

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ВАВЕЛЮК ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ**

**УДК 631.31**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Підвищення надійності деталей сільськогосподарських  
машин, які піддаються абразивному зношуванню**

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

\_\_\_\_\_ В. І. Вавелюк

**Керівник роботи**

Савченко В. М.

к.т.н., доцент

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Вавелюк Василь Іванович. Підвищення надійності деталей сільськогосподарських машин, які піддаються абразивному зношуванню. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі розроблено конструкцію лемешів – долотоподібного і трапецієподібного зі змінною шириною, що мають такі відмінні риси у порівнянні з серійним лемешем П-702: кут загострення носової частини –  $25...30^\circ$ , лезової –  $8...10^\circ$ , кут нахилу носової частини до дна борозни –  $30^\circ$ , лезової частини – змінюється від  $30^\circ$  до  $15^\circ$ , товщина носової частини –  $10...12$  мм, лезової частини –  $8...10$  мм, товщина леза –  $2 + 0,5$  мм.

В роботі розроблено технології зміцнення деталей корпусу плуга – лемеша, відвалу (грудей відвалу) на основі застосування різних зносостійких матеріалів, в тому числі: наплавлення (ручного дугового, плазмового, індукційного); наплавлювальних електродів (Т-590, ОЗІ-6); порошкових матеріалів (ПГ УСЧ-30, ПГ УСЧ-31, ФБХ-6-2 та ін.); білого зносостійкого чавуну ИБЧ 300Х9Ф6; зносостійкої сталі Х12; корундової кераміки; композиційного покриття в складі клею ВК-36 та корундових зерен розміром 0,001, 0,05 і 0,1 мкм.

Визначені особливості зношування робочих органів плуга та надані рекомендації щодо раціональної товщини зміцненого шару носка лемеша для різних марок сталей і різних зміцнюючих матеріалів. Запропонована нова марка сталі для виготовлення лемеша, сталь 40Х і зміцнюючі технології, які дозволяють підвищити довговічність деталей плужних корпусів в 3...4 рази в порівнянні з існуючими.

*Ключові слова: леміш, плуг, відвал, зміцнення, сталь, ресурс, зносостійкість*

## ANNOTATION

**Vavelyuk Vasyl Ivanovych. Improving the reliability of parts of agricultural machines that are subject to abrasive wear. – *Qualification work on the rights of the manuscript.***

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's work the design of plowshares - chisel-shaped and trapezoidal with variable width is developed, which have such distinctive features in comparison with the serial ploughshare П-702: angle of sharpening of the nose – 25...30°, blade – 8...10°, angle of inclination of the nose parts to the bottom of the groove – 30°, the blade part - varies from 30 ° to 15 °, the thickness of the nose – 10...12 mm, the blade part - 8 ... 10 mm, the thickness of the blade – 2 + 0.5 mm.

The technology of strengthening of plow body parts - ploughshare, dump (chest of dump) on the basis of application of various wear-resistant materials, including: surfacing (manual arc, plasma, induction) is developed in the work; surfacing electrodes (Т-590, ОЗИ-6); powder materials (ПГ УСЧ-30, ПГ УСЧ-31, ФБХ-6-2, etc.); white wear-resistant cast iron ИБЧ 300Х9Ф6; wear-resistant steel Х12; corundum ceramics; composite coating in the composition of the adhesive BK-36 and corundum grains in the size of 0,001, 0,05 and 0,1 μm.

Features of wear of plow working bodies are defined and recommendations on rational thickness of the strengthened layer of a sock of a ploughshare for various grades of steels and various strengthening materials are offered. .4 times the existing ones.

*Keywords: ploughshare, plow, blade, hardening, steel, resource, wear resistance*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛУГА.....	9
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБОВУВАНЬ.....	23
ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

## ВСТУП

Численні випробування серійних робочих органів лемішних плугів показують, що середнє напрацювання на відмову долотоподібні лемешів П-702 (ПНЧС) в залежності від видів ґрунтів і їх фізичного стану коливаються від 5 до 20 га, грудей відвалів – від 10 до 100 га, крил відвалу – від 40 до 270 га, польових дошок від 20 до 60 га. Обмежений ресурс мають робочі органи інших ґрунтообробних машин: диски луцильників і дискових борін – 8...20 га, лап культиваторів – 7...18 га.

Все це свідчить про те, що довговічність робочих органів ґрунтообробних машин не достатня.

Останнім часом ринок сільськогосподарської техніки в нашій країні, особливо ґрунтообробних машин, значно розширився за рахунок пропозицій зарубіжних фірм. Широке поширення в Україні, зокрема, отримали плуги таких відомих зарубіжних фірм, як «Lemken» (Німеччина), «Kverneland» (Норвегія), «Vogel-Noot» (Австрія) та ін. Багато сільськогосподарських підприємств вважають за краще купувати імпортну техніку в зв'язку з тим, що вона має цілу низку позитивних властивостей. За кордоном набули поширення оборотні плуги, що забезпечують гладку оранку без звальних гребнів і роз'ємних борозен.

Зарубіжні фірми пропонують широку номенклатуру плужних корпусів, що відрізняються шириною захвату, формою і типом лемішно-відвальної поверхні, що дозволяє споживачу підібрати найбільш підходящий з них для своїх ґрунтових умов.

Особливо привабливим в зарубіжних плугів є та обставина, що ресурс їх робочих органів в 2 і більше разів перевищує ресурс робочих органів вітчизняних плугів. Цьому сприяє забезпечення плугів зарубіжних фірм запобіжними пристроями, які дозволяють плужним корпусам огинати перешкоди у вигляді каменів, ущільнених ділянок ґрунту, інших перешкод при оранці, зберігаючи робочі органи від зламу та деформації.

У той же час, як показують розрахунки, незважаючи на цілий ряд переваг, якими володіють плуги зарубіжних фірм, в силу дорожнечі самих плугів, а також деталей робочих органів, питомі витрати на проведення оранки зарубіжними плугами перевищують витрати на оранку вітчизняними плугами не менше ніж в 2...3 рази.

Порівняльні випробування вітчизняних плугів показують, що за основними агротехнічними показниками – подрібнення ґрунту, загортання рослинних залишків, стійкості ходу по глибині обробки і ширині захвату вони не поступаються зарубіжним.

Одним з напрямків підвищення ефективності відвальної оранки вітчизняними плугами може бути вдосконалення конструктивних параметрів і технологій зміцнення деталей робочих органів з метою підвищення їх працездатності і довговічності при одночасному зниженні питомих витрат на обробіток ґрунту.

Великий внесок у вивчення питань зношування робочих органів ґрунтообробних машин і розробки заходів по підвищенню їх працездатності і довговічності внесли такі вчені: Бернштейн Д. Б., Бойков В. М., Бурченко П. М., Винокуров В. М., Виноградов В. Н., Костецький Б. І., Львів П. М., Михальченко А. М., Ніловській І. Л., Огризко Е. П., Панов І. М., Пронін А. Ф., Рабинович А. Ш., Розенбаум А. Н., Сидоров С. А., Тененбаум М. М., Хрущов М. М., Аулін В. В., Борак К. В. і багато інших вчених.

У той же час, як показує аналіз, ряд питань не отримав належного вирішення. Зокрема, до теперішнього часу немає достатньої обґрунтованості класифікації ґрунтів по їх зношуваності; відсутні математичні залежності відносної зносостійкості матеріалів від їх хімічного складу, а також зносу і довговічності деталей робочих органів в різних умовах зношування; немає обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації матеріалів для виготовлення деталей робочих органів, а також конструктивних параметрів, що забезпечують їх рівностійкість. Не вирішено ряд інших питань. Все це свідчить про те, що

дослідження, спрямовані на підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин, особливо плуга, є актуальними і мають важливе значення для агропромислового комплексу України.

**Мета і задачі досліджень.** Мета досліджень встановлення закономірностей зміни зносостійкості різних матеріалів в залежності від їх хімічного складу, фізичного стану і умов абразивного зношування, розробка методик розрахунку робочих органів ґрунтообробних машин на міцність і довговічність при зношуванні.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- Проаналізувати умови роботи та визначити фактори, які впливають на ресурс робочих органів корпусу плуга;
- Розробити методику експериментальних досліджень серійних та дослідних робочих органів;
- - провести та проаналізувати результати експериментальних досліджень.

**Об'єкт дослідження:** процеси взаємодії з ґрунтом робочих органів корпусу плуга.

**Предмет дослідження:** встановлення закономірності між матеріалознавчими, конструкційними та технологічними параметрами деталей робочих органів і їх працездатністю і довговічністю.

**Методи дослідження.** Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики та механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. **Вавелюк В. І.** Характеристика деталей робочих органів плуга. Збірник тез V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. 28-29 березня 2019 року м. Житомир. ЖАТК. С. 304

2. **Вавелюк В. І.** Характер і інтенсивність зношування відвалу. IX Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (5-24 жовтня 2020 року, смт. Глеваха Київської області, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН України. м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Видавничий центр НУБіП України, 2020. [Електроний ресурс] – <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.

