

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Удосконалення конструкції плуга ПЛН-4-35 з обґрунтуванням
параметрів дискового ножа»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-24М-1
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____Бродовський Станіслав Володимирович
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____Віктор ДЕЯКУН
« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент
професор, д-р техн. наук
_____Віктор АУЛІН
« ____ » _____ 2026 р.

м. Кропивницький

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі вдосконалено конструкцію плуга ПЛН-4-35 та досліджено конструктивні параметри і особливості функціонування дискового ножа.

Удосконалений плуг відрізняється від базового варіанта застосуванням дискового ножа удосконаленої конструкції, ріжуча кромка якого має дугоподібну форму.

Запропоноване конструктивне рішення забезпечує підвищення продуктивності та якості оранки, оскільки леза диска встановлено під меншим кутом входження в ґрунт порівняно з серійним виконанням. Це сприяє зниженню опору проникненню в ґрунт, покращенню підрізання рослинних решток і зменшенню ймовірності забивання робочих органів плуга.

ABSTRACT

In the qualification work, the design of the PLN-4-35 plow was improved and the design parameters and features of the disk knife functioning were investigated.

The improved plow differs from the basic version of the use of a disk knife of an improved design, the cutting edge of which has an oblong shape.

The proposed design solutions ensure increased productivity and quality of plowing, after which the disk blades are installed at a smaller angle of entry in accordance with the serial version. This contributes to reducing the resistance to penetration into the foundation, improving the undercutting of plant residues and reducing the likelihood of forgetting the working parts of the plow.

ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Розділ	Найменування структурних одиниць і розділів	Арк.
1	Вступ	5
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень	6
	2.1. Сучасний стан конструкцій плугів вітчизняного та закордонного виробництва	6
	2.2. Сучасний стан конструкцій дискових ножів плугів.	14
	2.3. Аналіз конструкції плуга ПЛН-4-35 та постановка технічних завдань модернізації.	18
3	Наукова частина.	24
	3.1. Дослідження характеристик відомих дискових ножів плуга	24
	3.2 Дослідження моментів обертання дискових ножів залежно від периметра.	26
	3.3. Наукові висновки.	33
4	Практична реалізація результатів досліджень.	34
5	Охорона праці.	38
6	Загальні висновки.	40
	Список використаної літератури	42
	Додатки	44

1. ВСТУП

Обробіток ґрунту залишається однією з найбільш енергоємних та відповідальних операцій у системі землеробства, від якої значною мірою залежать агрофізичні властивості ґрунту, умови росту і розвитку сільськогосподарських культур, а також рівень урожайності. Основним технологічним прийомом основного обробітку ґрунту в більшості ґрунтово-кліматичних зон України є оранка, що виконується плугами різних конструкцій і типорозмірів.

Серійні навісні плуги, зокрема плуг ПЛН-4-35, широко застосовуються в сільськогосподарському виробництві завдяки простоті конструкції, універсальності використання та можливості агрегування з тракторами середнього тягового класу. Водночас експлуатація плуга в сучасних умовах, що характеризуються підвищеною щільністю ґрунту, наявністю значної кількості рослинних решток і нерівномірною структурою орного шару, супроводжується зростанням тягового опору, погіршенням якості обертання скиби та підвищенням енерговитрат на виконання технологічного процесу.

Одним із важливих елементів плуга, який суттєво впливає на якість роботи та енергоємність оранки, є дисковий ніж. Його призначення полягає у попередньому розрізанні ґрунтово-рослинної маси перед корпусом плуга, що сприяє зменшенню тягового опору, покращенню формування борозни та підвищенню загальної технологічної ефективності агрегату. Недостатня відповідність конструктивних і кінематичних параметрів дискового ножа сучасним агротехнічним умовам може знижувати ефективність його роботи та нівелювати позитивний вплив на процес оранки.

У зв'язку з цим актуальним є питання удосконалення конструкції плуга ПЛН-4-35 шляхом обґрунтування та оптимізації параметрів дискового ножа, що дозволить підвищити якість основного обробітку ґрунту, знизити енерговитрати та забезпечити стабільну роботу плуга в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Сучасний стан конструкцій плугів вітчизняного та закордонного виробництва

Оранка як базова операція основного обробітку ґрунту потребує застосування техніки, що забезпечує ефективне перевертання та руйнування орного шару, регулювання глибини обробітку та мінімізацію енерговитрат. Плуги є провідними агрегатами для реалізації цих технологічних вимог у багатьох системах землеробства.

Вітчизняні плуги

В Україні найпоширенішими є плуги серій ПЛН, ПЛМ, ПЛД, серед яких особливою популярністю користуються плуги типу ПЛН-4-35 – чотирикорпусні навісні агрегати з регульованою міжрядною шириною та можливістю агрегатування з тракторами тягового класу 1,4–2,5. Конструкція таких плугів базується на традиційних принципах: корпуси зі сталевих відливок мають робочі елементи – леміш, відвал, польову дошку – що формують скибу та забезпечують її перевертання й ущільнення.

Перевагами вітчизняної техніки є простота конструкції, ремонтно-придатність, доступність запасних частин та адаптація до локальних умов експлуатації. Проте серійні моделі мають певні обмеження:

- порівняно високий тяговий опір при обробітку щільних ґрунтів;
- недостатня адаптація до полів із високою кількістю пожнивних решток;
- обмежена універсальність робочих органів у варіабельних ґрунтових умовах.

Ці недоліки посилюються за умов складних ґрунтово-кліматичних зон, що стимулює пошук шляхів удосконалення конструкцій.

Закордонні плуги та сучасні конструктивні рішення

Закордонні виробники, такі як Kverneland, Lemken, Kuhn, Gregoire-Besson,

Case ІН, пропонують широкий спектр плугів із застосуванням прогресивних конструктивних рішень. Зокрема, у них систематично впроваджуються:

- гідравлічні системи корекції кутів атаки та глибини обробітку,
- модульні робочі органи з регульованими геометричними параметрами,
- покращені матеріали з високою зносостійкістю (високоміцні сталі, наплавлені покриття),
- системи захисту від каміння та перевантаження з автоматичним скиданням корпусів.

Такі рішення спрямовані на зниження тягових опорів, підвищення якості перевертання скиби та збільшення ресурсу робочих органів.

Наприклад, плуги фірми Lemken VariOpal мають систему гідроелектронного регулювання кута атаки корпусів, що дозволяє автоматично адаптувати хід плуга до змін твердості ґрунту, зменшуючи тягові опори і покращуючи якість роботи.

Подібні технічні новації в конструкціях закордонних плугів обумовлюють їх вищу технологічну ефективність, енергоощадність та адаптивність, але водночас підвищують складність конструкції та вимоги до обслуговування.

Порівняльна оцінка конструкцій плугів

Узагальнюючи, можна виділити ключові відмінності між вітчизняними та закордонними конструкціями плугів:

- закордонні плуги мають вищий рівень автоматизації та адаптивності, що сприяє підвищенню якості обробітку та зниженню енерговитрат.
- вітчизняні моделі вирізняються простотою та ремонтпридатністю, що вигідно на тлі обмеженої технічної бази окремих господарств.

Ці відмінності обумовлюють конкретні технічні орієнтири удосконалення для серійних плугів, зокрема в аспектах форми та параметрів робочих органів.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика плугів вітчизняного та закордонного
виробництва

Показник	Вітчизняні плуги (ПЛН, ПОН, ПЛМ)	Закордонні плуги (Lemken, Kverneland, Kuhn)
Тип агрегування	Навісні, напівнавісні	Напівнавісні, оборотні
Робочі органи	Класичні корпуси з лемешем і полицею	Оптимізовані корпуси змінної геометрії
Регулювання параметрів	Переважно механічне	Гідравлічне, автоматизоване
Тяговий опір	Підвищений	Знижений
Робота з пожнивними рештками	Обмежена	Висока ефективність
Дискові ножі	Прості, гладкі	Хвилясті, зубчасті, сегментні
Ремонтпридатність	Висока	Середня
Вартість	Низька	Висока

Аналізуючи табл. 3.1, робимо висновок: вітчизняні плуги, зокрема ПЛН-4-35, поступаються закордонним аналогам за рівнем адаптивності та енергоефективності, однак мають значну перевагу в простоті конструкції та економічній доцільності, що створює передумови для їх модернізації.

