства з ділянками 1–10 га, які потребують компактних, універсальних і простих у використанні машин, адаптованих до дрібноконтурного землеробства, гірських і прикарпатських районів, а також до умов приватного землеволодіння.

Плуг запропонованої конструкції повністю відповідає цим вимогам. Його особливістю є застосування штампо-зварних деталей, що спрощує процес виготовлення та значно полегшує ремонт у польових умовах. Повністю розбірна конструкція сприяє зручному транспортуванню і зберіганню знаряддя, а регульований лівий кронштейн націпки дає змогу точно налаштувати кут входження лемеша у ґрунт відповідно до конкретних умов роботи.

Компактні розміри та мала ширина захвату роблять можливим ефективно застосування плуга не лише на відкритих земельних ділянках, а й у теплицях, парниках, міжряддях садів і виноградників. Це значно розширює сферу його застосування, підвищує гнучкість агротехнологій і дає змогу повністю реалізовувати потенціал малогабаритної сільськогосподарської техніки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
2. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. Конструювання лінійчатої поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частинки по ній. // Науковий вісник НАУ.–К. 2002. Вип.49, с.68–74.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП ПаляницяВ.А.,2022. 220 с.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
7. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
8. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. - № 2. – С. 92 – 108.
9. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. – 47 с.

10. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
11. Підгурський М. Особливості дослідження напружено-деформівного стану будівельних сталевих перфорованих балок методом скінчених елементів / М. Підгурський, І. Підгурський, М. Сташків, В. Ігнат'єва, С. Данильченко, Д. Биків, О. Підлужний // Вісник ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – Том 111. – № 3. – С. 126 – 138.
12. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
13. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
14. Практикум з ремонту машин / Сідашенко О.І., Скобло Т.С., Войтов В.А. та ін. / За ред. О.І. Сідашенка та О.В. Тихонова. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – 415 с.
15. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
16. Примак І.Д. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін. / За ред. І.Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
17. Рибак Т., Підгурський М., Сташків М.. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. – С. 6-9.
18. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. 332 с.
19. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний

- міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
20. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
21. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
22. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
23. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
24. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
25. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
26. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
27. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
28. Stashkiv, Mykola & Matsiuk, Oleksandr (2021) nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2021 (ITTAP 2021). Vol-3039. 192-205.

ДОДАТКИ