3. **Вавелюк В. І.** Характеристика та інтенсивність зношування лемеша Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 220-222.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновані конструктивні зміни робочих органів корпусу плуга та запропоновані способи підвищення їх зносостійкості, які дозволяють суттєво підвищити їх ресурс.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 11 рисунків.



## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛУГА

#### 1.1. Характеристика деталей робочих органів плуга.

Основним робочим органом плуга є лемішно-відвальний корпус, який в свою чергу складається з стійки, лемеша, відвалу і польової дошки (рис 1.1). Леміш і відвал – робочі, а польова дошка і стійка – допоміжні частини корпусу.

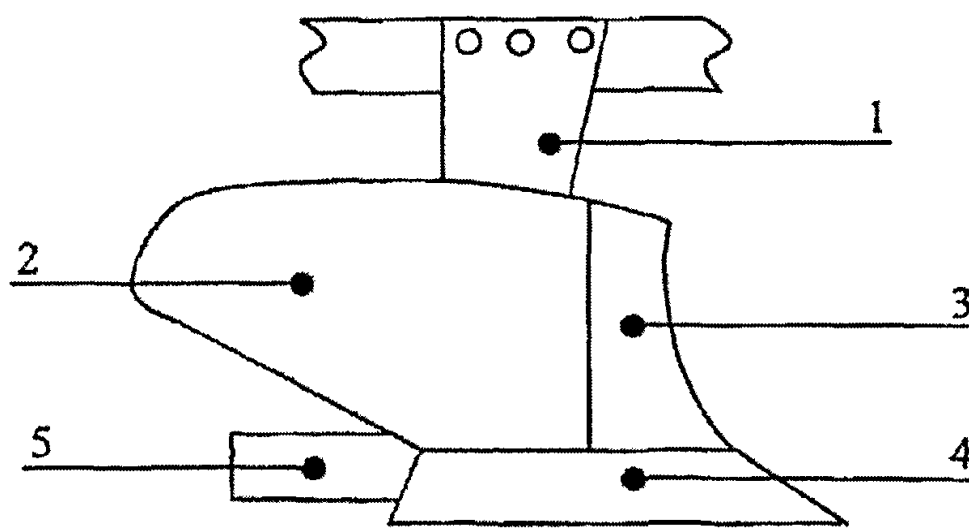


Рис. 1.1 Лемішно-відвальний корпус плуга: 1 – стійка; 2 – крило відвалу; 3 – груди відвалу; 4 – леміш; 5 – польова дошка.

Леміш призначений для підрізання ґрунтового шару, часткового подрібнення і подачі ґрунтової маси на відвал корпусу плуга. Леміш повинен зберігати протягом усього терміну його експлуатації основні функціональні якості: здатність до заглиблення в ґрунтову масу; підрізання пласта і збереженню постійної його товщини або постійного ходу плуга по глибині. Леміш повинен забезпечувати мінімальні енерговитрати при оранці (мінімальний тягове опір) і володіти ресурсом, достатнім для виконання оранки без додаткової заточки і відтягнення, хоча б протягом одного сезону, тобто приблизно 40...50 га [1-6].

Виготовляють лемеші, як правило, зі спеціального лемішного прокату зі сталі Л53 в двох виконаннях: П-702 і ПНЧС-702 з наплавленням і без наплавлення, а так само з листової сталі марок: сталь 45; сталь 65Г.

Відвал – основний робочий орган корпусу плуга. Він виконує основну функцію плуга – обертання і часткове подрібнення пласта. Відвали зазвичай виготовляють з дорогої біметалічною тришарової сталі 60-10-60 з зовнішніми шарами зі сталі 60, а внутрішнім – зі сталі 10 сумарною товщиною 7 мм.

Так як товщина зовнішнього зносостійкого шару зі сталі 60 становила приблизно 3 мм, їх ресурс був відносно не високим. За останні роки (з 2005 року) як у нас в країні, так і за кордоном відвали стали виробляти монометалічні, тобто з однієї марки сталі з різними видами термообробки робочої поверхні. Для їх виготовлення рекомендувалися сталі 60С і 60.

Так як інтенсивність зношування грудей відвалу значно перевищує інтенсивність зношування крил, тому для оранки піщаних, супіщаних і легкосуглинистих ґрунтів їх роблять змінними [5].

Польова дошка, незважаючи на простоту конструкції, грає важливу роль. Вона перешкоджає зсуву плуга в сторону. При зминанні стінки борозни реакція ґрунту врівноважує бічний тиск пласта, що викликане не симетричністю корпусу плуга. Виготовляють польові дошки зі сталі 45, сталі 65Г і сталі 60.

## **1.2. Характер і інтенсивність зношування деталей плужних корпусів.**

### **1.2.1. Характер і інтенсивність зношування лемеша.**

У зв'язку зі значною різницею ґрунтів за механічним складом і їх агротехнічному стану, а отже, їх зношувальної здатності, інтенсивність зношування робочих органів на різних ґрунтах буде значно відрізнятись. З огляду на ту обставину, що тиск ґрунту на різних ділянках різний, різні ділянки робочих поверхонь зношуються нерівномірно. У зв'язку з цим граничний стан

деталей визначається різними параметрами в залежності від виду і стану оброблюваних ґрунтів [6].

В одних умовах робочі органи втрачають свою працездатність внаслідок затушення ріжучої кромки леза, в інших – внаслідок наскрізного протирання, по-третє - внаслідок зношування робочого органу до основи корпусу плуга і т.д.

Так, наскрізне протирання носової частини лемеша і лицьової поверхні відвалу при оранці піщаних ґрунтів відбувається після напрацювання 10...15 га на один леміш [7] і 20...25 га на один відвал, в той час як при оранці суглинків і глинистих ґрунтів знос лемешів і відвалів по товщині відбувається вкрай повільно. Однак на глинистих ґрунтах, при порівняно повільному зношуванні, леміш і відвал можуть дійти до граничного стану (наприклад, внаслідок утворення неприпустимо великий потиличної фаски на лезі лемеші або зносу польового обрізу у відвалу) швидше, ніж в умовах великої швидкості зношування, але зі сприятливим розподілом зносу по поверхні робочого органу.

Леміш за інтенсивністю наростання зносу можна розділити на три зони (рис. 1.2): носову частину (1); лезо (2); середню частину (3) [7-12].

Виступаючий перед лезом носок першим врізається в ґрунт, забезпечуючи заглиблення лемеші та стійкість лемеші при оранці. В результаті в зоні носка виникає тиск, що викликає його випереджальний знос по відношенню до леза. Середній тиск в зоні носка в 2,8...4,6 разів більше середнього тиску в його центральній частині [12].

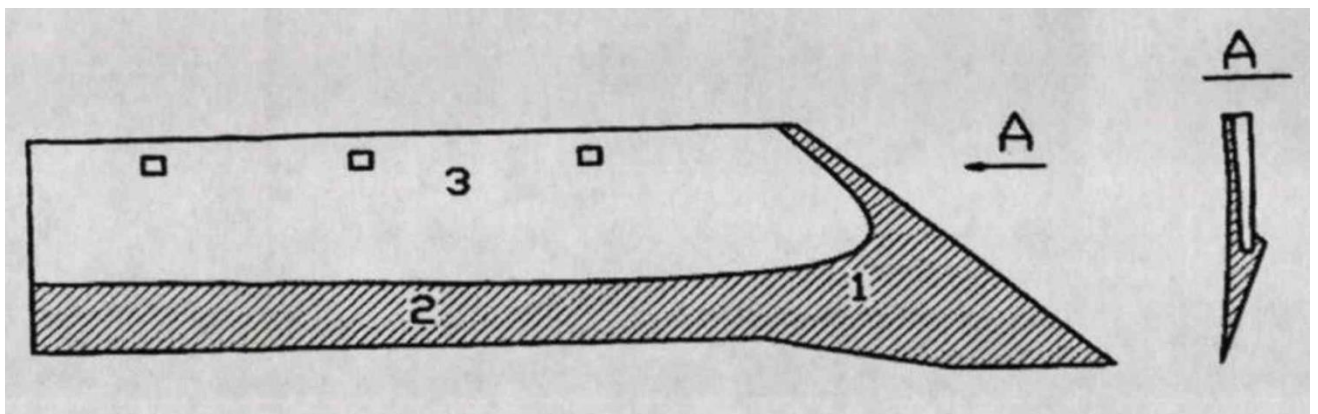


Рис. 1.2. Зони зносу лемеша: 1 – носова частина; 2 – лезова частина; 3 – середня частина.

В результаті, у міру зростання напрацювання лемеші, значення вильоту носка перед лезом знижується, наближаючись до нуля, тому леміш позбавляється можливості заглиблюватися. У підсумку він втрачає свої функціональні властивості і вибраковується з великим запасом незношених металу по ширині.