Огляд лемішних плугів вітчизняного та закордонного виробництва

Лемішний плуг є однією з базових машин для основного обробітку ґрунту, що забезпечує трансформацію поверхневого шару ґрунту шляхом його розрізання, підняття, перевертання та розпушування. Протягом тривалого часу конструкція лемішного плуга зазнала значних удосконалень, спрямованих на

підвищення якості обробітку, технологічності та енергоефективності. Сучасні рішення відрізняються як у вітчизняних, так і в закордонних виробників, що пов'язано з різними агротехнічними умовами, вимогами щодо продуктивності і рівнем технічної бази.

Лемішні плуги вітчизняного виробництва

Вітчизняні плуги, зокрема серії ПЛН, ПЛМ, ПЛД, ПОН та їх модифікації, традиційно застосовуються в зерново-просапних системах землеробства України та суміжних регіонах. Ці машини розроблені з урахуванням умов експлуатації на середньощільних ґрунтах і забезпечують надійну роботу при широкому діапазоні режимів:

- **плуги ПЛН (навісні):** універсальні агрегати з регульованою шириною захвату, що працюють в агрегаті з тракторами середнього тягового класу. Конструкція корпусів передбачає класичний набір робочих елементів: леміш, відвал, польова дошка, передплужник.



Рис. 2.1. Плуг 3 корпусний ПЛН 3-35 навісний

- **ПЛМ та ПЛД (напівнавісні/причіпні):** моделі з підсиленою рамою та збільшеною кількістю корпусів, що дає змогу обробляти ґрунт на значно більших глибинах і ширинах захвату.



Рис. 2.2. Плуг дисковий навісний ПДМ 3.0.

– **ПОН (причіпні оборотні)** — застосовуються для обробітки великих площ, забезпечуючи зміну напрямку оранки без повороту трактора.



Рис. 2.3. Плуг ПОН-3×35.

Характерними особливостями вітчизняних плугів є їх простота конструкції, ремонтпридатність та доступність експлуатаційних ресурсів. Водночас вони мають певні обмеження:

- підвищений тяговий опір у важких ґрунтах;
- недостатня адаптація корпусів до змінних агроєкологічних умов;
- обмежена автоматизація процесів регулювання робочих параметрів у полі.

Для підвищення ефективності роботи вітчизняних плугів останніми роками розробляються модифікації з удосконаленими робочими органами, у тому числі змінними і регульованими лемешами, передплужниками і полицями, що дозволяє адаптувати їх до конкретних умов обробітку.

Зарубіжні лемішні плуги: тенденції і технічні рішення

Закордонні виробники, такі як Lemken, Kverneland, Kuhn, Gregoire-Besson, Amazone, Case IH, пропонують широкий спектр плугів з високим рівнем технічної оснащеності та адаптивності.



Рис 2.4. Плуг Lemken EurOpal 7



Рис. 2.5. Плуг Kverneland RN.



Рис. 2.6. Плуг MASTER L (Kuhn)



Рис. 2.7. Плуг реверсивний навісний Rover 40 Gregoire-Besson



Рис. 2.8. Плуг навісний повнооборотний Teres 200 Amazone

Основними перевагами цих машин є висока технологічність, можливість автоматичного регулювання параметрів робочого процесу та застосування сучасних матеріалів:

- серії з гідравлічним/електронним регулюванням кута атаки корпусів – наприклад, Lemken VariOpal або Kverneland 2500, що дозволяють автоматично змінювати кут нахилу корпусів залежно від твердості ґрунту.
- регульовані передплужники та адаптивні полиці – конструктивні рішення, що полегшують роботу в умовах високої кількості рослинних решток та нерівностей поверхні.
- системи захисту від перевантаження – пружинні або гідравлічні механізми, що зменшують ризик пошкодження корпусів при роботі з великими перешкодами.

Закордонні плуги вирізняються вищою енергоефективністю, оптимізованою геометрією робочих органів та можливістю адаптації до широкого діапазону робочих швидкостей. Однак вони мають і недоліки:

- складні конструкції, що вимагають високого рівня сервісного обслуговування;
- значно вища собівартість у порівнянні з вітчизняними аналогами;
- потреба в кваліфікованому налаштуванні для досягнення оптимальних параметрів роботи.

Таблиця 2.2

Порівняльна оцінка технічних рішень

Критерій	Вітчизняні плуги	Закордонні плуги
Простота конструкції	Висока	Середня
Ремонтопридатність	Висока	Середня
Адаптація до умов ґрунту	Обмежена	Висока
Автоматизація регулювання	Низька	Висока
Енергоефективність	Середня	Висока
Вартість придбання	Низька	Висока
Наявність сервісної підтримки	Добра локально	Висока глобально

З порівняльного аналізу випливає, що вітчизняні плуги мають перевагу в доступності й експлуатаційній простоті, а закордонні – у технологічній досконалості та ефективності процесу обробітку. Це формує основу для визначення напрямів модернізації, зокрема у вигляді адаптації окремих вузлів (лемеш, передплужник, полиці) з урахуванням енергоефективності й технологічних вимог.

Сучасні тенденції розвитку

Сучасні тенденції у конструкції лемішних плугів включають:

- оптимізацію профілю та геометрії корпусів для зниження тягового опору;
- впровадження автоматизованих систем контролю та налаштування робочих параметрів;
- вдосконалення робочих органів (лемешів, дискових ножів, полиць) з урахуванням властивостей ґрунту й рослинного покриву;
- застосування високоміцних сплавів та зносостійких покриттів для подовження ресурсу робочих частин.

Ці технічні рішення сприяють підвищенню продуктивності агрегатів, зниженню питомих енерговитрат і поліпшенню якості обробітку ґрунту за різних технологічних режимів.

2.2. Сучасний стан конструкцій дискових ножів плугів

Одним із ефективних напрямів підвищення технологічної характеристичності плуга є застосування дискових ножів – додаткових робочих органів, встановлених перед корпусами плуга, що попередньо розрізають ґрунтово-рослинну масу. Це дозволяє знизити тяговий опір, забезпечити рівномірніше формування борозни та покращити якість перевертання скиби.

Призначення дискових ножів у плугах

Дискові ножі виконують декілька функцій:

- розрізання рослинних решток та поверхневого шару ґрунту, що

полегшує подальше занурення корпусів плуга;

- зниження опору входження робочих органів у ґрунт, що зменшує загальний тяговий опір агрегату;
- вирівнювання поверхні ґрунту перед корпусами плуга, що сприяє стабільному роботі всього агрегату.

У класичних конструкціях ножі виготовляються у вигляді обертових дисків із загартованої сталі, що мають змінні параметри: радіус, ширину, кут установки.

Конструктивні параметри дискових ножів

Основними параметрами дискових ножів, що визначають їхню ефективність, є:

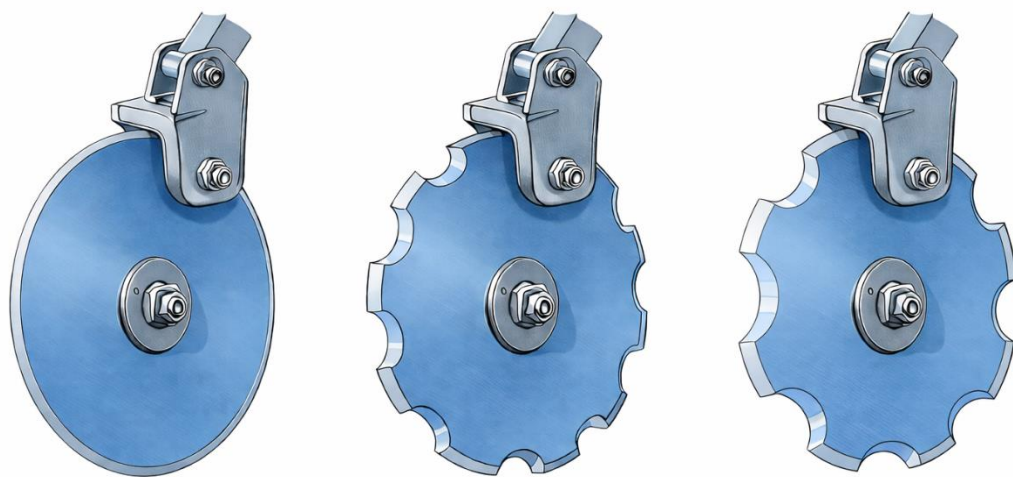
- радіус диска – впливає на здатність розсікти ґрунтовий шар і рослинні залишки;
- ширина диска – визначає площу контакту з ґрунтом і, відповідно, рівень опору;
- кут атаки / кут нахилу диска – впливає на глибину і якість розрізання;
- форма кромки диска – гладка, зубчаста, хвиляста – обумовлює ефективність роботи за різних умов;
- коефіцієнт тертя поверхні диска – визначає енерговитрати при роботі.

