

УДК 631.312.021.3

© С.С. Котенко, О.Є. Калінін  
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**ДО МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТІВ ВІДНОВЛЕННЯ  
ЛЕМЕШІВ ПЛУГІВ**

*В статті запропонована методика визначення коефіцієнтів відновлення лемешів плугів, при зношенні в ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями. Викладено основні характерні дефекти та відмінності в процесах зношування на піщаних та глинистих ґрунтах.*

**МЕТОДИКА, РОЗРАХУНОК, ЛЕМЕШІ ПЛУГІВ, ДЕФЕКТИ,  
КОЕФІЦІЄНТИ ВІДНОВЛЕННЯ.**

**Постановка проблеми.** В процесі експлуатації сільськогосподарської техніки їх складові (агрегати, вузли, деталі) зношуються, що не дозволяє продовжувати механізований агротехнологічний процес без ремонтних втручань, направлених на усунення несправностей шляхом заміни зношених деталей на запасні частини. Частота заміни тих чи інших деталей визначається конструктивними особливостями машини, умовами та інтенсивністю роботи. Найбільш часто замінюють деталі, які працюють в абразивному середовищі, до якого відносяться ґрунти. Такими деталями, зокрема, є лемеші плугів. Обробіток ґрунту є однією з найбільш енергомістких агротехнологічних операцій, яка започатковує цілий цикл механізованих операцій аж до збирання врожаю. Тому відмова ґрунтообробних машин та агрегатів призводить до порушення цього циклу. Зміна термінів виконання агротехнологічних операцій поза межами оптимальних агротехнологічних строків може призвести до значних збитків сільськогосподарських підприємств.

Саме тому сучасні сільгоспідприємства віддають перевагу перед вітчизняними плугами серій ПЛН, ПН, ПЯ, ПНЯ, ПО та ін. більш надійним плугам закордонного виробництва, як то: Eurodiamant та Varidiamant від Lemken, Vogel&Noot Hercules, Kverneland, Kuhn, Gregoire Besson, John Deere, Rabe, Huardта ін.

Але широке використання дорогої іноземної техніки в поєднанні з необхідністю частої заміни зношених лемешів плугів визначає проблему високої вартості витрат на запасні частини взагалі, а лемешів зокрема. Несвоєчасна заміна лемешів при зниженні гостроти лез призводить до необхідності підвищення тягового зусилля трактора, перевитраті пально-мастильних матеріалів.

Переважає більшість лемешів має дефекти, які можна усунути за допомогою сучасних технологій відновлення деталей. Практика показує, що в залежності від зони експлуатації плугів та фізико-механічних властивостей ґрунтів змінюється характер зношування лемешів та частота повторюваності дефектів, їх домінуючий характер.

При створенні дільниць відновлення деталей необхідно враховувати зональні природно-кліматичні умови та склад ґрунтів, які впливають на величину коефіцієнтів повторюваності дефектів та коефіцієнти відновлення деталей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями з проблем ремонту машин та відновлення деталей займалися ряд науковців та практиків: Артем'єв Ю.Н., Воловик Є.Л., Єрмолов Л.С., Кряжков В.М., Крагельський І.В., Молодик М.В., Черноіванов В.І.,

Селіванов О.І., Черепанов С.С., Сидорчук О.В., Петров Ю.Н., Ульман І.Є., Крамаров В.С.

Більш детальними дослідженнями робочих органів ґрунтообробних машин займалися Хрущев М.М., Ткачев В.Н., Рабінович А.Ш., Севернев М.М., Винокуров В.М., Костецький Б.І., Бартенев І.М., Фененко А.Н., Василенко М.О., Михальченков А.М., Аулін В.В. та багато інших.

Рабінович А.Ш. аналітичним методом визначив параметри леза лемешу, при яких термін його експлуатації до заміни (відновлення) буде максимальним [1].

Ткачев В.Н. визначив, що характер зношення лемешів залежить не лише від гранулометричного складу ґрунту, але і від однорідності ґрунту по глибині орного шару [2].

М. Денисенко установив, що висока зносостійкість в умовах абразивного зношування забезпечується наявністю в структурі наплавленого шару карбідів тугоплавких металів. Застосувавши точкове зміцнення порошковим дротом – плавким електродом домогся підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин у 1,5...2,8 рази в порівнянні з серійним індукційним наплавленням [3].