Не рідко вибракування лемеші здійснюється в результаті утворення на лезі лемеші потиличної фаски, яка нахилена до дна борозни назустріч орному шарі під негативним кутом у (рис. 1.3).

Як показує практика [7], кут нахилу, конфігурація потиличної фаски і знос лицьового боку лемеші залежать від типу ґрунтів (механічного складу) та їх агрегатного стану. При оранці глинистих ґрунтів  $\gamma$  сягає  $35^\circ$ , лезо найбільш тупе (рис. 1.3, а). В процесі роботи такого леза на твердих ґрунтах в вертикальна складова сила  $P_v$  виштовхує леміш з ґрунту, унеможливаючи його використання за призначенням при відносно невеликому зносі по ширині лемеша, а горизонтальна сила  $P_h$ , підвищує зусилля різання і опір плуга. При оранці суглинкових ґрунтів  $\gamma=8...15^\circ$  (рис. 1.3, б); при оранці піщаних і супіщаних ґрунтів  $\gamma = 5...10^\circ$  (рис. 1.3, в), фаска є плоским майданчиком, яка формує найбільш гостре лезо і забезпечує його працездатний стан до граничного зносу по ширині.

При оранці суглинків найбільш яскраво проявляється залежність у від агрегатного стану ґрунту. У посушливі роки при твердості ґрунту більше 3...4 МПа, значення  $\gamma$  мінімальне, потилична фаска практично паралельна дну борозни, а ріжуча кромка леза залишається гострою. При більшій вологості ґрунту інтенсивність зношування леза не велика, однак утворюється тупа заокруглена ріжуча кромка, при цьому  $\gamma \approx 15...25^\circ$  [12-15].

За даними різних джерел [7, 8] утворення фаски призводить до збільшення тягового опору на 20...60% (в залежності від зношування леза, типу ґрунтів і його твердості, рис. 1.4). Всі наведені дані, що стосуються параметрів фаски, відносяться до вітчизняних плугів загального призначення, оснащених

долотоподібними лемішами П-702 (ПНЧС), в яких кут затгострювання леза  $\alpha=23\dots32^\circ$ , а кут різання  $\beta=30^\circ$  [8].

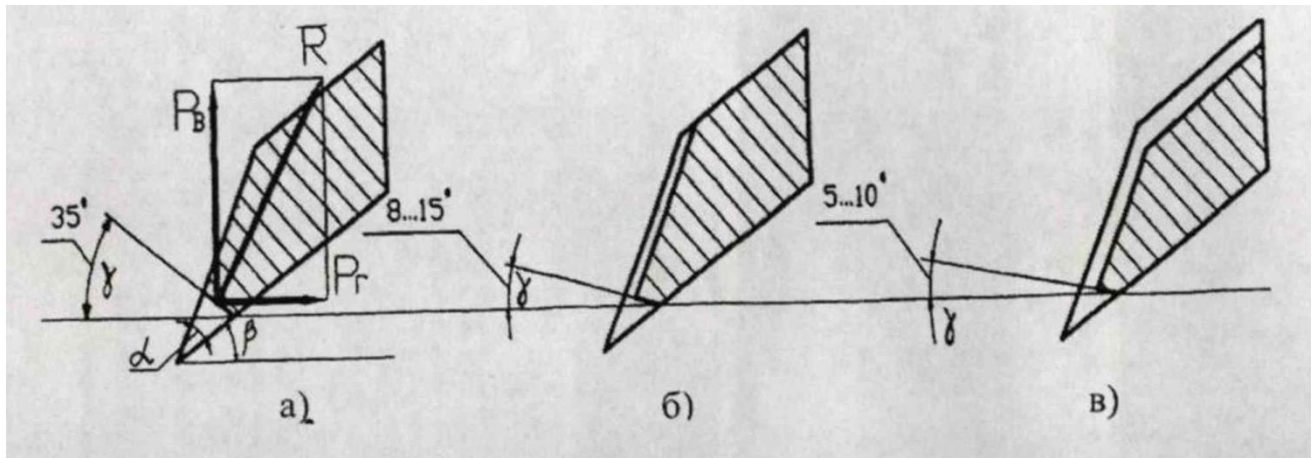


Рис. 1.8. Характер зношування лезової частини і утворення потиличної фаски в залежності від ґрунтів: а – глинистий ґрунт; б - суглинна; в - піщана і супіщаних

Лицьова сторона лемеша практично не зношується при оранці глинистого ґрунту, незначно зношується – при оранці суглинку і інтенсивно зношується при оранці піщаного ґрунту. Особливо інтенсивного зносу піддається лицьова сторона носової частини лемеша, внаслідок чого носок втрачає міцність і під дією заглиблюючої сили згинається вниз, в сторону дна борозни, що також є однією з характерних причин вибракування лемешів.

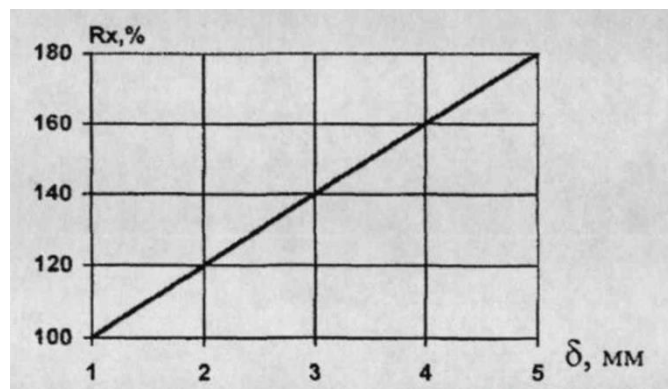


Рис. 1.4. Вплив товщини леза лемеша на тяговий опір плуга.

Як показують дослідження [4, 5, 10, 11, 12], різні частини леза на різній глибині зазнають різного тиску (рис. 1.5). За даними [11]  $P_3=3,8P_2=8,2P_1$ , а за даними [5]  $P_3=2,3P_2=4,2P_1$ , таким чином, зусилля на лезо в 4...8 разів більше, ніж на лицьову сторону [6].

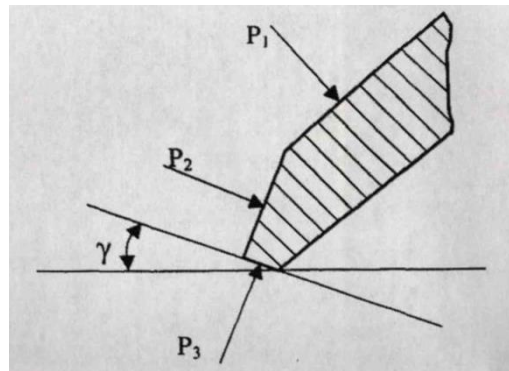


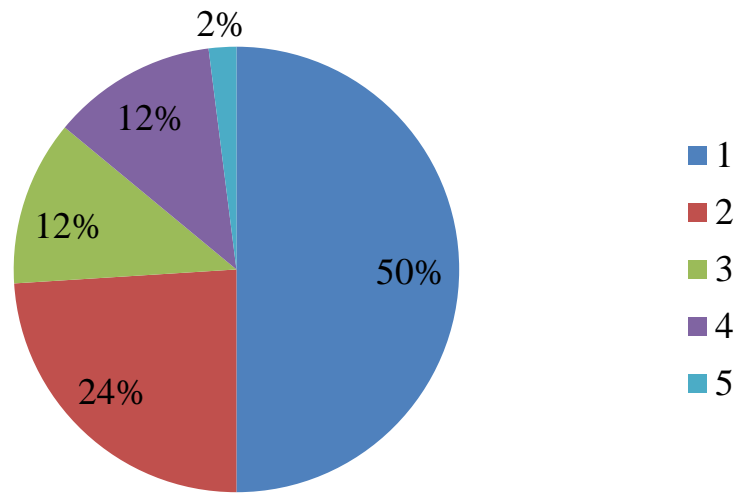
Рис. 1.5. Схема зношеного лемеша і сил, що діють на нього.

Ця обставина і є причиною такого характеру зношування леза. При оранці глинистих ґрунтів, що володіють найменшою зношувальною здатністю, ресурс лемеша (9...12 га) визначається утворенням широкої потиличної фаски, при цьому леміш вибраковується зношеним лише на 10...15%, а решта 85 ... 90% металу губляться. При оранці піщаних ґрунтів, що володіють максимальними абразивними властивостями, ресурс лемеша (14...16 га) визначається граничним зносом лемеші по ширині, так як зношування його лицьові сторони і невеликий кут потиличної фаски сприяє підтримці в процесі експлуатації досить гострого леза. Знос його по масі в цьому випадку становить близько 50%.

