

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Тертерян Роман Самвелович

УДК 631.31

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
КОРПУСА ПЛУГА ПЛН-3-35

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Тертерян Р.С.

Керівник роботи

Грабар І.Г.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Тертерян Роман Самвелович. Обґрунтування конструктивних параметрів корпусу плуга ПЛН-3-35. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В магістерській роботі встановлено, що запропонована конструкція корпусу плуга забезпечує високу ефективність обробітку ґрунту, зокрема, ступінь подрібнення та обертання пласта, що запобігає переущільненню підорного горизонту та водній ерозії під час обробітку схильних полів. Розпушування пласта ґрунту виконується, як зазначалося, в діапазоні від 10 до 30 см на ґрунтах із твердістю до 4 МПа, при цьому обробіток ґрунту рівноцінний двом проходам важкими дисковими бородами типу БДТ.

В результаті проведення досліджень встановлено, що розроблений корпус плуга забезпечує якісну гладку оранку порівняно із серійними робочими органами: зниження гребнистості поверхні ріллі на 21,0%; підвищення продуктивності плуга на 5,5%; зниження погектарної витрати палива на 11,1%; зменшення тягового опору на 10%.

Застосування модернізованих робочих органів на плузі ПЛП-3-35 дає змогу підвищити його продуктивність, знизити енерговитрати за найкращих агротехнічних показників якості обробітку ґрунту. Впровадження плуга з удосконаленими робочими органами в сільськогосподарському виробництві економічно доцільне.

Ключові слова: плуг, корпус, оранка, енергоефективність, моделювання, процес.

ANNOTATION

Terterian Roman Samvelovych. Substantiation of design parameters of the plow body ПЛН-3-35. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.
– Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In the master's thesis, it was found that the proposed design of the plow body ensures high efficiency of tillage, in particular, the degree of crushing and rotation of the layer, which prevents over-compaction of the subsoil horizon and water erosion during the cultivation of sloping fields. Loosening of the soil layer is carried out, as noted, in the range from 10 to 30 cm on soils with a hardness of up to 4 MPa, while tillage is equivalent to two passes with heavy disk harrows of the БДТ type.

As a result of the research, it was found that the developed plow body provides high-quality smooth plowing compared to serial working bodies: reduction of the ridged surface of the arable land by 21.0%; increase in plow productivity by 5.5%; reduction of fuel consumption per hectare by 11.1%; reduction of traction resistance by 10%.

The use of modernized working bodies on the ПЛН -3-35 plow makes it possible to increase its productivity and reduce energy consumption while maintaining the best agronomic quality of tillage. The introduction of a plow with improved working bodies in agricultural production is economically feasible.

Keywords: plow, body, plowing, energy efficiency, modeling, process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУЖНИХ КОРПУСІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПАРАМЕТРІВ КОРПУСА ПЛУГА ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ.....	20
РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГЕТИЧНА ТА АГРОТЕХНІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ ПЛУГІВ ІЗ МОДЕРНІЗОВАНИМИ ТА СЕРІЙНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ.....	32
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах інтенсивного сільськогосподарського виробництва підвищення ефективності обробітку ґрунту є важливим завданням для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору. Одним із основних процесів у технології вирощування сільськогосподарських культур є оранка, яка здійснюється плугами різних конструкцій. Корпус плуга є основним робочим органом, що визначає якість обробітку ґрунту, енергетичні витрати та продуктивність виконання технологічного процесу.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарської техніки виникає необхідність удосконалення конструктивних параметрів корпусів плугів, зокрема плуга ПЛН-3-35, який широко використовується в господарствах. Раціональний вибір конструктивних параметрів забезпечує оптимальні умови для виконання оранки з мінімальними енергетичними витратами, високою якістю обробітку ґрунту та ефективністю використання тракторного агрегату.

Удосконалення корпусів плугів спрямоване на поліпшення основних показників: зменшення опору під час оранки, підвищення якості перевертання і кришення ґрунту, зменшення зносу робочих поверхонь та забезпечення тривалої роботи плуга у складних умовах. Врахування агротехнічних вимог до обробітку ґрунту, а також оптимізація параметрів корпусу плуга дозволяє забезпечити ефективну роботу агрегату, що є актуальним як у виробничій, так і науковій діяльності.

Мета та завдання дослідження.

Метою дослідження є обґрунтування конструктивних параметрів корпусу плуга ПЛН-3-35 для забезпечення оптимальних показників якості оранки та зменшення енергетичних витрат під час роботи на різних типах ґрунтів.

Завдання дослідження:

- проаналізувати існуючі конструкції корпусів плугів та їх робочі параметри;
- визначити вплив конструктивних особливостей корпусу плуга на якість обробітку ґрунту;
- розробити методику обґрунтування оптимальних параметрів корпусу плуга ПЛН-3-35;
- виконати розрахунки та обґрунтувати конструктивні параметри корпусу плуга для роботи в різних ґрунтових умовах;
- дослідити вплив оптимізованих параметрів корпусу на зменшення тягового опору та покращення якості оранки.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії корпусу плуга ПЛН-3-35 із ґрунтом під час оранки.

Предмет дослідження – конструктивні параметри корпусу плуга та їх вплив на якість і енергоефективність виконання технологічного процесу.

Методи дослідження. У роботі використано методи теоретичного аналізу, математичного моделювання, експериментальних досліджень, інженерних розрахунків та економічного обґрунтування результатів.

Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні оптимальних конструктивних параметрів корпусу плуга ПЛН-3-35, що забезпечують зниження тягового опору та покращення якості обробітку ґрунту.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості впровадження удосконаленої конструкції корпусу плуга ПЛН-3-35 у виробничих умовах, що дозволяє підвищити ефективність роботи сільськогосподарських агрегатів та знизити енергетичні витрати на виконання оранки.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Денесюк В. В., Тертерян Р. С. Системний підхід до підвищення надійності ґрунтообробних машин і знарядь. Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції

науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 24 - 25 жовтня 2024 р., Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2024. С. 157-158.

2. Савченко В. М., Денесюк В. В., **Тертерян Р. С.** Аналіз застосування конструктивних способів підвищення надійності ґрунтообробних машин і знарядь. Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. С. 51-55.

3. **Тертерян Р. С.** Структурні зміни при функціонуванні трибосистеми «робочий орган - ґрунт». Студентські читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 29-31.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 270 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 10 рисунків та 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЛУЖНИХ КОРПУСІВ

1.1. Класифікація та порівняльний аналіз лемішних плугів

Лемешні плуги є основними знаряддями для обробітку ґрунту в сільськогосподарському виробництві. Вони забезпечують виконання основної операції – оранки, що включає перевертання і кришення ґрунтового шару для підготовки ґрунту до сівби. Залежно від конструктивних особливостей, технічних характеристик та області застосування, лемешні плуги можна класифікувати наступним чином:

За призначенням:

Загального призначення – використовуються для обробітку основної частини орних земель.

Спеціальні плуги – для оранки на схилах, перезволожених ґрунтах або земель, що потребують особливого обробітку (наприклад, плуги для плантажної оранки).

Лісові плуги – для підготовки ґрунту під лісові насадження.

За способом агрегування:

Навісні – кріпляться до навісної системи трактора (найпоширеніші для невеликих і середніх господарств).

Напівнавісні – частково спираються на ґрунт за допомогою опорного колеса.

Причіпні – агрегуються за допомогою причіпного пристрою, зазвичай використовуються з тракторами великої потужності.

За конструктивними особливостями:

Однокорпусні – мають один робочий корпус (використовуються на невеликих ділянках).

Багатокорпусні – мають кілька робочих корпусів для збільшення ширини захвату.

Обертальні (реверсивні) – дозволяють здійснювати оранку в обох напрямках, завдяки обертанню корпуса плуга.

За глибиною обробітку:

Звичайні плуги – для середньої глибини обробітку ґрунту (20-30 см).

Планижні плуги – для глибокої оранки (до 50-70 см).

Поверхневі плуги – для мінімального обробітку (до 10-15 см).

За типом робочого органа:

Лемешно-полицеві плуги – найпоширеніші, забезпечують підрізання, перевертання та кришення ґрунту.

Дискові плуги – для обробітку перезвожених і важких ґрунтів, де застосування лемешних плугів є неефективним.

Для вибору оптимальної конструкції плуга необхідно провести порівняльний аналіз основних видів лемешних плугів за такими критеріями:

Продуктивність – визначається шириною захвату плуга та швидкістю агрегату.

Енергетичні витрати – витрати тягової сили на один гектар обробітку.

Якість оранки – ступінь перевертання і кришення ґрунту, дотримання агротехнічних вимог.

Надійність і довговічність – ресурс робочих органів плуга (лемеша, полиці) до зносу.

Лемішно-полицеві плуги є традиційними інструментами для основного обробітку ґрунту. Вони забезпечують якісне підрізання, перевертання і кришення ґрунту.