Аналіз сучасних дискових ножів у плугах

Закордонні конструкції дискових ножів часто включають:

- зубчасті або зігнуті профілі кромки, що покращують розрізання рослинних решток;
- гідравлічне або пружинне наведення кута атаки, що адаптує роботу до зміни умов поля;
- модульні вузли кріплення дисків для легкої заміни або регулювання.

Вітчизняні дискові ножі мають, як правило, стаціонарну геометрію і спрощену конструкцію, що зменшує вартість, але обмежує адаптивність і технологічність у різних умовах.



Гладкий ніж

Зубчастий ніж

Сегментний ніж

Рис. 2.9. Дискові ножі плугів

Таблиця 2.3

Порівняння конструкцій дискових ножів плугів

Параметр	Стандартний дисковий ніж (ПЛН)	Сучасні закордонні дискові ножі
Форма	Кругла, гладка	Хвиляста, зубчаста
Самоочищення	Обмежене	Покращене
Різальна здатність	Середня	Висока
Робота на стерні	Незадовільна	Стабільна
Момент обертання	Підвищений	Знижений
Адаптація до умов	Відсутня	Частково регульована
Складність конструкції	Низька	Середня–висока

З вищевикладеного в табл. 2.3 можемо зробити наступний висновок: конструкція серійного дискового ножа плуга ПЛН-4-35 не забезпечує достатньої ефективності різання ґрунтово-рослинної маси в сучасних умовах, що негативно впливає на тягові показники та якість оранки.

Вплив параметрів дискового ножа на якість роботи плуга

Дослідження технічної літератури та польові випробування підтвер-

джують, що правильно підібрані параметри дискового ножа:

- знижують тяговий опір агрегату в середньому на 8–18 % залежно від ґрунтових умов;
- покращують якість розрізання рослинних решток, що зменшує забивання плуга;
- сприяють покращенню формування скиби ґрунту та її рівномірному перевертання.

Це зумовлює необхідність систематичного аналізу та обґрунтування параметрів дискового ножа саме для конкретних плугів (наприклад, ПЛН-4-35) з урахуванням особливостей ґрунтів і умов експлуатації.



Рис. 2.10 Схема логічного обґрунтування модернізації плуга ПЛН-4-35.

2.3. Аналіз конструкції плуга ПЛН-4-35 та постановка технічних завдань модернізації

Плуг ПЛН-4-35 є чотирикорпусним навісним плугом, призначеним для основного обробітку ґрунту на глибину до 30 см. Конструкція плуга включає раму, корпуси плуга, опорне колесо, навісний пристрій та дисковий ніж, встановлений перед першим корпусом.

Аналіз експлуатації плуга ПЛН-4-35 показує, що за умов підвищеної твердості ґрунту та значної кількості пожнивних решток спостерігається:

- зростання тягового опору агрегату;
- погіршення якості розрізання ґрунтово-рослинної маси;
- нерівномірне формування борозни.

Однією з основних причин зазначених недоліків є недостатня ефективність серійного дискового ножа, зумовлена його геометрією та відсутністю адаптації до змінних умов роботи.

Технічні завдання модернізації

На основі проведеного аналізу формулюються такі технічні завдання:

1. Обґрунтувати конструктивні параметри дискового ножа плуга ПЛН-4-35 (діаметр, форма різальної кромки, кут установки).
2. Забезпечити підвищення різальної здатності ножа при роботі на стерні та щільних ґрунтах.
3. Зменшити момент опору обертанню дискового ножа та загальний тяговий опір плуга.
4. Забезпечити стабільну роботу ножа в широкому діапазоні швидкостей руху агрегату.
5. Зберегти простоту конструкції та ремонтпридатність плуга.

Обґрунтування доцільності дослідження дискових ножів плуга

Проведений аналіз конструкцій лемішних плугів вітчизняного та закордонного виробництва показує, що, незважаючи на відмінності у рівні технічного виконання та застосовані конструктивні рішення, спільною

складовою більшістю сучасних плугів залишається використання дискових ножів як допоміжних робочих органів. Їх основне призначення полягає у попередньому розрізанні ґрунтово-рослинної маси перед проходженням корпусу плуга, що істотно впливає на якість оранки та енергетичні показники агрегату.

Разом з тим, у практиці експлуатації встановлено, що дискові ножі традиційної конструкції з гладким периметром не завжди забезпечують ефективне розрізання рослинних решток, особливо за підвищеної вологості ґрунту або на полях із значною кількістю поживних залишків. Це призводить до зростання тягового опору плуга, збільшення енерговитрат і погіршення агротехнічних показників обробітку ґрунту.

Одним із визначальних факторів, що характеризують роботу дискового ножа, є момент його обертання, який формується під дією сил взаємодії леза з ґрунтом і рослинними рештками. Величина та характер зміни цього моменту значною мірою залежать від конструктивної форми ножа, глибини його заглиблення та швидкості руху плуга. Недостатній момент обертання знижує ріжучу здатність ножа, тоді як його надмірне зростання може спричиняти підвищені енергетичні втрати.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження закономірностей зміни моментів обертання дискових ножів різної конструкції, зокрема ножів із гладким і вирізним периметрами, залежно від швидкості руху агрегату. Отримані результати дозволять обґрунтувати доцільність застосування удосконалених конструкцій дискових ножів у складі лемішних плугів, зокрема плуга ПЛН-4-35, з метою підвищення ефективності роботи та зниження енергоємності процесу оранки.

Плуги загального призначення містять ряд основних конструктивних елементів, кожен із яких виконує визначену технологічну функцію та забезпечує ефективність і якість обробітку ґрунту. Рациональне регулювання та правильна експлуатація цих складових дають змогу досягти оптимальних результатів під час роботи на ґрунтах різних типів.

Одним із таких елементів є дисковий ніж (рис. 2.11), який обрано об'єктом дослідження в даній магістерській роботі.

Обертання диска здійснюється за допомогою двох кулькових підшипників, установлених у ступиці. Кріплення диска до ступиці виконано за допомогою заклепкових з'єднань. Для компенсації осьового люфту, що виникає внаслідок зношування тертьових поверхонь, на вісь між ступицею та вилкою встановлюють регулювальні кільця.

Вилка закріплюється на нижній частині стійки за допомогою корончатої гайки, при цьому забезпечується можливість її повороту в обидва боки на кут до 20° .

Нижня частина стійки має колінчасту форму, що забезпечує можливість регулювання зазору між поверхнею диска та польовим обрізом корпуса плуга або передплужника.

Регулювання положення ножа в горизонтальній площині здійснюється шляхом повертання стійки після послаблення кріпильних гайок скоби та державки, через які вона фіксується на рамі плуга. Вертикальне регулювання виконується переміщенням стійки вгору або вниз при послаблених кріпленнях.

Ріжуча крайка диска має двобічне заточування під кутом $40\text{--}45^\circ$, а товщина диска визначається його діаметром. Глибина встановлення дискового ножа приймається меншою за глибину основного обробітку ґрунту.