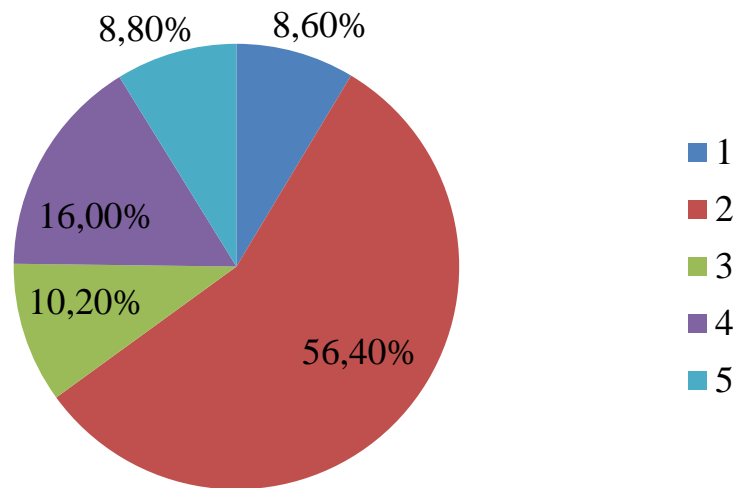
На рис. 1.6 показана загальна структура причин вибракування лемешів в процесі експлуатації: а – за даними [7], б – за нашими дослідженнями.

Аналіз причин вибракування лемешів показує, що лише 2% наплавлених і 8,8% ненаплавлених лемешів повністю реалізують свій конструктивний ресурс (вibraкування в результаті зносу лемеша по ширині).

Решта відповідно 98% і 91% вибраковуються по якомусь одному параметру, або по зносу носка (24% і 56,4%) або по затупленню леза і утворення потиличної фаски (50% і 8,6%). Слід відзначити значний об'єм вибракування лемешів з причин вигину і поломки носка (12% і 16%) в процесі роботи. За деякими даними [8], а також в процесі наших випробувань було встановлено, що частка відмов, викликаних недостатньою міцністю лемешів, досягає 40...50% при оранці суглинкових ґрунтів з кам'янистими включеннями.



а)



б)

Рис. 1.6. Структура причин вибракування лемешів: а – наплавлених (чорнозем); б – ненаплавлених (суглинок): 1 – затуплення леза; 2 – знос носка; 3 – 1 і 2 одночасно; 4 – вигин і поломка носка; 5 – знос по ширині.

### 1.2.2. Характер і інтенсивність зношування відвалу.

Надійність відвалів плуга визначається їх зносостійкістю і міцністю. Вибракування відвалів через граничний знос проводиться в більшості випадків при утворенні наскрізних отворів в передній зоні або в результаті зносу

польового обрізу до оголення башмака. Відомі випадки, коли при оранці липких ґрунтів вибракування відвалів здійснюється при зносі на глибину зовнішнього твердого шару, оскільки при наступному зносі м'якого середнього шару (з поширенням лунки зносу під передній твердий шар) різко збільшується залипання відвалу.

За результатами проведеного нами обстеження відвалів в процесі експлуатації, а також за літературними даними [11] можна зробити висновок, що при оранці слабозв'язаних піщаних і супіщаних ґрунтів, коли ґрунтовий пласт близький по агрегатному стані до сипучої маси, найбільшому зносу піддається зона грудей відвалу.

Вибракування відвалу (грудей відвалу) при цьому проводиться через наскрізне протирання в зоні стику відвалу з лемешем, або через зношування головки кріпильного болта.

При оранці суглинних і глинистих ґрунтів, що характеризуються високим ступенем зв'язаності і як наслідок, певною монолітністю підрізаного ґрунтового шару, найбільший знос спостерігається в зоні польового обрізу. Вибракування відвалу в цих випадках проводиться при лінійному зносі польового обрізу на рівні центру нижнього кріпильного отвору на величину 15 мм.

При оранці суглинкових ґрунтів різного агрегатного стану ресурс грудей, вилучених за граничним зносом польового обрізу, коливається в межах 60...102 га, що відповідає інтенсивності зносу 0,12...0,06 мм/га.

Ресурс крил відвалу в 3...4 рази перевищує ресурс грудей і становить для супіщаних ґрунтів 98 га, а для суглинних – 270 га.

Слід зазначити, що за даними роботи [4] на піщаних ґрунтах відвал зношується в 2 рази швидше, ніж на супіщаних, в 4 рази швидше, ніж на суглинкових і в 8 разів швидше, ніж на глинистих ґрунтах.

Поломки відвалів найчастіше відбуваються в області крила по перетинах, через верхній і лівий нижні кріпильні отвори, які є концентраторами напружень, або в лівій частині крила в місцях найбільших напружень.



Частка відвалів, що вибраковуюються за поломками, різна в залежності від кам'янистого ґрунту. За деякими дослідженнями при оранці кам'янистих ґрунтів число відвалів, вибраковуюють через поломку досягає 100% і знижується до 0 при обробці ґрунтів без каменів. У середніх умовах втрати відвалів по злому складають 10...20%.

### **Висновки по розділу 1**

Відвальна оранка як і раніше залишається однією з найважливіших технологічних операцій землеробства, так як забезпечує якісну підготовку ґрунту під посів сільськогосподарських культур. В останні роки, з метою захисту навколишнього середовища від забруднення хімікатами, намітилася тенденція до скорочення або навіть повного виключення застосування хімічних засобів для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур і бур'янами. Для такої технології відвально-лемішні плуги – незамінні знаряддя, що глибоко закладають бур'яни і пожнивні залишки. Тому без них перехід на безгербіцидну технологію неможливий.

Як показують результати випробувань, напрацювання на відмову вітчизняних плугів не перевищує в середньому 20 годин, при цьому близько 40% відмов від їх загального числа доводиться на робочі органи.

Підраховано, наприклад, що питомі витрати на 100 га ріллі тільки на заміну деталей робочих органів складають для вітчизняних плугів, виходячи з існуючих нині цін на них, не менше 3500 гривень і 4,0 ... 4,5 люд-годин трудових витрат . У зв'язку з цим надзвичайно важливим напрямом вдосконалення технічного рівня і якості плугів – підвищення ресурсу робочих органів (лемешів, відвалів, польових дощок).

При оранці робочі органи плуга інтенсивно зношуються. Інтенсивність і характер зношування робочих органів визначаються механічним складом і

агрегатним станом ґрунтів, а також характером руйнування ґрунтового шару і макрогеометрії ґрунтових частинок, механічний складом ґрунтів.

Причина інтенсивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин полягає в тому, що твердість частинок, що знаходяться в складі ґрунту, перевершує твердість матеріалів, що застосовуються для виготовлення цих деталей;

Крім зношування, деталі робочих органів, особливо лемеші, піддаються деформацій і зламу. Втрати від них, в залежності від ґрунтів, коливаються від 10 до 40%. За останні роки швидкості оранки зросли до 8...12 км/год, значно зросла маса збиральних машин і механізмів, що значною мірою підвищує ущільнення ґрунтів.

Рішення завдання підвищення довговічності робочих органів може бути здійснено за наступними напрямками:

матеріалознавчий – за рахунок застосування більш зносостійких і міцних матеріалів при виготовленні і зміцненні деталей і робочих органів;

конструкційний - за рахунок надання деталям і робочим органам таких форм, при яких значний знос не викличе зміни службових характеристик, тобто за рахунок забезпечення високої конструкційної зносостійкості;

технологічний – за рахунок створення на найбільш зношувальних ділянках деталей робочих органів умов тертя ґрунт – поверхня робочого органу, які виключали б тертя ґрунт – метал, а натомість забезпечили б на цих ділянках тертя ґрунт – ґрунт;

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Випробуванням піддавалися серійні і дослідні деталі корпусу плуга, в тому числі лемеші, грудей відвалу.

1. Дослідні лемеші виготовлялися зі сталі 45, сталі 65Г, сталі 40Х і зміцнювались:

1.1. пластинами з корундовою кераміки ТК-Г;

1.2. плазмовим наплавленням сплаву ФБХ-6-2;

1.3. електродуговим наплавленням електродом Т-590;

1.4. пластинами із зносостійкого чавуну ІБЧ 300Х9Ф6;

1.5. пластинами зі сталі Х12;

1.6. конусною наставкою зі сталі Х12;

1.7. клейовою композицією з клею ВК-36 та корундових зерен розміром 0,001 мм - 20%, 0,05 мм - 30%, 0,1 мм - 50%.

2. Дослідні груди відвалу зміцнювались:

2.1. електродуговим наплавленням електродом Т-590;

2.2. клейовою композицією з клею ВК-36 та корундових зерен тих же розмірів, що і у лемешів;

2.3. керамічними пластинами ТК-Г.

Цілями випробувань були визначення інтенсивності зношування, зносостійкості і ресурсу деталей робочих органів ґрунтообробних машин.