Переваги: висока якість оранки, універсальність використання на різних ґрунтах.

Недоліки: значні енергетичні витрати, знос робочих органів при обробітку важких і кам'янистих ґрунтів.

Обертальні плуги є сучасною модифікацією лемешно-полицевих плугів. Вони дозволяють виконувати оранку в обох напрямках без формування гребенів і борозен.

Переваги: зменшення часу на холості переїзди, покращення якості обробітку.

Недоліки: складність конструкції, вища вартість порівняно з традиційними плугами.

Дискові плуги застосовуються для обробітку важких, перезвожених або зарослих ґрунтів. Вони використовують обертові диски замість лемеша і полиці.

Переваги: низький опір руху, можливість роботи на складних ґрунтах.

Недоліки: недостатнє перевертання ґрунту, нижча якість оранки на легких ґрунтах.

У сучасних умовах особлива увага приділяється підвищенню ефективності роботи плугів та зниженню енергетичних витрат на оранку. Основні напрями удосконалення лемешних плугів включають:

Застосування нових матеріалів – використання зносостійких сталей і покриттів для збільшення ресурсу робочих органів.

Поліпшення аеродинамічної форми полиці – зниження опору руху плуга.

Оптимізація конструктивних параметрів – підбір оптимального кута атаки лемеша і полиці для різних типів ґрунтів.

Впровадження обертальних механізмів – для підвищення продуктивності і якості оранки на великих площах.

Автоматизація налаштування робочих органів – використання систем точного землеробства для керування глибиною обробітку та контролю якості виконання процесу.

1.2 Напрями вдосконалення плужних корпусів

Основний обробіток ґрунту має вирішальне значення на проведення та ефективність подальших операцій з його обробітку, необхідних для надання йому стану готовності до сівби та посадки сільськогосподарських культур. Незважаючи на досягнуті успіхи в розробці ґрунтообробних знарядь, оранка як один зі способів основного обробітку ґрунту, як і раніше, відіграватиме основну роль в обробітку ґрунту. Відповідно до досліджень ННЦ «ІМЕСГ» оранка має займати 50 % і чергуватися в сівозміні за роками з чизелюванням, яке також займатиме 50 % [1].

В Ураїні в післяперебудовний період виконано велику роботу зі створення вітчизняних плугів. На провідних підприємствах освоєно виробництво плугів нового покоління, яке, як показують порівняльні випробування, за основними експлуатаційними та енергетичними показниками наближається до найкращих зарубіжних аналогів [2]. Однак, незважаючи на всі переваги, плуги, що випускаються нині, ще не відповідають повною мірою вимогам оранки для умов України.

Якість та енергоємність процесу оранки головним чином залежить від форми лемішно-відвальної поверхні корпусів плуга, які мають відповідати умовам їхньої експлуатації [1-8].

Водночас номенклатура корпусів до плугів, що випускаються в республіці, обмежена. У результаті не забезпечується необхідна якість оранки в різних виробничо-кліматичних умовах, наприклад: на сухих і вологих мінеральних і торф'яних ґрунтах, на схилових землях. У зв'язку з цим для обґрунтування типів корпусів плуга, адаптованих до ґрунтово-кліматичних, технологічних і виробничих умов Республіки Білорусь, необхідно виконати аналіз тенденцій вдосконалення відвально-лемешних поверхонь корпусів плуга [1-8].

Для зниження енергоємності та підвищення якості оранки у світовій практиці плугозборювання накопичилася велика низка технічних рішень щодо вдосконалення відвально-лемешних поверхонь корпусів плуга, спрямованих на оптимізацію їхніх геометричних параметрів, розширення номенклатури випущених корпусів, зниження тягового опору, розширення останньої борозни.

Оптимізацію геометричних параметрів залежно від швидкості та ґрунтових умов можна провести двома шляхами: створенням плужного корпусу з регульованими параметрами та розробленням змінних корпусів із постійними параметрами. Однак конструктори нині віддають перевагу другому напрямку. Перший напрямок має той недолік, що зміна параметрів лемішно-відвальної поверхні шляхом регулювань в одних випадках призводить до погіршення обороту пласта і подрібнення, в інших випадках - до збільшення тягового опору. Тому найперспективнішим є створення конструкції плужного корпусу з постійними параметрами лемішно-відвальної поверхні для роботи в широкому діапазоні ґрунтових умов. Однак це складне завдання, і поки що його практичного розв'язання не знайдено [7-9].

Аналіз виробництва плугів провідних зарубіжних фірм показує, що для підвищення якості оранки в різних умовах експлуатації кожна з них випускає великий (5-10 і більше) типорозмірний ряд змінних корпусів. Номенклатура корпусів провідних фірм охоплює корпуси з різною формою лемішно-відвальної

поверхні (циліндричної, культурної, напівгвинтової, гвинтової, ромбоподібної) та конструкцією відвалу (цільного, складеного, смугового) [6-10].

Основними функціями оранки є: повне закладення рослинних решток, подрібнення пласта та вирівняність оранки. Однак жоден відомий тип корпусу окремо не задовольняє цим вимогам. Корпус із циліндричним відвалом краще за інших забезпечує подрібнення ґрунту, але гірше обертає пласт і закладає рослинні рештки. Гвинтовий відвал навпаки - краще за інших обертає пласт, але гірше кришить. У зв'язку з цим творці плугів шукали компроміс у напівгвинтовому відвалі з вуглоснімом або в культурному - з передплужником.

Однак останніми роками у світовому плугобудуванні, коли з'явилися енергонасичені трактори, що забезпечують вищі швидкості оранки, розроблено спеціальні пристосування до плугів для додаткового обробітку пласта. Крім того, змінилося і ставлення до різних типів корпусів. Для роботи на найпоширеніших фонах на перше місце висунуто корпус із гвинтовою відвально-лемешною поверхнею. Це пояснюється низкою його переваг перед іншими. Корпуси з гвинтовою робочою поверхнею краще за інших виконують основну функцію плуга - закладення рослинних решток, що пояснюється вищим ступенем оборотності пласта. Позитивним є й те, що корпуси з гвинтовим відвалом здатні працювати в широкому діапазоні швидкостей без суттєвого погіршення обертання пласта. Щодо подрібнення пласта, то з появою ефективних приставок до плугів для додаткового оброблення пласта ця функція корпусу стала менш значущою. Таким чином, освоєний і застосовуваний у країні корпус на кшталт корпусу № 9 фірми Kverneland (Німеччина) з гвинтовим відвалом є типовим і основним корпусом, яким оснащуються плуги провідних фірм Європи. Для покращення якості кришення, наприклад, фірма Kuhn (Німеччина) пропонує корпуси для оранки на глибину від 15 до 30 см із гвинтоподібним циліндричним відвалом. Такі корпуси мають циліндричну форму передньої та гвинтоподібну

форму задньої частини відвалу, що забезпечує поряд з гарним закладенням рослинних залишків і часткове фарбування ґрунту [6-10].

Однією з тенденцій удосконалення корпусу плуга під час оранки тракторами з широкими колесами є розширення останньої борозни. З цією метою фірма Kverneland пропонує відвал № 28, який переміщує ґрунт далі від польової дошки, а отже, збільшує ширину дна борозни. При цьому ширина дна борозни, порівняно з відвалом № 9, збільшується на 25 %, що дозволяє використовувати трактори з шириною шин до 710 мм і працювати в борозні без ущільнення попередньої борозни. Даний відвал призначений для роботи на глибину від 15 до 30 см. Порівняно з відвалом № 9 він довший, а тому створює більш плоский профіль, що забезпечує більш якісну подальшу обробку ґрунту, а також добре обертає та ущільнює ґрунт (рис. 1.1) [11].

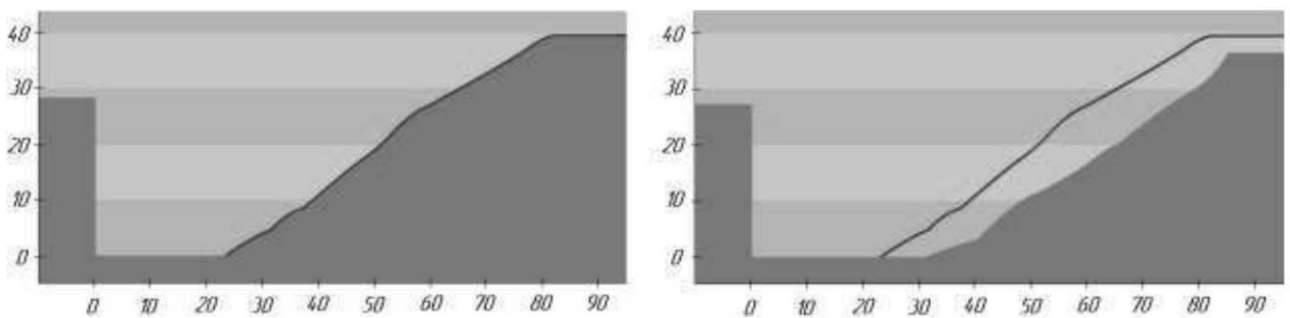


Рис. 1.1. Рис. 1. Профіль борозни, утворений відвалом: а - № 9; б - № 28.