Автори [4] оперують коефіцієнтами надійності та коефіцієнтами готовності машин, аналізують види дефектів, проте не визначають коефіцієнти повторюваності таких дефектів та числові значення коефіцієнтів відновлення деталей.

В дослідженнях під керівництвом професора М.М. Севернева аналізується механічний склад ґрунтів та детально вивчається механізми абразивного зношення [5].

Тюрева А.А. відмічає, що з усіх чинників, які впливають на зношення плужних лемешів визначальним є гранулометричний склад ґрунту [6]. Вона визначила, що оптимальним способом відновлення плужних лемешів є наплавочне армування.

Автори ряду досліджень довговічності роботи плужних лемешів вважають [7] основними чинниками впливу на інтенсивність зношення природно-кліматичні умови.

За аналізом опублікованих досліджень, встановлено, що наявність того чи іншого дефекту на деталі є випадковою подією. До того ж наявність одного дефекту не виключає інших, тобто ці події можуть бути сумісними. Крім того, кількісні значення коефіцієнтів повторюваності дефектів в залежності від типу ґрунтів недостатньо вивчені. З огляду на це, існуючі методики розрахунку коефіцієнтів, що характеризують дефекти зношених плужних лемешів, потребують деякого уточнення.

**Мета досліджень.** Вдосконалення методичних положень щодо розрахунку коефіцієнтів відновлення лемешів плугів при їх експлуатації в ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями.

**Результати досліджень.** При експлуатації ґрунтообробних сільськогосподарських машин на їх робочих органів діє низка чинників, які зумовлюють характер та інтенсивність їх зношення. Їх можна поділити на наступні групи:

- конструктивно-технологічні, які характеризують надійність та якість виготовлення;
- природно-кліматичні, які обумовлюють середовище використання машини;
- режими експлуатації, від яких залежить характер навантажень;
- дотримання правил технічного обслуговування та ремонту, що зумовлює надійність та якість сервісу.

Рівень впливу різних груп чинників змінюється в достатньо широких межах. Їх спільна взаємодія обумовлює ймовірнісний характер прояву дефектів лемешів. Закруглюється і зношується носок леза лемеша, міняється його геометрична форма, утворюється потилична фаска, змінюється кут загострення та форма леза, відбувається зношення лемешів по довжині, товщині та ширині, деформуються та розбиваються місця кріплення. При наявності в ґрунті кореневищ дерев, каміння або шматків металу на лемеші можуть виникнути вигини, скручування, тріщини і навіть поломки, особливо в частині носка лемеша.

Для визначення кількісних значень коефіцієнтів відновлення та повторюваності дефектів необхідно використовувати теоретичні викладки на основі теореми Бернуллі [8]. Коефіцієнт повторюваності дефектів  $K_{ndij}$  являє собою ймовірність появи певного дефекту на випадково взятій деталі, із загальної кількості однойменних деталей, що знаходяться на дефектуванні. Цей коефіцієнт рівний:

$$K_{ndij} = \frac{d_{ij}}{d_i}, \quad (1)$$

де  $d_{ij}$  – кількість  $i$ -х деталей з  $j$ - м дефектом;  $d_i$  – загальна кількість  $i$ -х деталей, що дефектується.

Для деталей, які підлягають відновленню, формула (1) дещо видозмінюється, оскільки частина поправних дефектів може бути на деталях, які підлягають вибракуванню:

$$K_{noj} = \frac{d_{ij}^e}{d_i}, \quad (2)$$

де  $d_{ij}^e$  – кількість ремонтпридатних  $i$ -х деталей з  $j$ -м дефектом.

При дефектуванні плужних лемешів їх необхідно розподіляти їх на три групи: а) придатні до подальшої експлуатації без ремонтних втручань; б) для відновлення, з поправними дефектами, усунення яких технічно можливе та економічно вигідне на даному ступені розвитку технологій відновлення; в) для вибракування, з непоправними дефектами, усунення яких технічно неможливе або економічно невігідне:

$$d_i = d_{прі} + d_i^e + d_{опі}, \quad (3)$$

В групі вибракування лемеші також можуть мати поправні дефекти, але наявність хоча б одного непоправного дефекту є домінуючою і такий леміш вибраковується.