Випробування проводили на полях Житомирської та Вінницької областей. Для кожного дослідження готували плуги ПЛН-3-35 (або ПЛН-4-35, ПЛН-8-35), що повністю відповідають паспортним даним. Всі машини агрегувалися з тракторами відповідного класу тяги і працювали на швидкостях, прийнятих в кожній зоні.

Порівнянність результатів випробувань, що проводяться в різний час і в різних ґрунтово-кліматичних умовах, забезпечувалася одночасним випробуванням серійних і дослідних робочих органів.

Кожен плуг оснащували повним комплектом робочих органів: одним серійним і іншими дослідними. До цього комплекту прикладали по одному робочому органу в якості запасних частин. Серійні і дослідні робочі органи маркували і нумерували в наростаючому порядку.

Перед початком випробувань проводили первинну експертизу робочих органів на їх відповідність кресленням і технічним вимогам, для чого проводили 100% контроль деталей по всім розмірним параметрам, твердості матеріалів і геометрії заточення леза. Первинну технічну експертизу робочих органів проводили по ОСТ 10.2.1-97 для подальшого визначення величини зносу.

Розміри робочих органів контролювали за параметрами, вказаними на рис. 2.1 і 2.2. Отримані значення контрольованих параметрів заносили в таблицю.

Установка робочих органів на плуг проводилася за схемою наведеною на рис. 2.3. Відповідно до цієї схеми, серійний леміш ( $C_{л}$ ), встановлювався на середній стійці корпусу плуга, а дослідні лемеші ( $O_{л}$ ) на перших і останніх стійках.

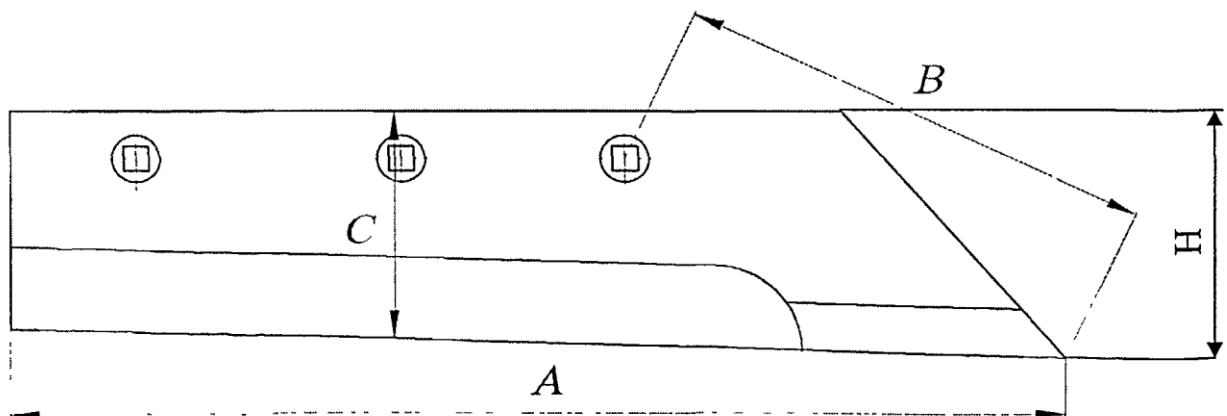


Рис. 2.1. Параметри лемеша, які контролювалися.

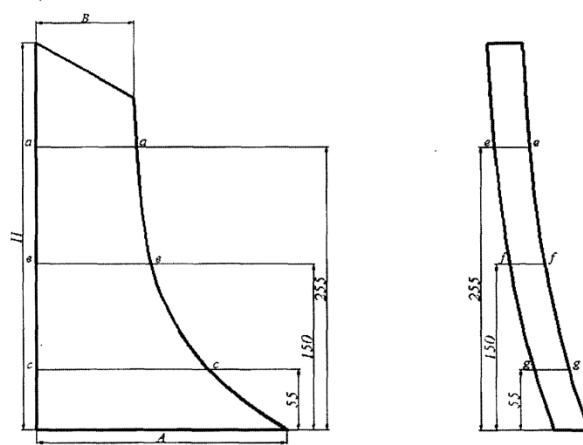


Рис. 2.2. Параметри грудей відвалу, які контролювалися.

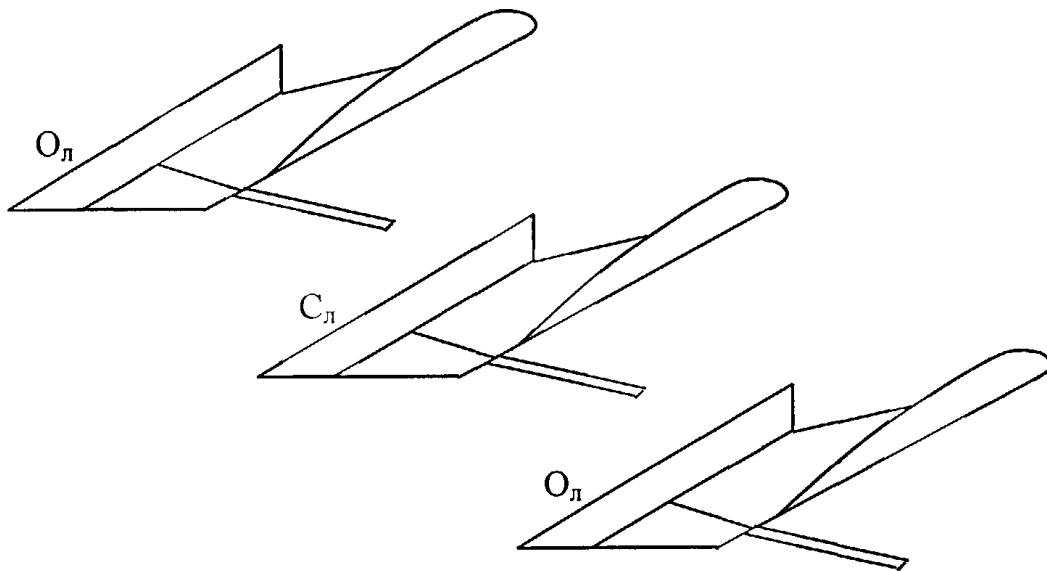


Рис. 2.3. Схема розташування досліджуваних робочих органів на плузі ПЛН-3-35:  $O_{л}$  – дослідний леміш;  $C_{л}$  – серійний леміш.

При необхідності порівнювати результати випробувань серійних і дослідних робочих органів, дана схема забезпечує достатню точність результатів випробувань, тому що навантаження на робочі органи плуга змінюється в бік зменшення від першого корпусу до останнього.

Вимірювання параметрів з робочих органів плуга проводили через кожні 2...5 га напрацювання. Лінійний знос вимірювали штангенциркулем з точністю 0,1 мм. Для оцінки вагового зносу використовували ваги «NAGEMA» з точністю 1 г. При оцінці гостроти леза і величини потиличної фаски використовували метод зняття зліпків з леза лемеша з допомогою свинцевої пластини. Для цього

свинцева смужка товщиною 0,5...0,7 мм і шириною 2 мм притискалася до леза до зникнення просвіту. Один кінець смужки повинен щільно прилягати до незношеної поверхні, прийнятої за метричну базу.

Акуратно зняті зліпки надалі аналізуються. Для цього профіль замальовується, після чого вимірюють радіус кромки, кут загострення, величину і кут нахилу потиличної фаски.

## **Висновки по розділу 2**

В другому розділі магістерської роботи розроблена методика експериментальних досліджень по визначення зносостійкості та ресурсу серійних та зміцнених робочих органів корпусу плуга.

## РОЗДІЛ 3

### ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБОВУВАНЬ

#### 3.1. Характеристика дослідних лемешів.

Виходячи з умов роботи лемеші, діючих на його різні ділянки динамічних навантажень, характеру зношування, а також конструкційних особливостей вітчизняних плугів, для оранки всіх типів ґрунтів, крім кам'янистих, виготовлялися два види дослідних конструкцій лемешів: долотоподібні і трапецієподібні.

На рис. 3.1, представлені схеми конструкцій цих лемешів.