Зменшити ступінь ущільнення відвалюваного пласта колесами трактора дають змогу і ромбоподібні відвали. Ромбоподібні відвали близькі до циліндричних відвалів, хоча останнім часом, наприклад, фірма Kuhn, випускає і гвинтоподібні ромбічні корпуси. На відміну від звичайних ромбічних корпуси мають опуклий криволінійний польовий обріз, що збільшує на 60 % поперечний переріз відкритої борозни (рис. 1.2).

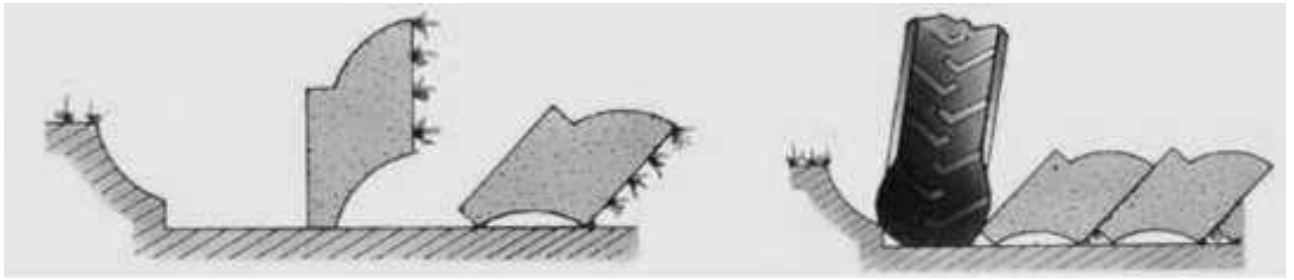


Рис. 1.2. Профіль борозни під час оранки ромбоподібними корпусами.

Тяговий опір плуга може бути знижено, за даними фірми Kuhn, до 20 %. Крім цього, ромбічна форма пласта забезпечує його оборот за коротших відвалів корпусів і з меншою відстанню між ними (75 см порівняно зі 105 см у традиційних корпусів), що дуже важливо для оборотних плугів, бо їхня питома металоємність майже вдвічі більша, ніж у звичайних. Однак головною перевагою цього типу корпусу, як показала практика його використання, є більш стійка робота орного агрегату на схилах. У країні понад 50 % ріллі розташовано на схилових землях, значна частина яких має крутизну 5° - 150° . Оскільки під час оранки таких ґрунтів спостерігається нестійкість орного агрегату, неякісне обертання пласта, погане закладення рослинних решток і невіривняність поверхні, а також механічна ерозія від переміщення пласта вниз схилом, то з урахуванням вищеназваних переваг ромбоподібного корпусу плуга доцільно освоїти його виробництво [6-14].

Незважаючи на те, що нині на нових плугах уже впроваджено цілу низку нових технічних рішень, спрямованих на підвищення якості та зниження ресурсоспоживання плужних корпусів, дослідження щодо їхнього вдосконалення ведуться постійно. Розглянемо деякі найцікавіші технічні рішення, що поліпшують конструкцію відвалів.

Так, згідно з патентом [3], для підвищення якості подрібнення, обертання пласта та зниження енерговитрат суцільних відвалів пропонується використовувати відвал у вигляді смуг металу та антифрикційного матеріалу, що чергуються, а згідно з патентом [4] із цією метою пропонується встановити на

лицьовому боці поверхні відвалу в зоні стику лемеша з відвалом ріжучі інструменти флюгерного типу. Згідно з патентом [5], поліпшити розпушування пласта можна шляхом установлення на поверхні відвалу пластинчастих ножів, що мають форму клина, з вершиною, поверненою в бік лемеша, а згідно з патентом [6] - шляхом виконання відвалу з прорізами, в яких установлено суцільноконічні ротаційні елементи, прикріплені до відвалів підшипниковими вузлами. Крім цього, інтерес становлять і конструкції, де для підвищення якості розпушування встановлюють укорочені відвали та додаткові робочі органи у вигляді диска з розпушувальними елементами [7, 8] або відвали, які складаються зі щитка та диска, який вільно обертається, встановленого за щитком [9].

Поряд із розглянутими конструкціями корпусів плуга, де використовуються здебільшого цільні або складові відвали, великий інтерес, особливо для обробітки важких ґрунтів, становлять смугові (пластинчасті) відвали, у конструкції яких також можна простежити низку нових тенденцій, пов'язаних із поліпшенням якості їхньої роботи. Смуговий відвал, як правило, складається з окремих смуг, що розходяться, кожна з яких має дві точки кріплення: до грудей відвалу і до додаткової задньої опори на неробочому боці відвальної поверхні. При цьому задня опора кожної пластини надає жорсткості всій конструкції. Оскільки кожна пластина прикріплена до опори, то в деяких конструкціях такого відвалу передбачено регулювання положення останньої, що дає змогу змінювати форму лемішно-відвальної поверхні (культурна, напівгвинтова тощо). Хоча, як показує аналіз, останнім часом пластинчасті відвали виготовляють нерегульованими. Крім цього, смуги можуть злегка прогинатися та вібрувати від змінного опору ґрунту, що позитивно впливає на процес оранки [14].

Перевага відвальної поверхні, що складається зі смуг, полягає в тому, що пласт, який відвалюється, краще кришиться, ніж на суцільному відвалі, тому що він схильний до зусилля, що розтягується, з боку віяло розташованих смуг, а

контактні напруги збільшуються. Цьому сприяє і пружна деформація смуг, що приводить їх до суцільної вібрації. Однак головною перевагою цього корпусу є відсутність залипання вологого ґрунту, і, як наслідок, збереження своєї геометрії та коефіцієнта тертя. Тут під час руху пласта підвищується питомий тиск ґрунту, що припадає на площі смуг, тому ґрунт легше руйнується через наявність порожніх зон між смугами, а залипання вологого ґрунту усувається. За даними зарубіжних фірм, за швидкості оранки до 2 м/с (до 10 км/год) тяговий опір смугових відвалів (особливо на вологих ґрунтах) на 20 % нижчий, ніж у цільних відвалів. Під час використання пластинчастого відвалу пластини, що обертають підрізаний лемешем ґрунт, зазвичай з'єднуються з опорними частинами стійки корпусу за допомогою з'єднувальних елементів або швидкодіючих кріпильних пристроїв. Для з'єднання з опорними частинами в пластинах передбачені відповідні просвердлені отвори, виїмки або інші фасонні елементи. Ці свердлені отвори, виїмки або фасонні елементи послаблюють міцність пластин, особливо тоді, коли вони виконані зі зміцненого матеріалу. У такому стані ці просвердлені отвори та виїмки сприяють утворенню тріщин, які згодом призводять до поломки пластин. Тому зміцнені пластини можуть бути міцними тільки до певної міри, що зрештою призводить до коротшого терміну їхньої служби. У пластин із підвищеним ступенем міцності під час навантаження з'являються тріщини, які можуть призвести до їхньої передчасної поломки. Тому один із напрямів вдосконалення пластинчастих відвалів пов'язаний із кріпленням пластин. Так, фірма Lemken на плугах «Діамант» встановлює корпуси Dura Maxx, які дають змогу збільшити термін служби на 75 % і скоротити час заміни робочих органів на 80 %. Це стало можливим завдяки відмові від свердлінь і перфорацій, що послаблюють міцність матеріалу. Тут смуги закріплені всього двома гачками (рис. 1.3). У цій конструкції для досягнення підвищеного ефекту від вібрації істотно збільшено відстань між заднім обрізом смуг і їхнім заднім кріпленням. Дана конструкція зумовила і створення корпусу Dura Maxx Hybrid з

пластиковими смугами для оранки дуже липких ґрунтів у ґрунтових умовах зі слабким тиском на смуги відвалу. За великого тиску пластикові смуги встановлюються тільки в тих частинах корпусу, які особливо піддаються налипанню (зверху і знизу). Для повної відмови від кріпильних елементів дослідниками фірми Lemken пропонуються технічні рішення, де пластини приєднуються за допомогою клею [10].