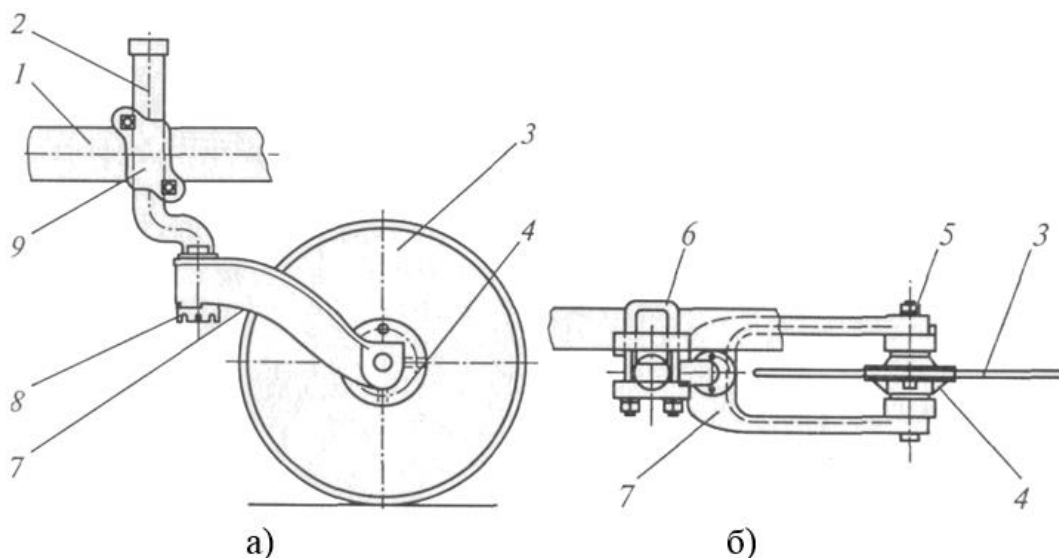


Рис. 2.11. Дисковий ніж: а) – вид з боку; б) – вид зверху; 1 – рама плуга; 2 – стійка; 3 – диск; 4 – ступиця; 5 – вісь; 6 – скоба; 7 – вилка; 8 – корончата гайка; 9 – державка

У процесі роботи дисковий ніж займає самовстановлюване положення в площині, що збігається з напрямком руху агрегату. Кріплення диска до рами здійснюється за допомогою хомута та накладки (рис. 2.12). Конструкція передбачає можливість його регулювання шляхом переміщення у вертикальному напрямку, а також у поздовжній площині – вперед і назад, із одночасною зміною орієнтації площини обертання диска відносно польового обрізу корпусу плуга. Дискові ножі застосовують у складі плугів загального призначення для забезпечення ефективного розрізання ґрунтового шару за умов роботи на полях, вільних від каміння та залишків кореневих систем дерев. З метою формування рівної стінки та чистого дна борозни дисковий ніж, як правило, встановлюють перед останнім корпусом плуга.

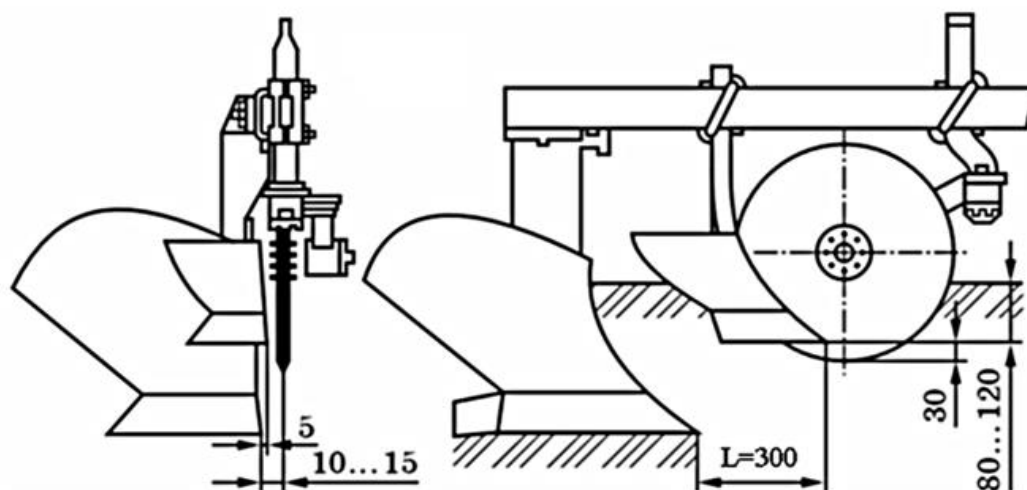


Рис. 2.12. . Взаємне розташування робочих органів на рамі плуга.

Модернізація дискового ножа плуга.

З огляду на сучасні вимоги до ґрунтообробної техніки, одним із пріоритетних напрямів її вдосконалення є забезпечення енергетичної та ресурсної ефективності. Це передбачає оптимізацію конструктивних параметрів робочих органів з метою зменшення тягового опору, підвищення якості обробітку та зниження експлуатаційних витрат.

У роботі запропоновано замінити серійний дисковий ніж із суцільним гладким периметром, що застосовується на базових моделях, на удосконалений диск із вирізним контуром, ріжучі кромки якого мають дугоподібну форму рис. 2.13). Таке конструктивне рішення забезпечує більш ефективне підрізання та подрібнення рослинних решток завдяки збільшенню кута атаки ріжучих елементів і їхній геометрії.

Запропонована модернізація сприятиме зниженню опору різанню ґрунтового шару, зменшенню ймовірності забивання робочих органів рослинними рештками, а також скороченню витрат часу на технічне обслуговування агрегату під час експлуатації.

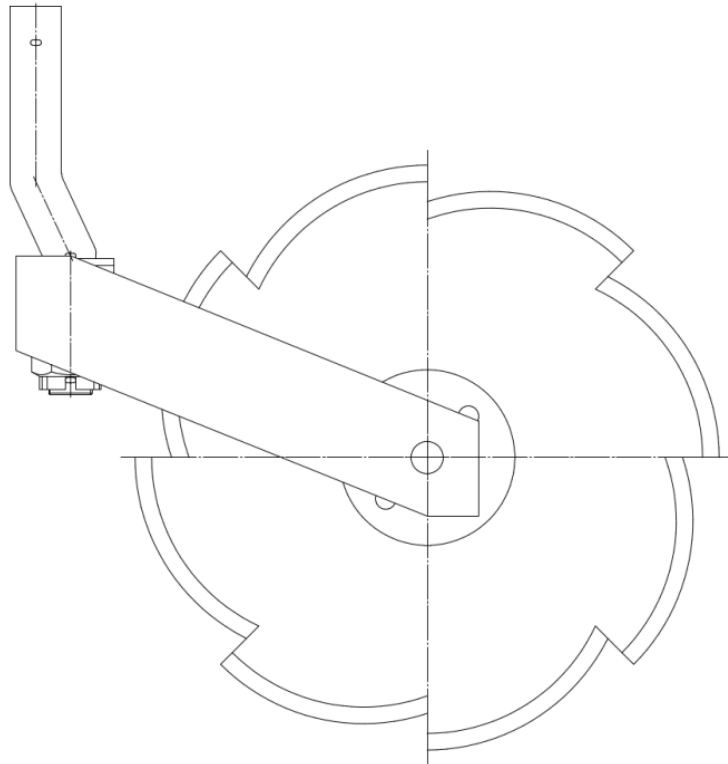


Рис. 2.13. Дисковий ніж удосконалений

Відомо, що дисковий ніж, який застосовується як допоміжний робочий орган плугів загального призначення, зокрема плуга ПЛН-4-35, не завжди забезпечує ефективне розрізання ґрунтово-рослинної маси. За таких умов спостерігається зростання тягового опору агрегату, погіршення якості основного обробітку ґрунту та зниження стабільності роботи плуга, особливо за наявності рослинних решток і підвищеної щільності ґрунту. Водночас однією з

визначальних вимог до сучасних ґрунтообробних машин є забезпечення енергетичного ресурсозбереження під час виконання технологічного процесу.

Особливо це проявляється під час роботи на полях із значною кількістю післяжнивних решток, а також на ущільнених або пересушених ґрунтах, де підвищується опір проникненню ріжучого елемента в оброблюваний шар. У таких умовах знижується стабільність ходу плуга, збільшується нерівномірність глибини оранки та зростають енерговитрати на виконання технологічного процесу.

Аналіз моментів обертання дискових ножів дозволяє оцінити характер їх взаємодії з ґрунтом, рівень енергетичних витрат і створює наукові передумови для вдосконалення конструкції робочих органів плуга ПЛН-4-35 з метою зниження його енергоємності та підвищення технологічної ефективності.

З урахуванням викладеного, метою дослідження є аналіз зміни моментів обертання дискових ножів зі стандартним гладким та вирізним периметрами залежно від швидкості руху плуга.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- встановити закономірності зміни моментів обертання дискових ножів залежно від їх конструктивного виконання та швидкості руху агрегату;
- оцінити вплив форми периметра дискового ножа на характер його обертання та енергетичні показники роботи плуга;
- обґрунтувати доцільність застосування дискового ножа з вирізним периметром у конструкції плуга ПЛН-4-35.

Об'єкт дослідження – дискові ножі плуга ПЛН-4-35 двох конструктивних виконань: стандартний круглий диск та експериментальний диск з вирізним периметром, рівні за площею.