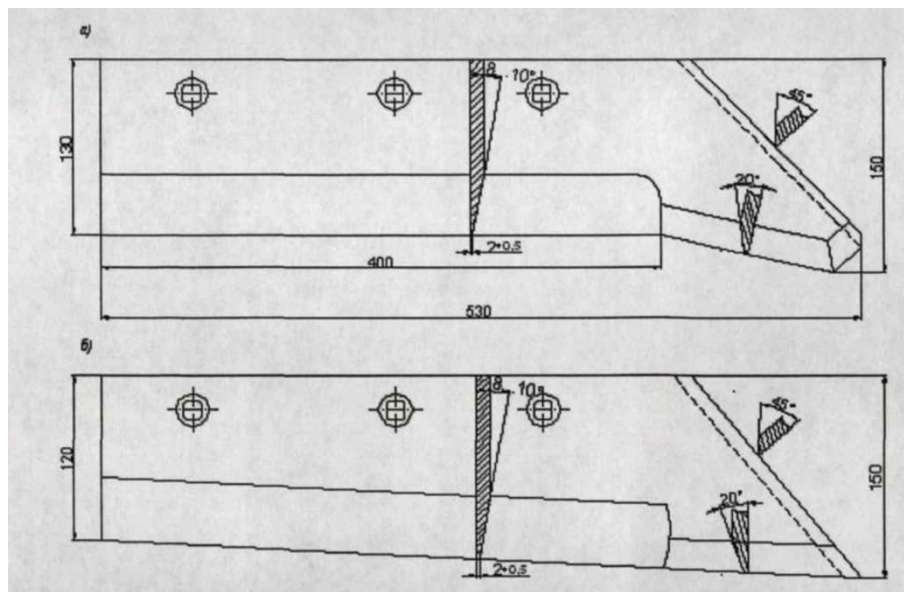


Рис. 3.1 Конструкції дослідних лемешів: а) долотоподібні; б) трапецієподібні зі змінною шириною.

Особливості досвідних лемешів полягають в наступному:

1. Лемеші виготовлялися з сталей 45, 65Г, 40Х. Кращим матеріалом для виготовлення лемешів є сталь 40ХС, яка забезпечує високу твердість (HRC 58) при високій ударній в'язкості ( $KCU = 60 \text{ Дж/см}^2$ ), проте в процесі виконання роботи зазначеної сталі не було ні на одній комерційній металобазі.

2. Ширина лемеше з боку бороздного обріза: 130 мм – для трапецієподібного і для долотоподібного; ширина з боку польового обрізу: 150 мм – для трапецієподібного і 155 мм – для долотоподібного.

3. Носок лемеша на довжині 130-150 мм заточувався під кутом 20...25 °С, лезова частина на довжині 380-400 мм – під кутом 8...10 °С.

4. Об'ємне загартування і відпуск проводили до твердості: для сталі 40Х – HRC 47...50, для сталі 65Г – HRC 45...48, для сталі 45 – HRC 30. Ударна в'язкість для всіх сталей забезпечувалася на рівні  $KCU \approx 30 \text{ Дж/см}^2$ .

5. Зміцнення лемешів полягало в наплавленні або закріпленні на тильній стороні носка зносостійких пластин, які захищають їх від зношування.

На піщаних і супіщаних ґрунтах крім цього застосовувалося зміцнення лицьовій поверхні носка.

6. Товщина носової частини лемеша становила 10-12 мм, лезової частини - 8-10 мм.

На жаль не виявилось можливим виробляти вигин лезової частини лемеша. Тому всі дослідні лемеші представляли собою прямолінійні пластини відповідної форми.

### **3.2. Результати експлуатаційних випробувань деталей робочих органів.**

Експлуатаційні випробування деталей робочих органів проводили на полях Житомирської та Вінницької областей.

Як правило, оранка проводилася на орних агрегатах МТЗ-82 + ПЛМ-3-35, Т-150К + ПЛМ-4-35. Тип ґрунтів і назва за механічним складом – дерново-підзолистий, легкий і середній суглинок. Вологість ґрунту в межах 13...18%, твердість – в межах 1,0..3,5 МПа. Вид роботи – зяблева оранка.

Випробування проводилися до досягнення кожним робочим органом граничного стану. У тих же випадках, коли робочі органи не досягали граничного стану через закінчення робіт за природними умовами (початок



заморозків, випадання снігу) або завершенням планованих обсягів робіт, визначалися фактичні швидкості зношування найбільш зношувальних ділянок і проводився розрахунок можливого (потенційного) ресурсу робочого органу за формулою:

$$T = \tau \frac{W_{gp}}{W}, \text{ га} \quad (3.1)$$

де  $\tau$  – фактичне напрацювання на плужний корпус на момент припинення випробувань, га;  $W$  – фактичний максимальний знос на ділянці, яка найбільше зношується на момент припинення випробувань, мм;  $W_{gp}$  – граничний знос, мм.

Випробуванням піддавалися лемеші:

1. серійні долотоподібні П-702 зі сталі Л53, що не зміцнені і зміцнені наплавленням сормайт і керамічними пластинами;

2. дослідні трапецієподібні з сталей 45 і 65Г, які не зміцнені і зміцнені за різними варіантами, в тому числі:

- тільки носка різними видами наплавлення, пластинами з корундовою кераміки ТК-Г, зносостійкого чавуну ІБЧ 300Х9Ф6, сталі Х12;

- носка деякими з перерахованих видів зміцнення і лезової частини – керамічними пластинами;

3. дослідні долотоподібні зі сталі 40Х із зміцненням носка пластиною зі сталі Х12;

4. дослідні трапецієподібні зі сталі 40Х із зміцненням носка конусною наставкою зі сталі Х 12.

З огляду на характер зношування лемешів на суглинних ґрунтах, оцінка їх довговічності проводилася за двома параметрами: по зносу носка і по зносу ширини лезової частини. Крім цього контролювався знос помасі.

За критерії вибракування прийняті наступні значення параметрів.

Серійного лемеша:

~ граничний знос по висоті носка  $H - H_{gp} = 52$  мм;

~ Граничний знос по ширині лезвийної частини  $h - h_{zp} = 30$  мм.

Дослідних трапецієподібних лемешів зі сталі 65Г:

~ граничний знос по висоті носка  $H - H_{zp} = 46$  мм;

~ граничний знос по ширині лезової частини  $h - h_{np} = 30$  мм.

Дослідних долотоподібних лемешів зі сталі 40Х:

~ граничний знос по висоті носка  $H - H_{zp} = 55$  мм;

~ граничний знос по ширині лезової частини  $h - h_{np} = 40$  мм.

У таблиці 3.1 представлені результати експлуатаційних випробувань на довговічність лемешів в умовах середньосуглинкових ґрунтів при твердості 2,0 МПа і вологості 16...19% (Житомирська область та Вінницька область).

У графах 10 і 11 таблиці показаний розрахунок потенційного ресурсу лемешів, виходячи з граничних зносів по висоті носка і ширині лезової частини, а також даних фактичних швидкостей зношування цих ділянок. У графі 12 представлені результати розрахунків ресурсу лемешів для цих же умов оранки з теоретичної залежності. Як видно з цих даних, фактичні ресурси лемешів по висоті носка і розрахункові ресурси дуже близькі за значеннями. Різниця становить в межах 2...15%.

Аналіз результатів випробувань дозволяє зробити наступні висновки.

1. Ресурс серійного незміцненого лемеша П-702 зі сталі Л53 при оранці середньосуглинистих ґрунтів твердістю 2,0 МПа і вологістю 16...19% становить близько 17 га.

Наплавлення сормайттом на носку і лезі лемеша дозволяє знизити швидкість зношування як носка, так і лезової частини в 1,4...1,5 рази і забезпечити ресурс лемеша в межах 25,0 га.

Ресурс незміцненого лемеша зі сталі 45 не перевищує 10 га.

Зміцнення його наплавленням порошковим дротом ПП-У25Х17Т дозволяє вдвічі збільшити його ресурс.

Зміцнення лемешів зі сталі 65Г дозволяє забезпечити їх ресурс в межах 26...32 га, а лемешів зі сталі 40Х – до 40...50 га.

Таблиця 3.1 – Результати експлуатаційних випробувань на довговічність лемешів. (Грунт – середньосуглинковий, відносна зношувальна здатність  $m=0,37$ , твердість 2,0 МПа, вологість 16...19%)

№	Вид и метод зміцнення лемеша	Мас са, кг	Фактичне напрацювання, га	Середня швидкість зношування			Граничний знос		Потенційний фактичний ресурс, га		Розрахунковий ресурс по висоті носка, га
				по масі, кг/га	по висоті носка, мм/га	по ширині лезової частини, мм/га	по висоті носка, мм	по ширині лезової частини, мм	по висоті носка, мм	по ширині лезової частини	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Серійні долотоподібні лемеші зі сталі Л53											
1	Без зміцнення	4,08	9,0	0,08	2,94	0,93	52	30	17,6	32,0	17,1
2	Наплавлення сормаїту по всій довжині	4,16	4,27	0,07	2,08	0,60	52	30	25,0	50	22,9
3	Кераміка по всій довжині лемеша	3,95	17,5	0,07	1,92	0,45	52	30	27,0	66	21,8
Дослідні трапецієвидні лемеші зі сталі 45											
4	Без зміцнення	3,90	6,0	0,092	4,16	1,3	40	25	9,6	19,2	12,6
5	Наплавлення порошковим дротом	3,9	13,0	0,090	1,92	1,0	40	25	20,8	25	18,8
Дослідні трапецієвидні лемеші зі сталі 65Г											
6	Плазмове напилення вольфраму на носку	4,6	19,5	0,061	1,7	0,66	46	30	26,0	45	24,6
7	Кераміка по всій довжині	4,3	17,5	0,094	1,6	0,6	46	30	28,7	85	23,1
8	Кераміка тільки на носку	4,45	17,1	0,041	1,74	0,7	46	30	26,4	43	23,1
9	Чавун ИБЧ 300Х9Ф6 на носку	4,7	11,0	0,05	1,48	0,72	46	30	31,0	41	30,4
10	Чавун ИБЧ 300Х9Ф6 на носку и кераміка на лезі	4,66	11,0	0,058	1,40	0,61	46	30	32,8	49	30,4
Дослідні зразки зі сталі 40Х											
11	Долотоподібні сталь Х12 на носку (пластина)	4,75	20,5	0,023	1,2	0,57	55	40	45,8	70	38,7
12	Трапецієвидний сталь Х12 на носке(конусна надставка)	3,96	12	0,024	1,2	0,48	60	40	50	70	50

2. Швидкість зношування по висоті носка в 3...4 рази перевищує швидкість зношування по ширині лезової частини. Ця обставина показує, що для підвищення ресурсу лемеша в 3...4 рази немає необхідності зміцнювати його лезову частину, досить зміцнити лише носову частину.