Відповідно до рівняння (3), розділивши обидві його частини на  $d_i$  отримаємо:

$$K_{зм} + K_e + K_{пр} = 1, \quad (4)$$

Тобто, в загальному випадку сума коефіцієнтів придатності деталей до подальшої експлуатації без ремонтних втручань ( $K_{пр}$ ), коефіцієнтів відновлення ( $K_e$ ) та коефіцієнтів змінності ( $K_{зм}$ ) дорівнює 1.

В даному випадку нас практично цікавить значення коефіцієнту відновлення при відомих значеннях коефіцієнтів повторюваності поправних дефектів. Така залежність визначається згідно з теоремою додавання ймовірностей сумісних подій [8]:

$$K_e = 1 - (1 - \kappa_{n01}^e)(1 - \kappa_{n02}^e) \dots (1 - \kappa_{n0N}^e), \quad (5)$$

де  $\kappa_{n01}^e, \kappa_{n02}^e \dots \kappa_{n0N}^e$  відповідно коефіцієнти повторюваності поправних дефектів від 1 до N.

В ході досліджень було проведено дефектування зношених деталей. Мінімальну кількість деталей, яку потрібно було піддати дефектуванню, визначали за методикою [9], яка передбачає попереднє вимірювання 10-15 деталей. За даними дефектування визначається зношення по дефекту, що має найбільшу повторюваність, середнє арифметичне значення зношення, середнє квадратичне відхилення досліджуваної величини, коефіцієнт варіації та закон розподілу випадкової величини. По коефіцієнту варіації при довірчій ймовірності  $\beta = 0,90$  і відносній точності  $\delta = 0,20$  за ДСТУ 3004-95 [10] приймалося мінімальне число деталей, які необхідно досліджувати.

Виходячи, з умов експлуатації досліджуваних об'єктів приймався план проведення спостережень – [NUT]. Згідно цього плану для спостереження ставиться N об'єктів, спостереження ведуться до вичерпання заданого середньої наробітку досліджуваної деталі.

Коефіцієнт варіації визначався по загальноприйнятим залежностям математичної статистики.

Розраховане значення коефіцієнта варіації дозволяє зробити висновок, що значення зношення по досліджуваній деталі підкорюється нормальному закону розподілу випадкових величин.

Згідно ДСТУ 2864-94, для прийнятого рівня довірчої ймовірності та відносної точності мінімальне число плужних лемешів для дослідження було прийнятим рівним 32 деталям. Для мікрометражу деталей використовувався універсальний вимірювальний інструмент. Були розроблені форми мікрометражних карт, виготовлено ескізи деталей з указівкою позицій, що позначають місця дефектів.

Мікрометраж деталей лемешів плуга проводився згідно з методичними вказівками [11].

На підставі результатів проведених попередніх спостережень за роботою плугів в сезоні 2014 року та результатів обробки даних мікрометражних карт визначалась повторюваність дефектів (таблиця).

Слід відмітити, що характер зношення змінюється в залежності від типу ґрунтів. На піщаних та супіщаних ґрунтах переважає абразивне зношення по ширині та товщині лемеша, зношення носка та променевидне зношення. На легких піщаних ґрунтах майже не утворюється потилична фаска та практично відсутні тріщини.

В той же час, на важких глинистих та суглинистих ґрунтах найбільш поширеним дефектом є утворення потиличної фаски, затуплення леза, зношення по ширині та зношення носка відбувається у половини лемешів. Зношення по товщині та променевидне зношення відбувається у 21% лемешів, а зношення по товщині практично не відбувається. Зате на цих ґрунтах можливі вигини, скручування, тріщини, приблизно 2% яких призводить до вибракування лемешів.

При роботі плуга на глинистих та суглинистих ґрунтах лезо лемеша ковзає по дну борозни і на лезі утворюється потилична фаска, паралельна дну борозни. Ця фаска утворює негативний кут до горизонтальної площини і є причиною утворення сили, яка виштовхує леміш з ґрунту. Ця сила збільшує тяговий опір плуга та порушує рівномірність заглиблення корпусів.