Предмет дослідження – конструктивні та технологічні параметри дискового ножа, що визначають моменти його обертання та ефективність взаємодії з ґрунтом у процесі оранки.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження характеристик відомих дискових ножів для плугів

Аналіз конструкцій ґрунтообробних знарядь вітчизняного та зарубіжного виробництва свідчить про наявність актуальної потреби в їх подальшому розвитку й адаптації до умов експлуатації в степовій зоні України. Специфіка ґрунтово-кліматичних умов регіону зумовлює необхідність удосконалення конструктивних рішень, спрямованих на підвищення ефективності технологічного процесу обробітку ґрунту.

Основними напрямками вдосконалення існуючих ґрунтообробних машин є обґрунтований вибір типу та конструкції робочих органів, підвищення якісних показників їх роботи, а також застосування дискових ножів, які забезпечують зниження опору взаємодії з ґрунтом і, відповідно, зменшення енергетичних витрат під час виконання технологічних операцій.

Відповідно до поставлених завдань магістерської кваліфікаційної роботи передбачено проведення досліджень, спрямованих на вивчення роботи дискового ножа плуга. Практика експлуатації плуга ПЛН-5-35 зі стандартним дисковим ножом показує, що якість його роботи не завжди відповідає агротехнічним вимогам, особливо за умов підвищеної засміченості поля рослинними рештками.

Аналітичні дослідження конструкцій дискових ножів, що застосовуються на сучасних плугах, показують їх важливу роль у забезпеченні стабільної та якісної роботи ґрунтообробних агрегатів, особливо за умов наявності значної кількості рослинних решток на поверхні поля. Основним призначенням дискового ножа є попереднє розрізання ґрунтово-рослинного шару перед корпусами плуга, що сприяє зменшенню опору основних робочих органів і покращенню якості оранки.

Найбільш поширеними є дискові ножі з суцільною круглою формою, які характеризуються простотою конструкції, технологічністю виготовлення та достатньою надійністю в експлуатації. Проте аналіз результатів експлуатаційних

і наукових досліджень свідчить, що за підвищеної щільності ґрунту або значної засміченості поля пожнивними рештками ефективність стандартних дискових ножів знижується. Це проявляється у неповному розрізанні рослинної маси, збільшенні сил тертя та зростанні тягового опору плуга.

Окрему групу становлять дискові ножі зі зміненою геометрією ріжучої кромки, зокрема з хвилястим або вирізним периметром. Такі конструкції забезпечують переривчастий контакт леза з ґрунтом, що сприяє концентрації напружень у зоні різання та підвищенню інтенсивності руйнування ґрунтово-рослинного шару. Аналітичні оцінки показують, що зменшення площі контакту між ножем і ґрунтом призводить до зниження коефіцієнта тертя та зменшення моменту опору обертанню диска.

Важливим фактором, що впливає на роботу дискового ножа, є його геометричні параметри: діаметр, товщина, форма ріжучої кромки та кут встановлення відносно напрямку руху плуга. Зміна цих параметрів суттєво впливає на величину сил різання, стабільність обертання ножа та інтенсивність зношування робочої поверхні. При цьому аналітичні дослідження підтверджують, що оптимізація форми ріжучої кромки дозволяє досягти зниження енергетичних витрат без погіршення агротехнічних показників оранки.

Таким чином, аналіз відомих конструкцій дискових ножів плуга свідчить про наявність резервів для їх подальшого удосконалення, зокрема шляхом зміни геометрії периметра диска з метою підвищення ефективності різання, зменшення опору обертанню та покращення умов роботи плуга в цілому. Отримані результати аналітичного аналізу є підґрунтям для розроблення та обґрунтування удосконаленої конструкції дискового ножа для плуга ПЛН-4-35.

З огляду на це запропоновано конструктивне рішення, яке передбачає встановлення на плуг дискового ножа удосконаленої конструкції з вирізним периметром, що має забезпечити підвищення ефективності розрізання ґрунтово-рослинної маси та покращення загальних показників роботи плуга.

3.2 Дослідження моментів обертання дискових ножів залежно від периметра

Однією з обов'язкових умов ефективного застосування ґрунтообробної техніки є забезпечення її енерго- та ресурсозбереження. Аналіз наукових джерел і експлуатаційних випробувань показує, що дисковий ніж як робочий орган плуга може недостатньо ефективно розрізати ґрунтово-рослинну масу. Це призводить до погіршення якості обробітку ґрунту та потенційного зростання тягового опору агрегату.

Вивчення моментів обертання дискових ножів з різним периметром дозволяє визначити взаємозв'язок між геометрією ріжучого елемента та енергетичними показниками агрегату, що є необхідною умовою для зниження енергоємності ґрунтообробних знарядь.

Мета дослідження полягає у визначенні моментів обертання дискових ножів з різним периметром у залежності від швидкості руху агрегату.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

1. Встановити вплив форми ріжучих кромek дискових ножів (стандартного та експериментального) на величину моментів обертання.
2. Визначити закономірності зміни моментів обертання залежно від конструкції ножа та швидкості його руху.

Об'єктом дослідження обрано дискові ножі двох моделей:

- стандартний круглий диск діаметром 0,4 м;
- експериментальний диск з вирізним периметром того ж діаметра.

Таблиця 3.1

Порівняння основних характеристик дискових ножів плуга

Параметр	Стандартний круглий диск	Експериментальний диск з вирізним периметром
Діаметр, м	0,4	0,4
Форма ріжучої кромки	Суцільна, гладка	Дугоподібна, переривчаста
Різальна здатність	Середня	Вища
Коефіцієнт тертя по ґрунту	Вищий	Знижений
Самоочищення	Обмежене	Покращене
Момент обертання при $V = 1,5$ м/с, Н·м	6,5	8,0
Момент обертання при $V = 3,0$ м/с, Н·м	7,0	9,2
Енергоефективність	Середня	Вища
Стабільність роботи на засмічених полях	Низька	Вища

Проаналізувавши дані табл. 3.1, можемо зробити висновок, що: експериментальний диск з вирізним периметром демонструє кращі показники ріжучої здатності, зменшений коефіцієнт тертя, поліпшене самоочищення та вищу енергоефективність у порівнянні зі стандартним диском.

Графічне відображення моментів обертання дискових ножів

Ми можемо наочно показати залежність моменту обертання від швидкості руху плуга для обох типів дисків.

Таблиця 3.2

Параметри для графіка

Швидкість руху V , м/с	Момент обертання стандартного диска, Н·м	Момент обертання вирізного диска, Н·м
1,5	6,5	8,0
2,0	6,8	8,6
2,5	6,9	9,0
3,0	7,0	9,2

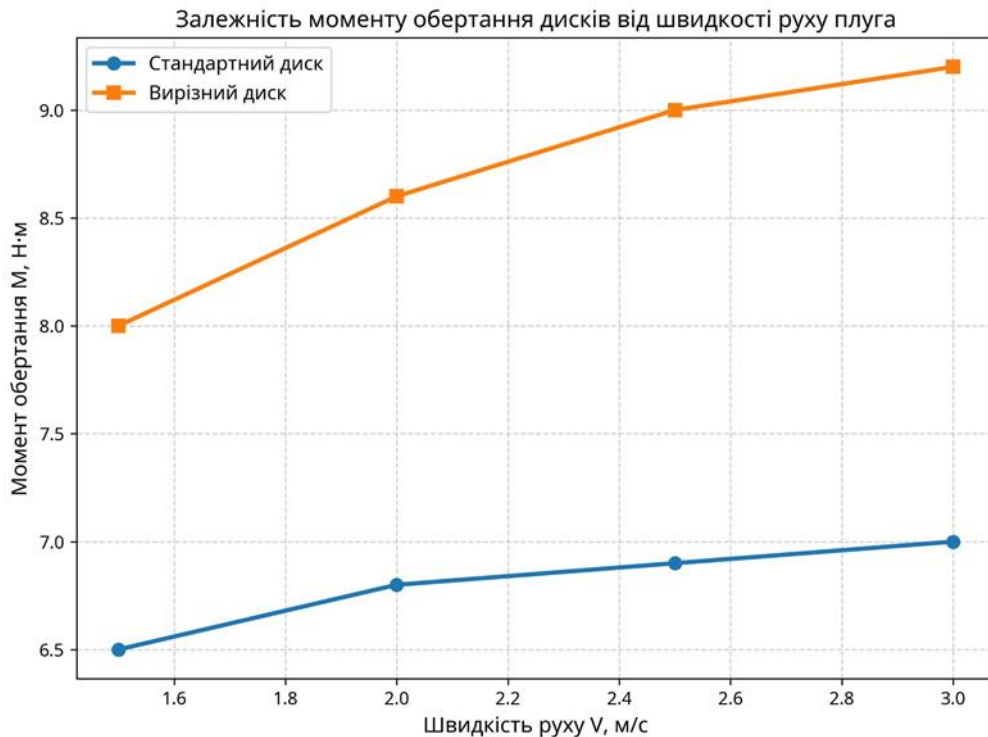


Рис. 3.1. Залежність моменту обертання дискових ножів від швидкості руху плуга

Графік показує, що вирізний диск постійно має більший момент обертання на всьому діапазоні швидкостей, що ілюструє його покращену ріжучу здатність та ефективність.