3. Характеристикою, що найбільшій мірі характеризує загальну інтенсивність зношування робочих органів, є швидкість зношування по масі. За цим показником найвищу інтенсивність зношування – 90 г/га мають лемеші зі сталі 45, далі за цим показником йдуть лемеші зі сталі Л53 – 70...80 г/га, лемеші зі сталі 65Г – від 40 до 60 г/га, і нарешті лемеші зі сталі 40Х – 23...24 г/га.

Високу ефективність при зміцненні лемешів при оранці піщаних і супіщаних ґрунтів має композиційне покриття. На полях Овруцького району, Житомирської області проводились випробування лемешів серійних П-702, зміцнених з тильного боку леза і носка сплавом «Сормайт» і лемешів зі сталі 65Г зміцнених:

~ приварюванням пластини зі сталі 65Г з лицьового боку і наплавленням електродом Т-590 з тильного боку;

~ нанесенням композиційного покриття з лицьового боку і наплавленням електродом Т-590 з тильного боку.

Напрацювання за весь період випробувань становила по 19 га на кожен леміш. Результати польових випробувань представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати польових випробувань лемешів.

№	Вид зміцнення лицьової поверхні носової частини лемеша	Напрацювання, га	Знос по масі, г	Відносний знос, г/га	Знос носка, мм	Відносний знос, мм/га
1	Приварка сталюї пластини	19	305	16,05	25	1,32
2	Нанесення композиційного покриття	19	180	9,47	18	0,95
3	Без зміцнення (серійний леміш)	19	996	52,42	106	5,58

Зносостійкість дослідних лемешів з композиційним покриттям трохи перевищує зносостійкість лемешів з привареною сталюю пластиною і значно більше зносостійкості серійного лемеші. Причому композиційне покриття не зношене.

Дослідні лемеші придатні до подальшої експлуатації, а серійні – досягли граничного стану, носок повністю зносився.

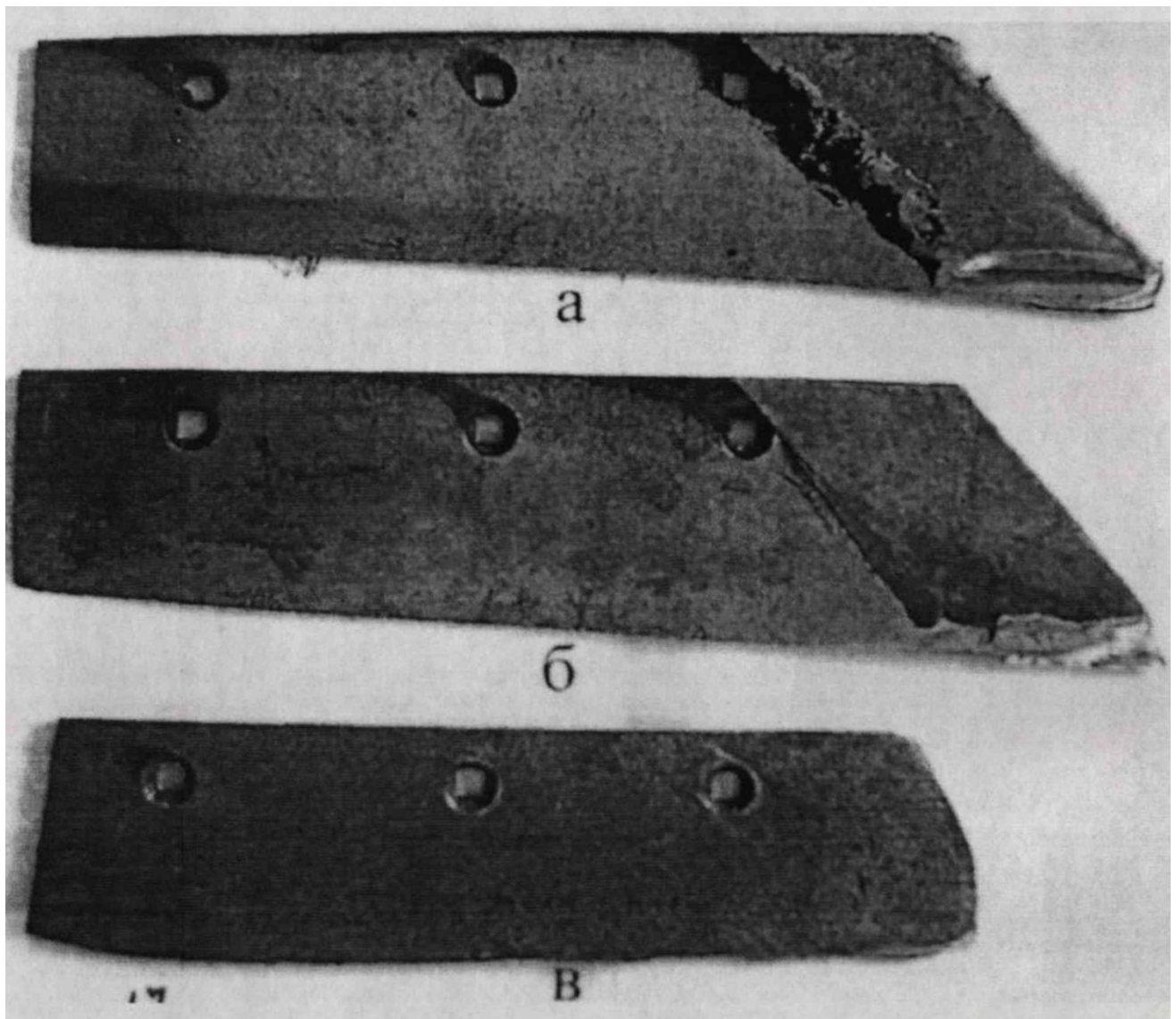


Рис. 3.2 Лемеші після напрацювання 19 га: а – леміш, зміцнений наплавленням і приваркою сталюї пластини; б – леміш з наплавленням і захистом носка композиційним покриттям; в – серійний леміш з наплавленням.

Таким чином, довговічність дослідних робочих органів зі сталі 65Г в порівнянні з серійними підвищується більш ніж в 2,5 рази, причому при повному зносі захисного шару можна повторно нанести композиційне покриття, оберігаючи металеву основу робочого органу від зношування.

Дана технологія найбільш ефективна для захисту робочих органів, які використовуються при оранці ґрунтів з високою зношується здатністю (піщаних і супіщаних).

Високу ефективність захисту носка лемеша від зношування показав метод зміцнення його шляхом закріплення на носку конусної насадки зі сталі Х12.

У СФГ «Шар» Козятинського району Вінницької області були проведені випробування наступних лемешів:

1. трапецієподібного зі сталі 65Г, зміцненого наплавленням носка з тильного боку електродом Т-590. Товщина наплавленого шару – 4 мм;
2. трапецієподібного зі сталі 40Х, зміцненого конусною наставкою носка зі сталі Х12. Діаметр основи конуса – 3,5 мм;
3. долотоподібні зі сталі 40Х, зміцнені закріпленням з тильного боку носка пластини зі сталі Х12, товщиною 3,5 мм.

Умови випробувань:

- ~ складу агрегату: трактор John Deere 8345R + плуг ПТК-8-35;
- ~ Швидкість руху агрегату – 8,5 .. 9,8 км / год;
- ~ Тип ґрунту: дерново-підзолистий, середній суглинок, абсолютна вологість 15...17%, твердість ґрунту 2,5 МПа;
- ~ Одночасно на плузі встановлювали серійні долотоподібні лемеші П-702 на два корпуси.

В процесі випробувань контролювалися: напрацювання, знос носка, відстань від першого кріпильного отвору до кінця носка, знос лемеша по ширині і знос по масі. У таблиці 3.3. представлені результати випробувань.