Таблиця – Повторюваність дефектів плужного лемеша

№ п/п	Найменування дефекту	Повторюваність дефекту ( $k_{пл}$ )	
		легкі піщані та супіщані ґрунти	глинисті та суглинисті ґрунти
1	Зношення по ширині	1,00	0,48
2	Зношення носка	1,00	0,55
3	Променевидне зношення носової частини леза	1,00	0,21
4	Зношення по довжині	0	0,21
5	Зношення по товщині спинки леза	1,00	0,02
6	Утворення потиличної фаски	0	0,97
7	Утворення тріщин	0	0,05
8	Вигини, скручування	0	0,09
9	Затуплення леза лемеша	0	0,91

Оскільки леміш на корпусі плуга установлений під кутом до напрямку руху та дна борозни, найбільше зношується носок лемеша, закруглюється гостра долотоподібна частина до її повного нівелювання. Крім того, носова частина лемеша в результаті променевидного зношування може протиратися наскрізь.

За даними досліджень коефіцієнт придатності ( $k_{пр}$ ) без ремонтних втручань рівнявся нулю для всіх типів ґрунтів. Коефіцієнт вибракування ( $k_{бр}$ ) становив 0,04 для глинистих та суглинистих ґрунтів та нулю для піщаних та супіщаних. Коефіцієнт відновлення ( $k_{в}$ ) рівнявся 1,0 для піщаних та супіщаних ґрунтів та 0,96 для глинистих та суглинистих.

**Висновки.** Характер зношування, величина наробітку та повторюваність дефектів плужних лемешів суттєво відрізняються на піщаних та глинистих ґрунтах. При визначенні та представленні коефіцієнтів повторюваності дефектів та коефіцієнтів відновлення цих деталей необхідно зазначати, в яких умовах та на яких типах ґрунтів отримані результати досліджень.

#### Література

1. Рабинович А.Ш. Стойкость и самозатачиваемость плужных лемехов и других режущих деталей сельскохозяйственных

машин: автореф. ... докт. техн. наук / Ассир Шлемович Рабинович. – М., 1969. – 40 с.

2. Ткачѳв В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В. Н. Ткачев. – М. : Машиностроение, 1995. - 335 с.

3. Денисенко М., Опальчук А. Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин / М. Денисенко, А. Опальчук // Вісник ТНТУ. – 2011. – Спецвипуск, частина 2 (механіка та матеріалознавство). – С. 201-210.

4. Бабицький Л.Ф., Кувшинов А.О., Абдулгасіс У.А. Надійність і ремонт робочих органів ґрунтообробних машин: навч. посіб. / Л. Ф. Бабицький, А. О. Кувшинов, У. А. Абдулгасіс. - Сімф. : ДІАЙП, 2011. – 148 с.

5. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М. М. Севернев, Н. Н. Подлекарев, В. Ш. Сохадзе, В. О. Китиков; под ред. М. М. Севернева. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 333 с.

6. Тюрева А.А. Повышение долговечности плужных лемехов наплавочным армированием в условиях песчаных и супесчаных почв: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Анна Анатольевна Тюрева. – М., 2008. – 168 с.

7. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин / Под ред. проф. Хрущева М.М. – М.: Машгиз, 1960. – 200 с.

8. Котенко С.С. До методики визначення коефіцієнтів заміності і коефіцієнтів відновлення деталей машин. / С.С. Котенко // Вісник сільськогосподарської науки. – К, 1980. – № 11. – С. 66-67.

9. Разработка недостающей технической документации на ремонт (восстановление) деталей сельскохозяйственной техники с послеремонтным ресурсом не менее 80 % от ресурса новых (отчёт). Номер госрегистрации 77044074 / Молодык Н.В. – Украинский филиал ГОСНИТИ. – М., 1978. – 243 с.

10. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними

11. Методические указания сбора информации об изменении технического состояния, износах и отказах тракторов / [Разраб. А. Ш. Рабиновичем, А. А. Сельцером, В. В. Новиковым и др.] ; Гос. всесоюз. науч.-исслед. технол. ин-т ремонта и эксплуатации маш.-тракт. парка. - Москва : ГосНИТИ, 1975. - 39 с.

*Рецензент д.т.н., проф. О.В. Сидорчук*