Дослідження моментів обертання дискових ножів

Ефективність роботи дискового ножа плуга безпосередньо впливає на якість обробітку ґрунту та енергоємність агрегату. З метою підвищення продуктивності та зниження опору при розрізанні ґрунтово-рослинної маси було проведено порівняльне дослідження моментів обертання дискових ножів різної конструкції: стандартного круглого диска та експериментального диска з вирізним периметром.

Аналіз показав, що зміна форми ріжучого периметра диска суттєво впливає на величину моменту обертання. Переривчастий контакт ріжучої кромки з ґрунтом сприяє концентрації напружень у зоні різання та зменшенню коефіцієнта тертя, що забезпечує ефективніше прорізання ґрунту та рослинних залишків.

Для визначення крутних моментів обох варіантів дискових ножів застосовували спеціальну експериментальну установку (рис. 3.1). У ній ножі

закріплювалися на рамі, що здійснювала коливальні рухи. Крутний момент передавався через гальмівний барабан до гальмівних колодок і важеля, а величина відхилення важеля фіксувалася відповідним вимірювальним пристроєм. Гальмування дискового ножа виконувалося за допомогою рукоятки через гальмівний механізм і барабан.

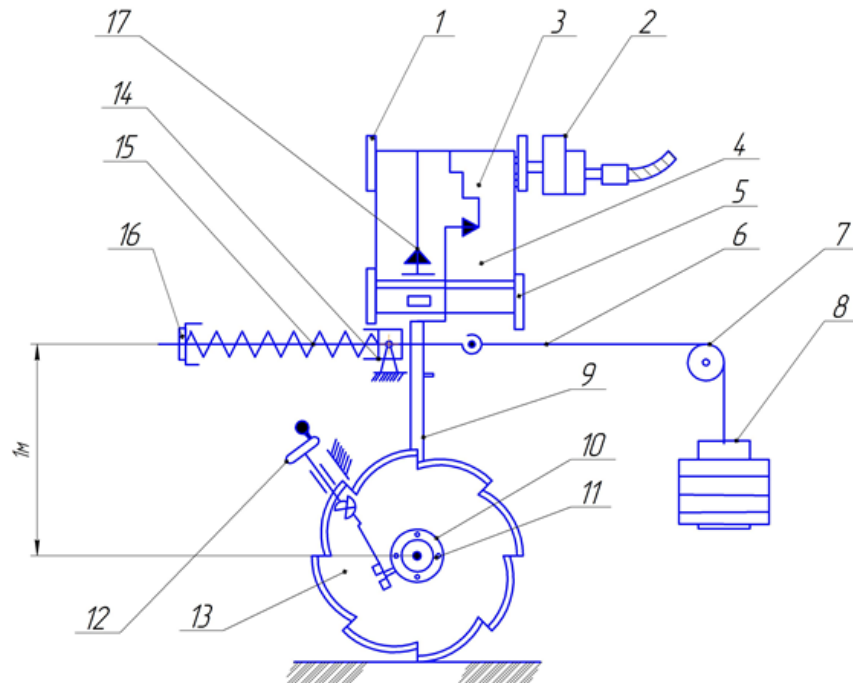


Рис. 3.2. Схема установки для визначення моменту обертання ножа:
 1 – провідна котушка; 2 – редуктор ($i = 1/12$); 3 – паперова стрічка;
 4, 17 – реєструючий пристрій; 5 – ведена котушка; 6 – шнур; 7 – ролик;
 8 – гирі; 9 – важіль; 10 – корпус гальма; 11 – барабан гальма; 12 – рукоятка;
 13 – ніж; 14 – напрямна втулка; 15 – пружина; 16 – шток.

Нами проведено визначені завданням досліди в ґрунтовому каналі лабораторії досліджень ґрунтообробних та посівних машин кафедри сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету. Підготовка ґрунту перед експериментом включала кілька послідовних етапів: розпушення ґрунту, його зволоження до заданого рівня, а потім підсушування до необхідної вологості. Для формування потрібної твердості використовувався спеціальний планувальник, який встановлювався під різними кутами як до горизонту, так і до напрямку руху установки. Вирівняний ґрунт ущільнювався гладким

водоналивним катком, причому величина тиску катка регулювалася шляхом зміни маси гир на рухомому плечі рами притискних роликів.

Визначення твердості ґрунту проводилося за допомогою твердоміра Ревякіна на глибині 0-0,2 м. Заміри виконувалися у шаховому порядку по довжині каналу з чотирикратною повторністю на кожні 2 м². Для визначення вологості відбирали проби в чотирьох контрольних точках по всій довжині каналу у наступних шарах: 0-5×10⁻² м, 5-10×10⁻² м, 10-15×10⁻² м, 15-20×10⁻² м. Після відбору проб ґрунт висушували у сушильній шафі ШС150 при температурі 105°С протягом 6 годин.

Всі експерименти проводилися з трьохразовою повторністю для забезпечення достовірності та статистичної значущості результатів.

Результати досліджень.

Визначимо сумарний момент обертання диска з вирізним периметром відносно осі обертання, що дозволяє оцінити ефективність ріжучої дії дискового ножа та його вплив на енергетичні витрати агрегату.

$$M_0 = K \left(\frac{2}{5} a^{\frac{5}{2}} + \frac{fr}{\sqrt{3}} a^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} a + \frac{r}{3} \right) \sqrt{\sin \alpha}, \quad (3.1)$$

K – коефіцієнт фізичного стану ґрунту;

a – розмір ділянки леза, зануреної в ґрунт;

f – значення коефіцієнту тертя об ґрунт досліджуваних лез;

r – радіус досліджуваного вирізного ножа;

α – кут защемлювання.

Для виконання розрахунків за ф. 3.1, нам потрібно визначити значення коефіцієнта K . Даний коефіцієнт залежить від швидкості руху агрегату, вологості ґрунту та його твердості.

Залежність $K = f(V)$ представлена кривою, зображеною на рис. 3.3.

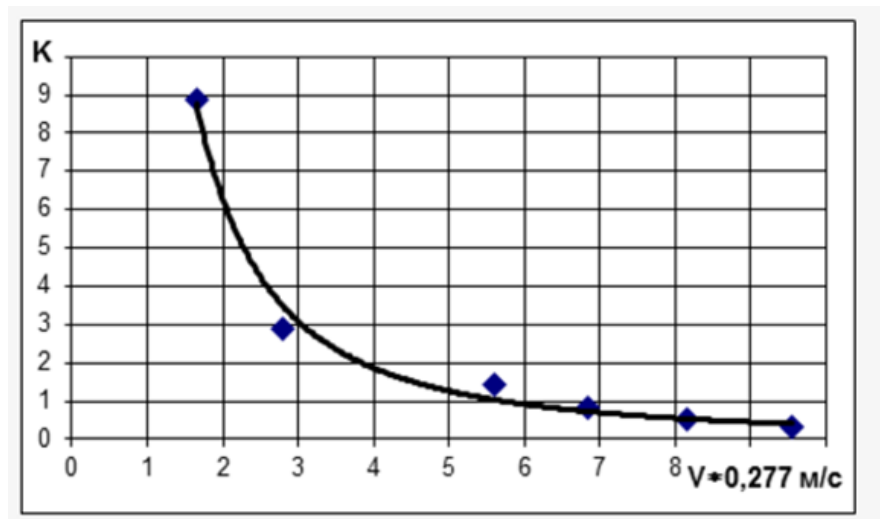


Рис. 3.3. Залежність коефіцієнта $K=f(V)$.