Таблиця 3.3 – Зведена відомість контрольних параметрів лемеша

№	Контрольний параметр	Тип лемешів					
		Трапецієподібний зі сталі 65Г, зміцнений наплавленням носка з тильного боку електродом Т-590		Трапецієподібний зі сталі 40Х, зміцнений конусною наставкою носка зі сталі Х12		Долотоподібний зі сталі 40Х, зміцнений закріпленням з тильного боку носка пластини зі сталі Х12	
		Всього	На 1 га	Всього	На 1 га	Всього	На 1 га
1	Напрацювання, га	20,5		12,5		20,5	
2	Знос носка, мм	30,0	1,4	5,0	0,40	9,0	0,44
3	Знос по ширині, мм	13,0	0,63	7,0	0,56	15,0	0,57
4	Знос по масі, г	670,0	32,68	300,0	24,00	480,0	23,41

Результати випробувань показали, що зносостійкість лемешів, виготовлених зі сталі 40Х, вище зносостійкості лемешів, виготовлених зі сталі 65Г приблизно в 1,3 рази. Про це свідчить інтенсивність їх зношування по масі (24 г/га в порівнянні з 32,68 г/га).

Ще більш показовим є підвищення, зносостійкості носків лемешів, виготовлених зі сталі 40Х. Збільшення зносостійкості носків є наслідком не тільки того, що зносостійкість сталі 40Х перевищує зносостійкість сталі 65Г, але і те, що зносостійкість зпластини і конусної наставки зі сталі Х12 вище, ніж зносостійкість наплавленого шару електродом Т-590.

Особливо ефективно зміцнення носка конусною наставкою зі сталі Х12. Інтенсивність зношування такого носка в 3,5 рази менше, ніж інтенсивність зношування носка лемеша зі сталі 65Г, зміцненого наплавленням електродом Т-590. Добре зарекомендувало себе і зміцнення носка пластиною зі сталі Х12. Зносостійкість його перевищує зносостійкість наплавленого носка лемеша зі сталі 65Г також більш ніж в 3 рази.

Випробуванням піддавалися груди відвалу серійні зі сталі 60С:

~ не зміцнені;

~ зміцнені корундовою керамікою (керамічними дисками);

~ Зміцнені наплавленням електродом Т-590;

~ Зміцнені композиційним покриттям.

Умови і результати випробувань представлені в таблиці 3.4.

Як видно з таблиці, основною вибракувальною ознакою грудей відвалів в умовах випробувань є знос по товщині, тому що потенційний ресурс за цим параметром у всіх грудей нижче, ніж ресурс по зносу польового обрізу (знос по ширині). Ні в одному з випробувань грудей відвалу які не досягли граничного стану. Однак за швидкістю зношування по товщині їх фактичний потенційний ресурс виявлено і становить:

не зміцнені – 33 га,

зміцнені керамікою – 66 га,

зміцнені наплавленням електродом Т-590 – 80 га,

зміцнені композиційним покриттям – 53 га.

Різниця ресурсів фактичних і розрахункових становить від 6 до 15 га або від 8 до 18 відсотків.

Таблиця 3.4 – Результати експлуатаційних випробувань на довговічність грудей відвалу (Сталь 60С, НРС 40) (Легкий суглинок, відносна зношувальна здатність  $m=0,60$ , твердість 2,0 МПа, вологість 17...19%).

№	Метод зміцнення грудей відвалу	Маса, кг	Фактичне напрацювання, га	Середня швидкість зношування			Граничний знос, мм		Потенційний ресурс фактичний		Розрахунковий ресурс по товщині, га
				по масі, кг/га	по ширині, мм/га	По товщині, мм/га	по ширині	по товщині	по ширині, га	по товщині, га	
1	Серійні без зміцнення	2,1	18,3	0,039	0,76	0,20	32	8,0	42,0	40,0	43,7
2	Серійні, зміцнені керамікою	2,4	27,9	0,018	0,18	0,12	32	8,0	177,7	66,0	62,3



Продовження таблиці 3.4

3	Серійні, змінні електродом Т-590 (суцільне покриття)	2,5	14,2	0,015	0,47	0,10	32	8,0	68,1	80,0	70,5
4	Серійні, зміцненні композиційним покриттям	2,2	18,3	0,029	0,58	0,15	32	8,0	55,0	53,0	63,0

### Висновки по розділу 3

В результаті проведення експлуатаційних досліджень встановлено оптимальні способи змінення робочих органів ґрунтообробних машин, які дозволять суттєво підвищити їх показники надійності.

## ВИСНОВКИ

1. Запропоновано конструкції дослідних лемешів – долотоподібного і трапецієподібного зі змінною шириною, що мають такі відмінні риси у порівнянні з серійним лемешем П-702: кут загострення носової частини –  $25...30^\circ$ , лезової –  $8...10^\circ$ , кут нахилу носової частини до дна борозни –  $30^\circ$ , лезової частини – змінюється від  $30^\circ$  до  $15^\circ$ , товщина носової частини –  $10...12$  мм, лезової частини –  $8...10$  мм, товщина леза –  $2 + 0,5$  мм.

2. Розроблено технології зміцнення деталей корпусу плуга – лемеша, відвалу (грудей відвалу) на основі застосування різних зносостійких матеріалів, в тому числі: наплавлення (ручного дугового, плазмового, індукційного); наплавлювальних електродів (Т-590, ОЗИ-6); порошкових матеріалів (ПГ УСЧ-30, ПГ УСЧ-31, ФБХ-6-2 та ін.); білого зносостійкого чавуну ИБЧ 300Х9Ф6; зносостійкої сталі Х12; корундової кераміки; композиційного покриття в складі клею ВК-36 та корундових зерен розміром 0,001, 0,05 і 0,1 мкм.

3. Розроблено методику по визначенню товщини зміцненого шару для забезпечення рівностійкості зношування носка і лезової частини лемеша.

Надані рекомендації щодо раціональної товщини зміцнюючого шару носка лемеша для різних марок сталей і різних зміцнюючих матеріалів.

4. Показано, що фактичні ресурси деталей за результатами експлуатаційних випробувань і розрахункові значення їх довговічності для різних умов експлуатації досить тісно збігаються.

Різниця в показниках не перевищує  $15...17$  відсотків.

5. Запропонована нова марка сталі для виготовлення лемеша, сталь 40Х і зміцнюючі технології, які дозволяють підвищити довговічність деталей плужних корпусів в  $3...4$  рази в порівнянні з існуючими.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткачев В. Н. Методы повышения долговечности деталей машин. Москва : Машиностроение, 1971. 272 с.
2. Рабинович А. Ш. Самозатачивающиеся плужные лемехи и другие почворежущие детали машин. Москва: ГОСНИТИ, 1962. 165 с.
3. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2017. 278 с.
4. Perez G. W., Gonzalez H., Toro A. Abrasive wear of rotary plow blades in a sandy loams soil. *Dyna rev.fac.nac.minas [online]*. 2010. Vol.77, № 162. P.105-114.
5. Gonzalez H., Cappelli N., Toro A. Wear of rotary plows operating in a tropical clay loam soil. *Engenharia Agrícola*. 2013. Vol. 33, № 4: URL: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400017>.
6. Moore M. A. Abrasive wear by soil. *Tribology International*. 1975. Vol. 8, № 3. P. 105-110: URL: [https://doi.org/10.1016/0301-679X\(75\)90027-4](https://doi.org/10.1016/0301-679X(75)90027-4).
7. Hoormazdi G., Küpferle J., Röttger A., Theisen W., Hack K. A Concept for the Estimation of Soil-Tool Abrasive Wear Using ASTM-G65 Test Data. *International Journal of Civil Engineering*. 2019. № 17. P. 103-111: URL: <https://doi.org/10.1007/s40999-018-0333-9>.
8. Rogovskii I. L., Borak, K. V., Maksimovich E. Yu., Smelik V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., Sokolova, V.A. Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes T-series. *Journal of Physics: Conference Series*. (2020) 1679 (4), art. №. 042084.
9. Борак К. В. Наукові основи досягнення ефекту самозагострювання робочих органів ґрунтообробних машин. *Сільськогосподарські машини*. 2020. №1. С. 18–40.

10. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин : Монография. Москва : Машиностроение, 1977. 328 с.
11. Бобрицкий В. М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.04 / Кіровоградський національний технічний університет. Кіровоград, 2007. 182 с.
12. 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.
13. Костецкий Б. И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. Москва-Киев : МАШГИЗ, 1959. 478 с.
14. Kostencki P., Borowiak P. Temperature of ploughshare material in the course of ploughing. *Bimonthly Tribologia* 2016. 266 (2). P. 45-59. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.7563>.
15. Бойко А. И., Балабуха А. В. Исследование формы естественного износа монометаллических лезвий почвообрабатывающих машин. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2000. Вип. 6. С. 78-82.