Рис. 1.3. Корпус Dura Maxx Hybrid: а – загальний вигляд; б – процес роботи

Недоліком серійних смугових відвалів, що застосовуються нині, є те, що під час оранки сухого глинистого ґрунту консольні кінці смуг деформуються, порушуючи форму робочої поверхні, а усунення деформації шляхом збільшення товщини смуг унеможливорює їхню вібрацію, і переваги смугового відвалу проявляються меншою мірою. Крім цього, на таких відвалах передня частина відвала (груди) залишається невібруючою і не унеможливорює налипання ґрунту на передню та середню частини відвала. Для усунення цих недоліків, наприклад, згідно з патентом [11], пропонується смуги відвалу виконувати з пружинистого матеріалу, а відгин їхніх консольних кінців, що виступають за задню опору, обмежувати в межах пружної деформації смуг за допомогою обмежувачів відгину. Відповідно до патенту [12] пропонується в зоні стику смуг із грудьми відвалу встановлювати вібруючі опори, виконані у вигляді тарілчастих або циліндричних пружин, упорів і обмежувачів відгину. Аналогічне технічне

рішення, що сприяє рівномірному розподілу вібрації на поверхні відвалу та на весь пласт загалом, пропонується дослідниками Поліського університету [13]. З цією метою ними пропонується встановлювати між кожною смугою та задньою опорою циліндричні гвинтові пружини стиснення [15].

Висновки до розділу 1

У цьому розділі проведено класифікацію лемешних плугів та здійснено їх порівняльний аналіз. Визначено основні конструктивні особливості, переваги та недоліки різних типів плугів, а також окреслено сучасні напрями їх удосконалення. Отримані результати є основою для подальшого обґрунтування конструктивних параметрів плуга ПЛН-3-35 для покращення якості обробітку ґрунту та зниження енергетичних витрат.

Поряд з освоєними у виробництві та широко використовуваними в господарствах корпусами типу корпусу № 9 фірми Kverneland, з метою глибшої адаптації плугів до природно-природних умов Житомирської області, підвищення якості та зниження енергоємності оранки необхідно розширити номенклатуру корпусів, створивши передусім корпуси з пластинчастими відвалами для оранки сухих і важких ґрунтів та ромбічні корпуси, зокрема зі смуговим відвалом для схилових земель.

Під час обґрунтування параметрів корпусів плуга з пластинчастим відвалом має бути забезпечена стабільність вібрації його пластин незалежно від умов експлуатації.

Розроблення нових корпусів плугів має вестися з урахуванням найбільш можливого розширення останньої борозни, утвореної після проходу плуга.

Параметри нових корпусів мають забезпечувати якісну оранку на швидкостях не менше 10 км/год.

Елементи кріплення швидкозношуваних деталей, що утворюють лемішно-відвальну поверхню корпусів плуга, мають забезпечувати їхню швидку заміну, зокрема й без інструменту, а також можливість установалення швидкозношуваних деталей із пластику.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПАРАМЕТРІВ КОРПУСА ПЛУГА ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ

2.1. Модернізація корпусу плуга

Відомий комбінований ґрунтообробний робочий орган призначений для пошарового обробітку ґрунту, що забезпечує обробіток орних горизонтів за мінімальних енергетичних витрат. Особливістю відомого пристрою є наявність у верхній частині плужного корпусу принаймні одного лемеша з відвалом, а в його нижній частині принаймні одного вертикального ріжучого елемента з горизонтальною напрямною пластиною.

Така конструкція ґрунтообробного знаряддя дає змогу здійснювати обробіток верхнього орного горизонту лемішно-відвальним робочим органом і розуцільнення підорного горизонту - вертикальним плоскорізом.

Недоліками відомого пристрою є часткове обертання орного шару, порівняно мала глибина комбінованого обробітку ґрунту (до 20 см) і низька продуктивність ґрунтообробного знаряддя на ґрунтах із високим питомим опором, що пов'язано із зазначеними особливостями конструкції основного та додаткового робочих органів.

Задачею модернізації, що розв'язується, є створення сучасного надійного, багатофункціонального та ефективного ґрунтообробного знаряддя для відвального обробітку основних типів ґрунтів під сільськогосподарські культури на глибину до 30 см за твердості ґрунтового шару до 4 МПа. Додатковими до зазначеної є завдання підвищення ресурсу корпусу плуга та можливість агрегування плугів у багатокорпусному виконанні з тракторами 2, 3, 4 класів.

Зазначене завдання розв'язується тим, що в корпусі плуга, який містить леміш, крило відвалу та засоби для їх кріплення до стійки, згідно з модернізацією, він містить додаткові ріжучі елементи, перший з яких виконано у вигляді плоскої пластини з лезовою частиною, розташованою в площині різку під кутом 75-110° до лезової частини лемеша, другий ріжучий елемент виконано у вигляді дугоподібної пластини, яка містить робочі лезові частини, що сходяться під гострим кутом, на широкому та вузькому боках, які розміщено попереду корпусу плуга так, що лезова частина вузького бока розміщена попереду

корпуса плуга так, що, що лезова частина вузького боку дугоподібної пластини перебуває в площині лезових частин лемеша та першого додаткового різального елемента, а неробочі боки дугоподібної пластини прилягають до передньої частини крила відвалу, причому леміш, крило відвалу, перший та другий різальні елементи закріплено на стійці за допомогою принаймні одного вузла кріплення, який складається зі сталевих пластин, що мають отвори в зоні посадочних площадок для болтового з'єднання зазначених частин корпусу плуга.

Крім того, леміш, перший і другий ріжучі елементи можуть мати додаткову лезову частину з можливістю перестановки в разі спрацьовування основної, вузол кріплення може бути виконаний звареним або роз'ємним, а крило відвалу може бути виконане з додатковим вигином у верхній частині для обертання пласта.

Таке виконання корпусу плуга дає змогу підвищити ефективність обробітку основних типів ґрунтів під сільськогосподарські культури на глибину до 30 см за питомого опору ґрунту до 0,1 МПа, твердості ґрунтового шару до 4 МПа та вологості до 30%. Підвищення ефективності запропонованого корпусу плуга досягається, зокрема, завдяки тому, що відрізанню шару ґрунту забезпечується двома горизонтальними та одним вертикальним різальними елементами (ножами), встановленими за схемою, що забезпечує взаємну врівноваженість зусиль, які на них впливають. При цьому основний горизонтальний ріжучий елемент – леміш і другий вертикальний додатковий ріжучий елемент у вигляді дугоподібної пластини в комплекті з крилом відвалу утворюють робочу поверхню, за допомогою якої забезпечується переміщення й оборот пласта.

Перший додатковий ріжучий елемент у вигляді плоскої пластини, розміщеної зліва від лемеша в горизонті різання пласта під кутом у плані $75-110^\circ$ до лезової частини лемеша, забезпечує додаткове підрізання пласта за ходом наступного корпусу плуга й ефективне подрібнення ґрунту, запобігаючи

розпушчальненню плужної підшви та підорного горизонту. При цьому в запропонованому корпусі плуга відсутня польова дошка, а її функції виконує перший додатковий ріжучий елемент (лівий горизонтальний ніж), забезпечуючи компенсацію моменту від сил, які діють на леміш та крило відвалу.

Під час випробування різних модифікацій корпусів плуга з різними кутами між лезовими частинами лемеша та першого додаткового ріжучого елемента було показано, що виконання вказаного кута в площині різку менше ніж 75° не забезпечує компенсацію моменту від сил, які діють на леміш та крило відвалу за оптимального робочого положення лемеша. Перевищення зазначеного кута понад 110° , своєю чергою, спричиняє значне збільшення тягового зусилля і зниження ефективності оранки для більшості типів ґрунтів.

Виконання вузла кріплення у вигляді звареної або роз'ємної просторової конструкції зі сталевих пластин, забезпечених отворами в зоні посадкових майданчиків, забезпечує швидке збирання, демонтаж або заміну зношених частин корпусу плуга під час експлуатації завдяки болтовому з'єднанню його ріжучих елементів. У конструкції запропонованого пристрою передбачено використання для лемеша, першого і другого ріжучих елементів додаткової лезової частини в разі зношування основної, а додатковий вигин крила відвалу у верхній частині додатково підвищує характеристики плуга під час обробітку, зокрема, вологих ґрунтів.

Плуги з корпусами даної конструкції можуть застосовуватися на полях практично всіх типів ґрунтів із рівним і хвилястим рельєфом, що мають ухил до 8 градусів, для основного відвального обробітку ґрунту (підрізання, розпушування й обгортання) під відомі сільськогосподарські культури. Запропоновані корпуси встановлюють на рами плугів даної серії в різній комплектації, при цьому плуги можуть агрегатуватися з тракторами класу 2, 3, 4.

На рис. 2.1 зображено загальний вигляд запропонованого корпусу плуга.