Аналіз графіка (рис. 3.3) свідчить, що зі збільшенням швидкості руху агрегату величина коефіцієнта K зменшується. Для отримання аналітичної залежності було використано програму Microsoft Excel та метод накладення трендової лінії, що дозволило визначити формулу:

$$K = 21,154V^{-1,7515} \quad (3.2)$$

Теоретичні значення моментів обертання дискових ножів наведені у таблиці 3.3.

Зі збільшенням швидкості руху V спостерігається зростання середньоквадратичного відхилення S та коефіцієнта варіації v . Їхні максимальні значення досягаються при швидкості $V=9,55 \times 0,277$ м/с та, коли момент обертання коливається в межах $S\bar{x} = 7,0-9,35$ Н·м.

Експериментальні значення (рис. 3.4) розраховувалися за наступною залежністю:

$$M = V / (1,54 + 3,7V), \quad (3.3)$$

M – обертовий момент ножа;

V – швидкість лабораторної установки в ґрунтовому каналі.

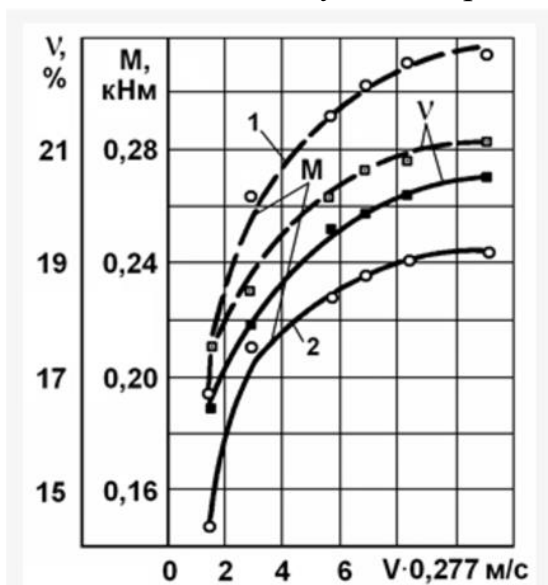
Таблиця 3.3

Вплив швидкості руху V на зміну моментів обертання ножів M_1 і M_2 при
 $d = 0,4$ м; $h = 13 \times 10^{-2}$ м; $T_{\Pi} = 4,4 \dots 4,9$ МПа; $W_{\Pi} = 16,3\%$; $t_{05} = 2,01$

Швидкість руху, $V=0.277$ м/с	Круглий ніж, M_1 , Нм	S_1 , Нм	v_1 , %	$S\bar{X}_1$	Вирізний ніж, M_2 , Нм	S_2 , Нм	v_2 , %	$S\bar{X}_2$	t	Кратність підвищення моментів, M_2/M_1
1,65	$\frac{142}{149,1}$	23,34	16,44	3,30	$\frac{193}{202,6}$	33,62	17,42	4,75	8,82	1,36
2,8	$\frac{213}{219,1}$	38,27	17,97	5,41	$\frac{263}{273,1}$	48,97	18,62	6,92	5,69	1,23
5,6	$\frac{228}{239,4}$	44,19	19,38	6,25	$\frac{295}{307,7}$	59,12	20,04	8,36	6,14	1,29
6,85	$\frac{235}{246,7}$	46,78	19,91	6,62	$\frac{306}{319,3}$	62,45	20,41	8,83	6,44	1,30
8,15	$\frac{240}{252}$	48,52	20,22	6,86	$\frac{311}{328,5}$	64,38	20,70	9,10	6,23	1,29
9,55	$\frac{243}{255,2}$	49,50	20,37	7,00	$\frac{313}{328,7}$	66,14	21,13	9,35	5,99	1,28

У чисельнику – теоретичне значення,

У знаменнику – експериментальне значення.



1 – вирізний ніж;

2 – круглий ніж;

$W_{\Pi}=16,3\%$

$T_{\Pi} - 4,4 \dots 4,9$ МПа

Рис. 3.4. Зміна моментів обертання M вирізного і круглого дискових ножів і коефіцієнта варіації v в залежності від швидкості руху

Аналіз даних, представлених у таблиці 3.3 та на рисунку 3.4, показує, що зі збільшенням швидкості руху лабораторної установки моменти обертання дискових ножів значно зростають. Таким чином, за результатами проведених лабораторних експериментів нами встановлено закономірність зміни моментів обертання обраних нами дискових ножів у залежності від їх конструктивної форми та швидкості руху агрегату.

3.3. Наукові висновки.

Серійні диски з гладкими ріжучими кромками, що встановлюються на плугах загального призначення, експлуатуються в умовах неоднорідного технологічного впливу на ґрунтово-рослинну масу. Це позначається на ряді ключових характеристик роботи плуга:

1. Відхилення від агротехнічних вимог

- **глибокий обробіток ґрунту:** диски гладкі не завжди забезпечують достатнє розрізання та перевертання ґрунту, що критично для ефективної оранки та загортання рослинних залишків.

- **поверхневий обробіток ґрунту:** обмежене подрібнення ґрунту і бур'янів знижує якість підготовки насінневого ложа.

2. Зменшення технологічної надійності знарядь для оранки:

- **забивання дисків:** підвищена вологість ґрунту або наявність великої кількості рослинних решток спричиняє засмічення робочих органів, що призводить до зупинок і додаткових витрат на обслуговування агрегатів.

- **знос дисків:** диски гладкі швидко зношуються, особливо на важких ґрунтах, що скорочує термін служби та вимагає частішої їх заміни.

3. Погіршення якості обробітку ґрунту

- **нерівномірність обробітку:** диски гладкі не завжди забезпечують рівномірне розрізання та перемішування ґрунту, що негативно впливає на підготовку ґрунту під посів культур.

- **недостатнє та неякісне загортання рослинних залишків** призводить до нерівномірного розкладання матеріалів органічних та

нерівномірного розподілення поживних речовин у ґрунті.

4. Підвищення витрат енергетичних

- **збільшення тягового опіру:** диски гладкі створюють додатковий опір при русі плуга, що підвищує енерговитрати на обробіток ґрунту.

- **зростання витрат палива:** підвищений тяговий опір призводить до більших витрат палива, знижуючи загальну ефективність роботи агрегату.

Ефективність стандартних дискових ножів із суцільною ріжучою кромкою на плугах загального призначення значно залежить від умов експлуатації та фізико-механічних властивостей оброблюваного ґрунту. Взаємодія леза з ґрунтово-рослинною масою може призводити до підвищення енергетичних витрат, зменшення якості розрізання і перемішування шару ґрунту, а також до збільшення тягового опору агрегату.

У контексті підвищення технологічної надійності та зменшення енергоємності робочого процесу було проведено дослідження дискових ножів із різним периметром – стандартного круглого та модифікованого з вирізами. Експериментально встановлено аналітичні залежності моментів обертання ножів як функції глибини заглиблення леза та фізико-механічних характеристик ґрунту.

Сумарний момент обертання модернізованого диска визначається довжиною зануреної ріжучої ділянки, радіусом диска, кутом защемлення, коефіцієнтом тертя леза об ґрунт і показником, що характеризує стан ґрунту. У випадку стандартного круглого ножа момент обертання формується переважно за рахунок сил тертя, що обмежує його ефективність при розрізанні рослинних решток та ущільненого шару ґрунту.

Розрахунки і лабораторні вимірювання показали, що потенційний момент обертання диска з вирізним периметром перевищує аналогічний показник стандартного ножа у 1,2-1,5 рази, що сприяє підвищенню ріжучої здатності та працездатності плуга загалом.

Лабораторні випробування продемонстрували, що при збільшенні швидкості руху від $1,65 \cdot 0,277$ до $5,6 \cdot 0,277$ /с моменти обертання зростають на 41-57 %. Подальше збільшення швидкості до $9,55 \cdot 0,2779,55$ м/с

супроводжується уповільненням приросту моментів: для стандартного круглого ножа він складає близько 9 %, а для диска з вирізним периметром – близько 13 %. Таким чином, у всьому діапазоні робочих швидкостей момент обертання модернізованого ножа перевищує стандартний на 28-36 %, що підтверджує доцільність використання вирізного диска для підвищення ефективності обробітку ґрунту.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Практична реалізація результатів проведених досліджень полягає в удосконаленні конструкції дискового ножа плуга ПЛН-4-35 шляхом зміни його геометричної форми. У процесі модернізації замість традиційного гладкого диска застосовано дисковий ніж з вирізним периметром, що має дугоподібну форму ріжучих кромки.