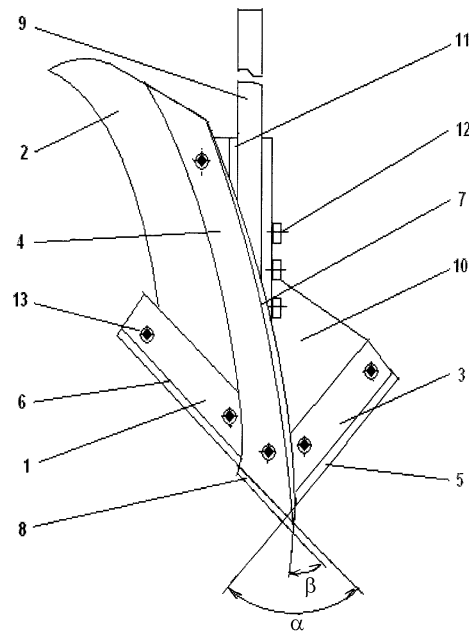


Рис. 2.1. Модернізований корпус плуга.

Корпус плуга містить леміш 1, крило відвалу 2 і додаткові ріжучі елементи 3, 4. Перший додатковий ріжучий елемент 3 виконаний у вигляді плоскої пластини з лезовою частиною 5, розташованою в площині різку під кутом 90° до лезової частини 6 лемеша. Другий ріжучий елемент 4 виконаний у вигляді дугоподібної пластини, що містить робочі лезові частини 7, 8, що сходяться під гострим кутом, на широкому і вузькому боках. Вони розміщені попереду корпусу плуга так, що лезова частина 8 вузького боку дугоподібної пластини перебуває в площині лезових частин 6, 5 лемеша і першого додаткового ріжучого елемента 3.

Неробочі сторони дугоподібної пластини 4 примикають до передньої частини крила відвалу 2.

При цьому леміш 1, крило відвалу 2, перший і другий ріжучі елементи 3, 4 закріплені на стійці 9 за допомогою вузла кріплення 10, який складається зі сталевих пластин 11, що мають отвори в зоні посадкових майданчиків для болтового з'єднання зазначених частин корпусу плуга. Болти для з'єднання вузла кріплення 10 і стійки 9 позначено поз.12, а місця кріплення ріжучих елементів - поз.13. Оптимальне значення кута α між лезовою частиною 5 плоскої пластини 3

і лезовою частиною 6 лемеша 1 становить 90° , а кут β між лезовими частинами 7, 8 другого ріжучого елемента становить 80° .

У конкретному прикладі виконання запропонованого корпусу плуга леміш 1 має розміри $410 \times 90 \times 10$ мм, перший горизонтальний різальний елемент 3 має розміри $320 \times 90 \times 10$ мм, другий вертикальний різальний елемент 4 має розміри в розгортці $546 \times 150 \times 10$ мм. Леміш 1, перший і другий ріжучі елементи 3, 4 можуть мати додаткові лезові частини (не показано) з можливістю перестановки в разі зношування основної лезової частини 5, 6, 7. На фіг.1 показано вузол кріплення 10, виконаний зі зварених сталевих пластин у вигляді «черевиків», при цьому частина вузла кріплення може бути доповнена знімним кронштейном або додатковою опорою (не показано) для забезпечення жорсткості крила відвалу 2 та другого додаткового різального елемента 4.

Деталі корпусу плуга, що піддаються інтенсивному зносу (ріжучі елементи 1, 3, 4), виготовлено зі сталі 65Г і термічно оброблено, завдяки цьому напрацювання на запропонований корпус плуга сягає 50 га.

Технологічний процес обробітку ґрунту запропонованим корпусом здебільшого аналогічний процесу обробітку серійним корпусом загального призначення. Однак особливості конструкції принципово нового корпусу плуга без польової дошки вносять важливі відмінності, що сприяють підвищенню якості робочого процесу відвального обробітку ґрунту.

Під час поступального руху плуга його робочі органи заглиблюються в ґрунт на встановлену опорними колесами глибину. Відрізання пласта в запропонованому корпусі плуга забезпечується трьома іржавими елементами (ножами) - вертикальним 4 і двома горизонтальними 1, 3, встановленими за схемою, що забезпечує взаємну врівноваженість зусиль, які на них впливають.

Лезвійні частини 6, 7 ножів лемеша 1 (горизонтальний правий) і вертикального другого додаткового ріжучого елемента 4 у комплекті з крилом

відвалу 2 утворюють робочу поверхню, за допомогою якої забезпечується переміщення (оборот) пласта.

При цьому вертикальні ножі 4 і лемеші 1 багатокорпусного плуга правобічної дії відрізають основну частину пласта (більша частина робочої ширини захоплення кожного корпусу), кришать його, обертають і переміщують у борозну разом зі спущеною частиною від проходу першого додаткового різального елемента 3 лівобічної дії від попереднього корпусу. Інша менша частина пласта підрізається та розпушується зазначеним ріжучим елементом 3, якому одночасно відводиться роль стабілізатора прямолінійного руху.

Якщо в серійного плуга польова дошка виконує пасивну роль, створюючи додатковий опір завдяки тертю, то лівий горизонтальний ніж (додатковий ріжучий елемент 3) виконує дві функції - функцію польової дошки, врівноважуючи обертовий момент лемішно-відвальної частини та функцію додаткового підрізання пласта аналогічно до роботи лемеша 1. Форма крила відвалу 2 у верхній частині у вигляді спіралеподібного вигину забезпечує додатковий оборот пласта з повним закладенням стерні.

Виконання комбінованого ґрунтообробного знаряддя відповідно до корисної моделі дає змогу значною мірою підвищити його основні характеристики. Характер зносу додаткових ріжучих елементів 3, 4 і крила відвалу 2 добре вивчений і відповідає ступеню зносу лемішно-відвальної частини відомих плугів, при цьому в запропонованому корпусі плуга відсутні проблеми, пов'язані з інтенсивним зносом польової дошки. За інших рівних умов оброблюваний ґрунт діє на зазначені елементи запропонованого ґрунтообробного знаряддя з меншим сумарним дотичним і нормальним зусиллям, що знижує необхідне тягове зусилля і підвищує надійність корпусу плуга. Порівняно з іншими серійними плугами загального призначення плуги цієї серії з принципово новими корпусами підвищують продуктивність на 40-

50%, при цьому економія дизельного палива становить 7-9 кг на кожному гектарі оброблюваної ріллі.

Запропонована конструкція корпусу плуга забезпечує високу ефективність обробітку ґрунту, зокрема, ступінь подрібнення та обертання пласта, що запобігає переущільненню підорного горизонту та водній ерозії під час обробітку схильних полів. Розпушування пласта ґрунту виконується, як зазначалося, в діапазоні від 10 до 30 см на ґрунтах із твердістю до 4 МПа, при цьому обробіток ґрунту рівноцінний двом проходкам важкими дисковими боронами типу БДТ.

У результаті впровадження запропонованого пристрою знижується вартість обробітку сільськогосподарських площ і підвищується продуктивність праці за менших експлуатаційних витрат. Випуск подібних ґрунтообробних знарядь можна налагодити в умовах звичайних підприємств із виробництва сільськогосподарської техніки, що дає змогу в сукупності вирішити важливі завдання з удосконалення техніки обробітку сільськогосподарських культур.

2.2. Геометричне моделювання в процесі розроблення відвалів із застосуванням системи SIMPLEX

Як відомо, залежно від виконуваного виду оранки, а також з метою поліпшення техніко-технологічних параметрів робочого органа (далі РО) та агротехнічних робіт, розв'язують задачу з вибору оптимальної форми поперечного перерізу пласта. Розроблена геометрична модель схеми обгортання пласта (рис. 2.2) наочно демонструє, що форма і розміри його поперечного перерізу, як вхідні геометричні параметри (далі ГП), є визначальними у розв'язанні розглянутої задачі, що підтверджує важливе значення цієї моделі. Однак, у разі зміни ГП розв'язання цієї задачі за допомогою такої стаціонарної моделі ускладнюється, тому що зміна форми

поперечного перерізу потягне за собою зміну параметрів ріллі та РВ, у яких важко простежити за змінами всіх параметрів. У таких випадках, для ведення віртуальних досліджень, розроблену в системі AutoCAD модель, можна експортувати в інші системи комп'ютерного моделювання. Серед них необхідно виокремити систему конструктивного геометричного моделювання SIMPLEX, яка як «геометрична машина», дасть змогу легко досліджувати об'єкти за допомогою геометричних алгоритмів [1]. Як вище зазначено, зміна форми поперечного перерізу пласта відбувається внаслідок зрізки пласта різними РВ: лемешем, польовим обрізом відвалу, передплужником, кутовим зніманням, різними ножами тощо. Тому розглянутий технологічний процес, із застосовуваними в ньому РВ, як складна досліджувана система, має безліч взаємозв'язків між ДП і техніко-технологічними параметрами, пов'язаними зі зрізанням. А обґрунтований вибір ГП цих зрізок позитивно впливатиме не тільки на техніко-технологічні параметри оранки, а й РО. Основні взаємозв'язки ГП зрізки з техніко-технологічними параметрами РВ і технологічного процесу розглянуто під час розроблення стаціонарної моделі [3]. Природно, визначення та обґрунтування чисельних значень за конкретними взаємозв'язками і параметрами здійснюють відповідні фахівці на основі натурно-експериментальних досліджень, оскільки ці завдання виходять за рамки завдань геометричного моделювання досліджуваного об'єкта. Однак, важливо підкреслити, що основними вхідними параметрами цих зрізок у поперечному перерізі пласта є ГП. Отже, розроблення динамічної моделі вибору ГП зрізів дасть змогу полегшити роботу фахівців з обґрунтування параметрів.

Розглянемо завдання розроблення динамічної геометричної моделі оптимізованої форми поперечного перерізу пласта ґрунту в системі SIMPLEX. Відомо, що прямокутник, як основний зріз із моноліту ґрунту, є базовою фігурою, тож розглянемо задавання ДП додаткових зрізів (рис. 2.2.). Для

наочності переваги цієї системи трохи ускладнимо завдання, змінивши ГП форми поперечного перерізу.

Виходячи з умов геометричного моделювання, розділимо ці параметри на три категорії: ті, що відносяться до форми, положення і розмірів зрізок. Для універсальності моделі спочатку виділимо загальні умови зрізання за категоріями ГП. Розрізнімо форму зрізу: за лінією зрізу як пряма, крива або комбінована (полілінія), а за результатами зрізу як опукла або увігнута, що дасть змогу дати їм єдине умовне визначення, початкової та кінцевої точки зрізу. Розрізнімо положення і відповідно кількості зрізок по сторонах прямокутника: відсутність зрізок; зрізання на перетин сторін; увігнуті зрізок по сторонах. Розрізнімо розміри зрізок за початковою, кінцевою і проміжними точками, що з'єднують ланки зрізок. За цими умовами можна задати різні варіанти зрізання.

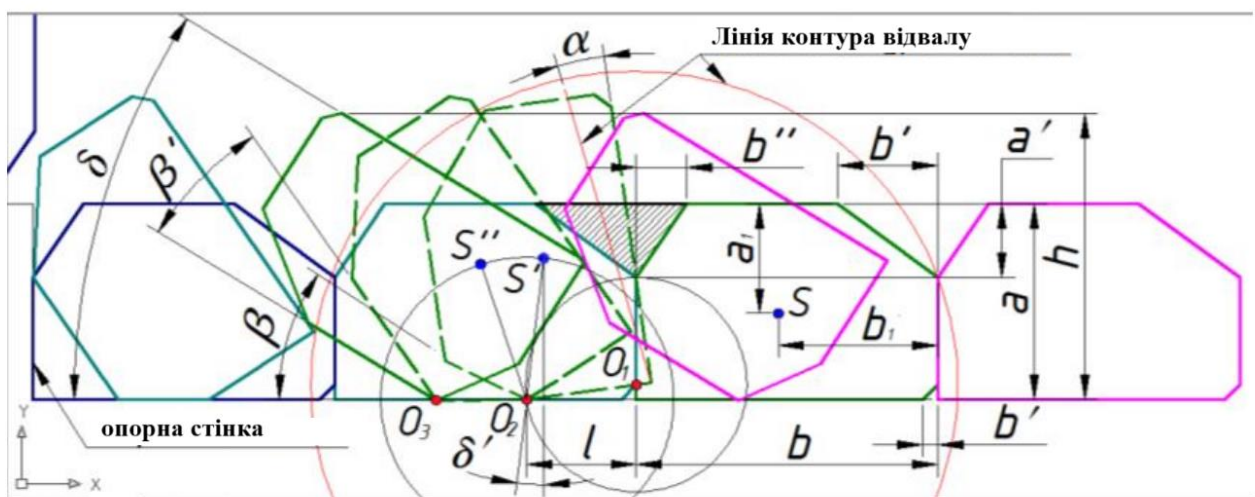


Рис. 2.2. Моделювання параметрів зрізання поперечного перерізу пласта.

Як приклад моделюємо варіант завдання зрізок за кутами перетину сторін прямокутника $ABCD$, розмірами a і b . Задаємо зрізку D_1C_1 з технологічною назвою «нижній польовий недоріз» з параметрами: пряма зрізка випуклої форми (1); розташована на перетині нижньої і правої сторін (2); відрізком з початковою точкою D_1 , як довжина зрізу, що належить відрізку AD , параметром приналежності s_5 , і кінцевою точкою C_1 , як висота зрізу, що належить відрізку CD , параметром приналежності s_4 (3) (рис. 2.3, а). з такими самими

геометричними умовами задаємо зрізання C_2B_2 і A_1B_1 під технологічними назвами «верхнє польове зрізання для загортання бур'янів» і «верхнє борозенне зрізання для обороту пласта». У разі зрізання верхніх кутів одночасно одним РВ, як технологічна умова, параметр приналежності s_1 для точок A_1 і C_2 є спільним. Задаємо опорну точку обертання O_1 , що належить стороні AB , з параметром приналежності s_4 , що дорівнює параметру приналежності точки C_1 , оскільки верхня точка недорізу, утворена корпусом, який йде спереду, є опорною точкою обертання пласта, який зрізають корпусом, який йде ззаду. Хоча остаточні чисельні значення параметрів зрізання вибирають фахівці з обґрунтуванням їх на основі експериментальних досліджень, чинна модель дасть змогу візуально розглянути різні варіанти контуру, як віртуальне випробування, та вибрати необхідні межі значень, керуючи параметрами контуру. Задаючи параметри множинним узгодженням відносин, можна розглянути різні варіанти отримання зрізки. Наприклад, розглянемо віртуальне дослідження параметра «Глибина верхньої борозенної зрізки» A_1B_1 (рис. 2.3, б). Задаємо величину $s_1 = (BA_1/BA)$, наприклад, у межах від 0,1 до 0,5 з інтервалом 5, відповідно замінивши всі «прості» узгодження, пов'язані з точкою A_1 , на «множинні».

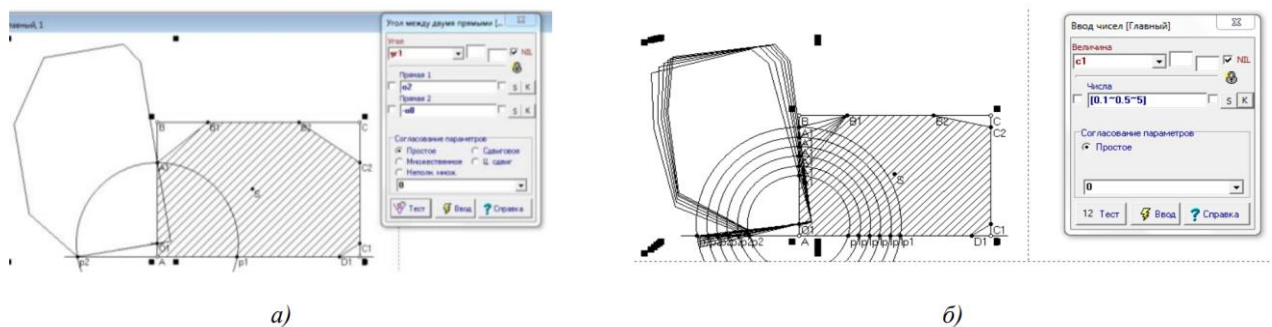


Рис. 2.3. Динамічна модель зрізання (а), її віртуальне дослідження (б)

У багатьох інженерних задачах розв'язується питання визначення центру ваги досліджуваного об'єкта.

Дослідження, проведені за розглянутою проблемою, також показують, що одним із визначуваних параметрів задаваного поперечного перерізу пласта є

положення центру тяжіння його контуру, особливо під час вибору різних варіантів зміни контуру, тому що це призводить відповідно і до зміни в положенні центру тяжіння. Аналіз різних форм поперечного перерізу пласта показує, як зміна параметрів форми перерізу, за допомогою різних варіантів зрізки, призводить до зміни положення контуру і вектора сили тяжіння [3, 4]. Переміщення положення центру тяжіння пласта в бік ріллі та зменшення кута нахилу положення рівноваги контуру дає змогу зменшити кут обертання пласта і відповідно знизити силу на його відвалювання. У системі SIMPLEX центр тяжіння автоматично визначається інструментом «Барицентр», задаванням безлічі точок, що складають контур (рис. 2.4 (а)). Для визначення лінії лобового контуру відвалу: верхній, польовий і борозенні обрізи прив'яжемо відповідно до ліній траєкторії руху крайньої верхньої точки і польового боку обертаємого шару, а також до кута незадирання відваленого шару (рис. 2.4 (б)). За потреби їх можна задати також і як еквідистанти до цих ліній на необхідну відстань. Для зручності користування контуром, паралельним перенесенням на вектор v_1 створюємо його образ, для якої лінії контуру є прообразом.