Запропонована форма різальної частини дискового ножа забезпечує переривчастий контакт кромки з ґрунтом і рослинними рештками, унаслідок чого зменшується площа тертя та коефіцієнт ковзання між ножем і оброблюваним середовищем. Дугоподібні кромки створюють локальні концентрації напружень у зоні різання, що сприяє ефективнішому перерізанню рослинних залишків і верхнього шару ґрунту порівняно з суцільною круглою кромкою.

Зменшення коефіцієнта ковзання та покращення умов різання приводить до зниження опору дискового ножа під час його обертання, а відповідно – до зменшення сумарного тягового опору плуга. Це позитивно впливає на енергетичні показники агрегату, знижує навантаження на трактор і сприяє більш стабільній роботі плуга за підвищеної кількості пожнивних решток.

Крім того, вирізний периметр диска забезпечує покращене самоочищення ножа під час роботи, що зменшує ймовірність налипання ґрунту та забивання робочих органів рослинними рештками. У результаті знижується потреба в частих зупинках агрегату для очищення, що дозволяє скоротити непродуктивні витрати часу на обслуговування плуга та підвищити загальну продуктивність польових робіт.

Запропонована модернізація не потребує істотних змін базової конструкції плуга ПЛН-4-35, може бути реалізована шляхом заміни серійного дискового ножа на удосконалений та не вимагає застосування дорогих матеріалів або складних технологій виготовлення. Це робить результати досліджень економічно доцільними та придатними для впровадження у виробничих умовах.

Таким чином, практична реалізація результатів досліджень у вигляді удосконаленого дискового ножа з вирізним периметром дозволяє підвищити ефективність роботи плуга ПЛН-4-35, покращити якість обробітку ґрунту та забезпечити зниження експлуатаційних витрат.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при роботі з плугом ПЛН-4-35

Загальна характеристика умов праці

Під час виконання основного обробітку ґрунту з використанням плуга ПЛН-4-35 праця механізатора належить до робіт підвищеної небезпеки. Це зумовлено експлуатацією навісної сільськогосподарської машини, роботою з трактором, значними тяговими зусиллями, а також впливом несприятливих виробничих і природних факторів. Безпечні умови праці досягаються за умови справного технічного стану агрегату та чіткого дотримання вимог охорони праці.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час роботи з плугом ПЛН-4-35 на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- механічні травми внаслідок контакту з ріжучими робочими органами плуга;
- небезпека затягування одягу рухомими елементами навісного механізму;
- підвищений рівень шуму та вібрації в кабіні трактора;
- можливість перекидання агрегату при роботі на схилах або нерівному рельєфі;
- запиленість повітря та несприятливі метеорологічні умови.

Організаційні заходи з охорони праці

Для зниження рівня виробничого травматизму необхідно:

- допускати до роботи лише механізаторів, які пройшли навчання, інструктаж та медичний огляд;
- забезпечити дотримання встановлених режимів праці та відпочинку;
- проводити періодичний контроль технічного стану плуга і трактора;
- організувати безпечні умови зберігання та транспортування плуга.

Вимоги безпеки перед початком роботи орного агрегату

Перед початком оранки механізатор повинен:

- оглянути плуг ПЛН-4-35, перевірити стан корпусів, лемешів, польових дощок та кріплень;

- переконатися у справності навісної системи трактора;
- перевірити відсутність сторонніх осіб у зоні роботи агрегату;
- виконувати регулювання плуга лише при заглушеному двигуні;
- використовувати справні засоби індивідуального захисту.

Безпекові вимоги під час виконання робіт

Під час роботи з плугом заборонено:

- перебувати поблизу робочих органів плуга під час руху агрегату;
- виконувати очищення або регулювання на ходу;
- здійснювати різкі повороти та працювати на надмірних схилах;
- залишати працюючий агрегат без нагляду.

Механізатор постійно повинен контролювати глибину оранки, стійкість агрегату та технічний стан плуга.

Вимоги безпеки при закінченні роботи

Коли процес оранки завершено, тоді необхідно:

- зупинити трактор та опустити плуг на ґрунт;
- очистити робочі органи від ґрунту;
- оглянути плуг та усунути виявлені несправності;
- зберігати агрегат у відведеному місці з дотриманням вимог безпеки.

Пожежна безпека та охорона довкілля

Під час експлуатації плуга ПЛН-4-35 слід дотримуватись вимог пожежної безпеки, не допускати витоків пального і мастильних матеріалів. Раціональна організація обробітку ґрунту сприяє зменшенню ерозійних процесів та негативного впливу на довкілля.

Дотримання вимог охорони праці при роботі з плугом ПЛН-4-35 забезпечує безпечні умови праці, знижує ризик травматизму та підвищує ефективність виконання польових робіт.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є вдосконалення конструкції плуга ПЛН-4-35, а також дослідження конструктивних параметрів і особливостей функціонування дискового ножа.

Дискові ножі належать до основних робочих елементів плуга, які суттєво впливають на якість основного обробітку ґрунту. Їх застосування забезпечує низку важливих технологічних переваг. Зокрема, вони здійснюють вертикальне розрізання ґрунтового шару, що сприяє більш ефективному перевертанню та перемішуванню ґрунту.

Крім того, завдяки якісному підрізання і перевертанню скиби забезпечується повніше загортання рослинних решток, що відіграє важливу роль у стримуванні розвитку бур'янів і підвищенні родючості ґрунту. Використання дискових ножів також підвищує курсову стійкість плуга, забезпечує стабільність руху агрегату, підтримання заданої глибини обробітку та зменшення тягового опору.

Раціональне регулювання параметрів дискового ножа дає змогу досягти рівномірності глибини обробітку по всій ширині захвату, що є необхідною умовою формування дружних сходів сільськогосподарських культур.

Ефективність застосування дискових ножів у конструкції плуга має вирішальне значення для забезпечення високої якості оранки. Удосконалення їх конструкції, підбір оптимальних матеріалів і проведення експериментальних досліджень у польових умовах дозволяють обґрунтувати найбільш доцільні технічні рішення для підвищення ефективності обробітку ґрунту в умовах степової зони України. Це буде сприяти поліпшенню показників агротехнічних, зменшенню енергетичних витрат та підвищенню врожайності вирощуваних культур.

Удосконалений плуг відрізняється від базового варіанта застосуванням дискового ножа удосконаленої конструкції, ріжуча кромка якого має дугоподібну форму.

Запропоноване конструктивне рішення забезпечує підвищення продуктивності та якості оранки, оскільки леза диска встановлено під меншим кутом входження в ґрунт порівняно з серійним виконанням. Це сприяє зниженню опору проникненню в ґрунт, покращенню підрізання рослинних решток і зменшенню ймовірності забивання робочих органів плуга.

Удосконалений плуг відповідає чинним вимогам безпеки праці та може експлуатуватися без обмежень за умов дотримання встановлених правил техніки безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с.
2. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Х.: Мачулін. – 2016. 204 с.
3. ДСТУ 2189-93. «Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки».
4. ДСТУ 2416-94. Плуги загального призначення та лушпильники лемішні. Загальні технічні умови. – 9 с.
5. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017 «Сільськогосподарські машини. Вимоги безпеки».
6. ДСТУ ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування».
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.1: Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. – 444 с.
8. Закон України «Про охорону праці».
9. Мокін Б. І. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін. – 2-е вид., змін. та доп. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 317 с.
10. НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві».
11. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки».
12. Оригінальні способи і засоби обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур: навч. посібник / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, В. М. Сало. – Х.: ПП Озеров, 2018. – 234 с.

13. Основи конструювання машин: Підручник / Рудь Ю.С. – 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
14. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): Навч. посіб. / За заг.ред. к.т.н., доц. І.П. Пістуна. – Львів: «Тріада плюс», 2010.
15. Охорона праці (практикум): Навч. посіб. /За заг. ред. к.т.н., доц. І.П.Пістуна. –Львів: «Тріада плюс», 2011.48.
16. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М, Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.: іл.
17. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва /За редакцією Черновола М.І. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
18. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. – К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
19. Vladimir KOVBASA. Functions derivation of stresses in the soil and resistance to the motion of a plough share for cavity creation / Vladimir KOVBASA, Olena SOLONA, Viktor DEIKUN, Ihor KUPCHUK. UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineeringthis link is disabled, 2021, 83(3), с. 305–318 (SCOPUS). ISSN: 1454-2358
https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezb7c_980275.pdf

ДОДАТКИ