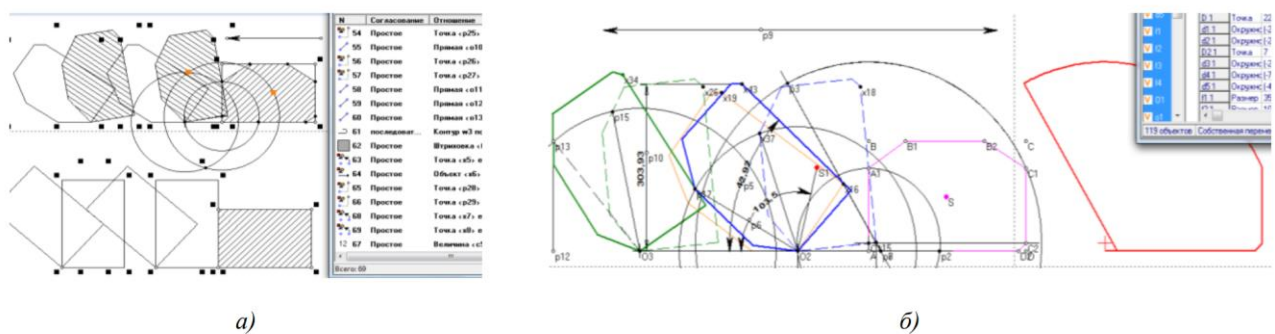


Рис. 2.4. Визначення центру ваги контуру (а) і лобового контуру (б)

Як відомо, найбільш придатними для робочої поверхні (далі РП) відвалу є лінійчасті поверхні [2, 5]. Для побудови таких РП, необхідно провести утворювальні, які можна задати через множини точок напрямної. При цьому положення утворень визначає не тільки вид лінійної поверхні, а й РП. Задання положень утворень у системі SIMPLEX набагато зручніше. Для циліндричної

поверхні достатньо задати положення однієї твірної l_0 під кутом γ_0 (рис. 4 (а)), а для поверхні конуса додамо другу твірну (рис. 2.5 (б)). Для комбінованих же поверхонь, що складаються зі шматків різних лінійчастих поверхонь, положення твірних задаємо для кожної складової окремо. При цьому кінцева твірна попереднього шматка одночасно є початковою твірною наступного шматка, оскільки вони є лінійчастими поверхнями. Наприклад, для поверхні комбінацією зі шматків циліндра та конуса, задаємо твірну l_0 на висоті h_i під кутом γ_0 , яка є спільною для них (рис. 2.5 (в)).

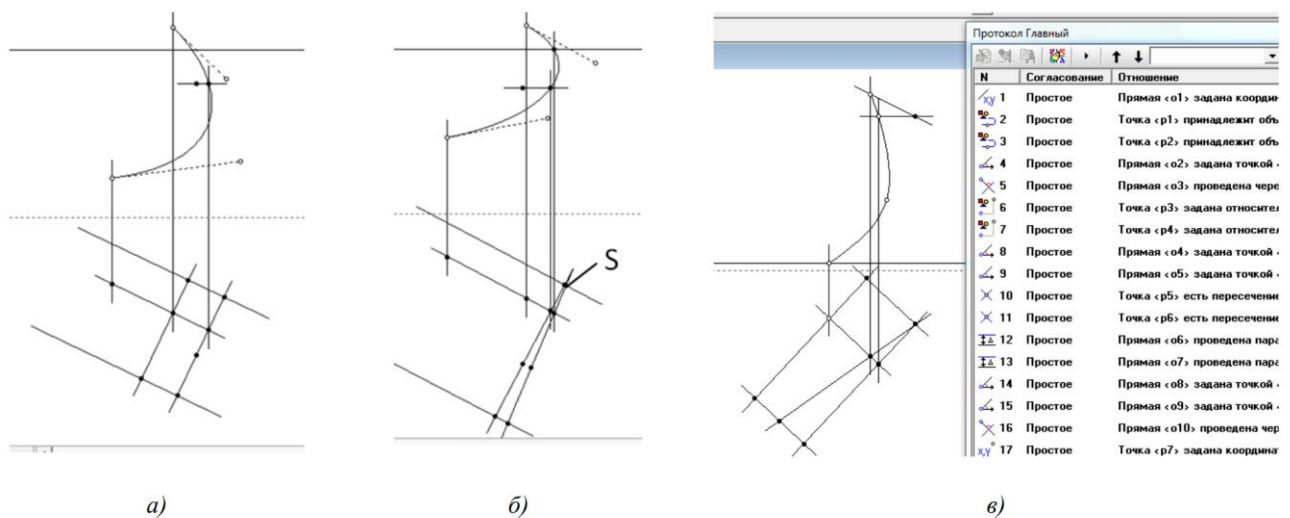


Рис. 2.5. Задання положень утворень робочої поверхні відвалу

Для побудови поверхні циліндроїда можна задати положення утворюючої лінії із законом зміни кута $\gamma=f(z)$ у двох варіантах: з одним змінним числом c_1 , коли величина зміна кута йде на зменшення або збільшення; з двома і більше змінними числами $c_1, \dots, c_n$, коли величина зміна кута послідовно йде зменшення та збільшення (рис. 2.6).

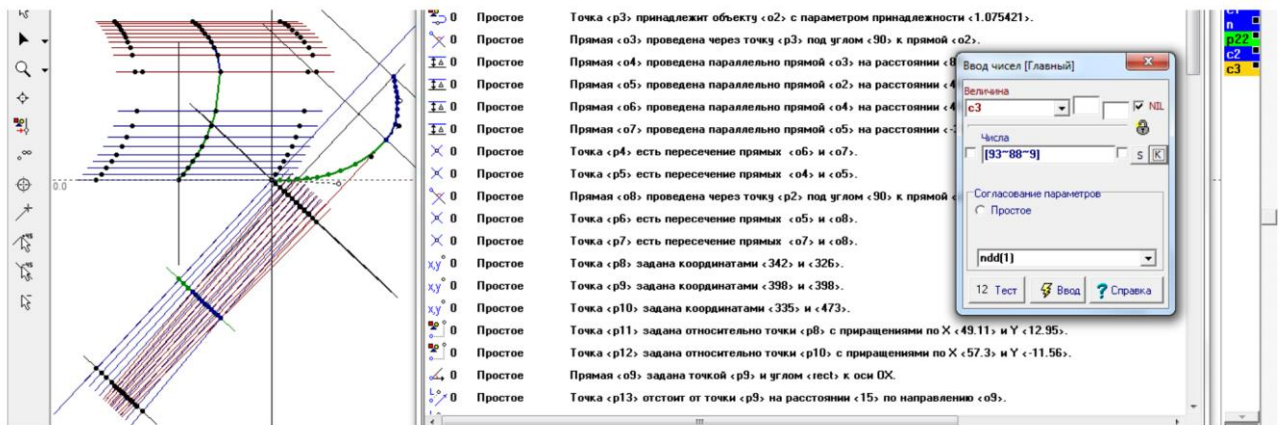


Рис. 2.6. Завдання утворюючих поверхні циліндроїда.

РОЗДІЛ 3

ЕНЕРГЕТИЧНА ТА АГРОТЕХНІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ ПЛУГІВ ІЗ МОДЕРНІЗОВАНИМИ ТА СЕРІЙНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Для об'єктивного оцінювання енергетичних та агротехнічних показників роботи плугів із модернізованими та серійними робочими органами було проведено випробування орних агрегатів, які склалися з трактора МТЗ-82, обладнаного вимірювальною апаратурою, і плуга ПЛП-3-35, на якому змінювалися робочі органи. В обох варіантах плуг працював без передплужників. Під час випробувань вимірювали загальний тяговий опір плуга, швидкість руху агрегату, час досліду, частоту обертання вала двигуна, витрату палива [1-3].

Умови випробувань показано в таблиці 3.1. Результати порівняльних випробувань за енергозатратами представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Умови проведення досліджень.

Показник	Значення показника
Вид роботи	Оранка
Тип ґрунту	чорнозем, середньосуглинковий
Рельєф	рівний
Мікрорельєф	хвиляста
Вологість ґрунту, % в шарах $\times 10^{-2}$ м	
0–10	20,4
10–20	18,2
20–30	18,0
Середнє значення	18,9
Твердість ґрунту, МПа в шарах $\times 10^{-2}$ м	
0–10	1,45
10–20	2,47
20–30	3,00
Середнє значення	2,30
Щільність ґрунту, кг/м ³ в шарах $\times 10^{-2}$ м	
0–10	1,40
10–20	1,45
20–30	1,54
Середнє значення	1,46
Кількість пожнивних решток на 1 м ² штук $\times 10^{-3}$ кг	
	475
	585
Висота пожнивних рештків, м	0,20–0,25
Кількість бур'янів на 1 м ² штук $\times 10^{-3}$ кг	
	35
	47
Висота бур'янів, м	0,20–0,25
Ботанічний склад бур'янів	овсюг
Агрофон	стерня пшениці
Попередній обробіток	оранка зябу (глибина 0,25-0,27 м), ранньовесняне закриття вологи, посів, збирання

Аналіз отриманих даних свідчить, що тяговий опір плуга з модернізованими корпусами менший, ніж у серійного, майже на 10% [4]. За рахунок зниження тягового опору знизилося буксування трактора і підвищилася робоча швидкість із 2,13 до 2,25 м/с. Збільшення швидкості руху агрегату

забезпечило приріст його продуктивності на 5,4%. Витрати потужності на переміщення плуга з дослідними робочими органами зменшилися порівняно із серійними на 4,92%. Скорочення витрат потужності на оранку та зростання продуктивності зумовили зниження погектарної витрати палива для дослідного агрегату на 11,09%.

Таблиця 4.2 – Результати порівняльних випробувань плуга ПЛП-3-35 з дослідними і серійними робочими органами за енерговитратами

Показник	Плуг, робочі органи	
	дослідні	серійні
Марка трактора	МТЗ-82	МТЗ-82
Передача	II	II
Фактична швидкість руху, м/с	2,25	2,13
Тяговий опір, кН	30,08	33,42
Тягова потужність, кВт	67,68	71,18
Частота обертання вала двигуна, с ⁻¹	35,14	34,84
Глибина обробки $\times 10^{-2}$, м	26,26	25,27
Переріз пласта $\times 10^{-1}$, м ²	5,46	5,46
Питомий опір, кПа	55,09	61,21

Одночасно з оцінкою дослідного плуга за енерговитратами проводили й агротехнічну оцінку.

З результатів дослідження видно, що плуг із ромбоподібними робочими органами за подрібненням на староорних ґрунтах майже не поступався звичайному. Однак деяке зниження ступеня кришіння все-таки спостерігалось. Але загалом щільність ґрунту, яка характеризується об'ємною масою, після оранки ромбовидними робочими органами не перевищувала 0,9-1,1-103 кг/м³, що більшою мірою відповідало оптимальній щільності ґрунту під яру пшеницю (1,1-1,2-10³ кг/м³). Мало змінилися й такі показники, як загортання та глибина загортання рослинних решток. Водночас зменшилася гребнистість поверхні ріллі, збільшилася вирівняність.

На рис. 3.1 показано профіль перерізу борозни і поверхні ріллі порівнюваних плугів. Поверхня зораного поля після ромбоподібних корпусів, як

видно з малюнка, була рівніша. Кут нахилу відвалюваного пласта в обох випадках був практично однаковий.

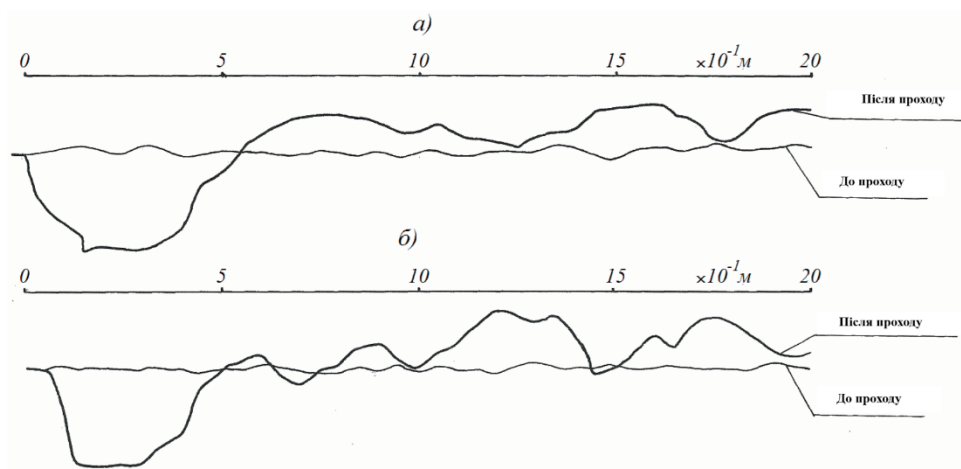


Рис. 3.1. Поперечний профіль ріллі: а) удосконаленим плугом; б) серійним плугом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Запропонована конструкція корпусу плуга забезпечує високу ефективність обробітку ґрунту, зокрема, ступінь подрібнення та обертання пласта, що запобігає переущільненню підорного горизонту та водній ерозії під час обробітку схильних полів. Розпушування пласта ґрунту виконується, як зазначалося, в діапазоні від 10 до 30 см на ґрунтах із твердістю до 4 МПа, при цьому обробіток ґрунту рівноцінний двом проходам важкими дисковими боронами типу БДТ.

В результаті проведення досліджень встановлено, що розроблений корпус плуга забезпечує якісну гладку оранку порівняно із серійними робочими органами:

- зниження гребнистості поверхні ріллі на 21,0%;
- підвищення продуктивності плуга на 5,5%;
- зниження погектарної витрати палива на 11,1%;
- зменшення тягового опору на 10%.

Застосування модернізованих робочих органів на плузі ПЛП-3-35 дає змогу підвищити його продуктивність, знизити енерговитрати за найкращих агротехнічних показників якості обробітку ґрунту. Впровадження плуга з удосконаленими робочими органами в сільськогосподарському виробництві економічно доцільне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Smith J.D., Wilkes P.T. Soil Tillage Equipment: Design and Analysis. London: Routledge. 2018. 320 p.
2. Weissbach F., Meier H. Plow Structures and Optimization Techniques. Berlin: Springer. 2019. 280 p.
3. Kumar R., Singh S. Tillage Tools and Techniques: A Comprehensive Guide. New York: McGraw-Hill. 2017. 245 p.
4. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

5. Barnes K., Garrison D. The Dynamics of Soil-Pulverization During Plowing. Cambridge: Cambridge University Press. 2020. 312 p.
6. Carter C.E., Snyder R.G. Plow Design and Energy Efficiency in Soil Tillage. Oxford: Elsevier. 2018. 275 p.
7. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
8. Борак К. В., Крук І. С. Вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2020. №1. С. 30–36.
9. Johnson T.R., Turner L.B. Improving the Design Parameters of Plow Moldboards. Washington: CRC Press. 2019. 260 p.
10. Liu H., Zhao Y. Agricultural Equipment Engineering: Soil Cutting Mechanisms. Beijing: Science Press. 2021. 290 p.
11. Smithson R.W., Adams F.L. Energy-Efficient Soil Tillage Techniques. Melbourne: CSIRO Publishing. 2020. 300 p.
12. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
13. Singh R., Kumar D. Optimization of Plow Parameters for Different Soil Types. London: IntechOpen. 2019. 240 p.
14. Meyer J., Schneider W. Soil-Machine Interaction: Theoretical and Experimental Studies. Berlin: Springer. 2018. 330 p.
15. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

16. Reece A.R., Brown T. The Mechanics of Soil Tillage and Traction. Oxford: Elsevier. 2021. 410 p.
17. Tamimi A., Haddad A. Innovative Plow Body Designs for Enhanced Efficiency. Amman: Jordan Press. 2020. 290 p.
18. Gonzalez R., Martinez P. Soil Tillage Engineering: Design Innovations. Madrid: Universidad Politécnica. 2019. 300 p.
19. Nakashima S., Yamada T. Modern Tillage Tools: Development and Application. Tokyo: Shokabo Publishing. 2018. 280 p.
20. Fernandez L., Gomez M. Design and Optimization of Agricultural Implements. Barcelona: Ediciones Agrarias. 2021. 250 p.
21. Williamson J., Green D. Plow Moldboard Design for Soil Conservation. Chicago: University of Chicago Press. 2020. 275 p.
22. Petrov P., Smirnov A. Improvement of Energy Parameters in Soil Tillage Machines. St. Petersburg: Polytechnic Press. 2019. 260 p.
23. Li X., Chen Z. Advanced Tillage Equipment and Soil Performance. Shanghai: Shanghai Science. 2021. 320 p.
24. Andrews J., West J.P. Engineering Solutions for Soil Tillage Efficiency. New York: Taylor & Francis. 2020. 290 p.
25. Денесюк В. В., Тертерян Р. С. Системний підхід до підвищення надійності ґрунтообробних машин і знарядь. Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 24 - 25 жовтня 2024 р., Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2024. С. 157-158.
26. Савченко В. М., Денесюк В. В., Тертерян Р. С. Аналіз застосування конструктивних способів підвищення надійності ґрунтообробних машин і знарядь. Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. С. 51-55.

27. Тертерян Р. С. Структурні зміни при функціонуванні трибосистеми «робочий орган - ґрунт». Студентські читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 29-31.