

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРИШВИДШЕНЕ ЗНОШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБНИХ МАШИН

Захаров А.В.¹, аспірант,
Рибалко І.М.¹, д.т.н., доц.,
Сайчук О.В.², д.т.н., проф.

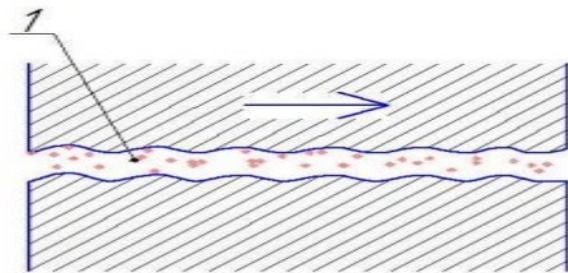
¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

²Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського м. Харків, Україна.

Найбільш навантаженими поверхнями культиватора та інших ґрунтообробних агрегатів є їх робочі механізми: у плуга – леміш, у культиватора – лапи, у борони – диски чи зубці тощо. Причиною їхнього передчасного виходу з ладу є в основному прискорене абразивне зношування, викликане взаємодією з твердими (HV 8-11 ГПа) частинками, що містяться в ґрунті. При цьому метал зазнає багаторазових пластичних деформацій, що призводить до його втомного руйнування [1].

Слово «абразив» (від латинського *abradere*, що означає «зішкрібати, збивати, зішкрібати») не описує ріжучу дію частинок; скоріше, цей термін відповідає латинською мовою поняттю «тертя». Отже, поняття абразивного зношування – це зношування, яке виникає, коли частинки твердої речовини потрапляють між поверхнями тіла тертя, викликаючи зношування цих поверхонь внаслідок різання або дряпання (рис. 1) [2].

Нерівномірне зношування ріжучих кромek та інших поверхонь робочого механізму культиватора потребує зміцнення та ремонту. Необхідність підвищення зносостійкості ґрунтових ріжучих органів зумовлена специфікою умов їх експлуатації, що призводить до незначних ресурсів. Заходи зі зміцнення таких деталей здійснюються до і в період експлуатації (відновлення). Ці заходи в першу чергу спрямовані на подовження терміну служби робочого механізму ґрунтообробного агрегату при обслуговуванні та максимальне використання його ресурсів [3].



1 – частинки твердої речовини (абразивні частинки)

Рис. 1. Модель абразивного зношування робочих органів

Для отримання зміцненої поверхні з оптимальними параметрами важливо визначити найбільш зношені частини робочого органу. Для цього необхідно проаналізувати закономірності процесу його зношування в абразивному середовищі та оцінити вплив на ці процеси різних факторів [4].

Встановлено, що процес взаємодії робочого органу культиватора з ґрунтово-абразивним середовищем під час його руху характеризується взаємодією ґрунтового абразиву на клині з плоскою або криволінійною робочою поверхнею. Отже, зниження інтенсивності абразивного зношування культиваторної лапи досягається підвищенням її поверхневої твердості.

Робочі органи культиватора виготовлені з середньовуглецевої та високовуглецевої сталі твердістю HRC 55...60 (6,0...8,0 ГПа) у загартованому стані. Відомо, що залежно від типу (глинисті, суглинні, піщані, супіщані) ґрунти містять від 35 до 77% абразивної фракції – польового шпату, граніту, кварцу. Його твердість становить 7,2 - 11,0 ГПа, тому твердість поверхні серійного робочого органу недостатня для забезпечення його високої зносостійкості. [5]

Результати досліджень показують, що зношування в абразивному середовищі залежить від великої кількості сукупно діючих чинників і комплексно - пов'язаних між собою робочих і службових параметрів. Складність оцінки міцності та процесу зношування робочих органів зумовлена безперервно мінливими умовами експлуатації, силами тертя, неоднорідністю абразивного середовища, складністю динамічних навантажень, характером поверхневого контактування частинок і навантажень.

Зношування робочих органів сільськогосподарської техніки визначається за узагальненим рівнянням:

$$\Delta I = f(p, S, L, m, H, g), \quad (1)$$

де p – тиск абразиву,
 S – площа тертя,
 L – шлях тертя,
 H – твердість металу,
 g – об'ємна вага металу.

У своїх дослідженнях В. Тон сформулював величини зносу пропорційного навантаженню стосовно абразивного зносу. Це здається логічним, оскільки в умовах пластичного контакту справжня площа торкання пропорційна навантаженню, а знос відбувається на цій площі.

Можна було припустити, що в умовах пружного контакту площа торкання буде пропорційна навантаженню в ступені, меншому за одиницю, наприклад, для одиничної сфери, або хоча б близька до одиниці за рахунок множинності пружних контактів. Однак виявилось, що знос пропорційний навантаженню в ступені, що значно перевищує

одиницю [6].

Б. Саар, досліджуючи експериментальними методами знос сталей під час тертя їх по абразиву, довів, що для закріплення абразиву знос пропорційний навантаженню в першому ступені, тоді як для абразивної маси піску показник ступені виявився в межах 2-3. Дослідження проводилися з алюмінієвими сплавами під час тертя їх по сталі, причому у всіх випадках мала місце залежність [7].

$$I = Aq^n, \quad (2)$$

де A - коефіцієнт пропорційності;

q^n - питоме навантаження, $n > 1$.

У таблиці 1 наведено відповідні експериментальні дані.

Таблиця 1

Значення питомого навантаження і коефіцієнта пропорційності при зношуванні в масі суглинистих ґрунтів притаманних східним областям України.

Матеріал зразка	Твердість (Н) кг/мм ²	Питома навантаження (q^n)	Коефіцієнт пропорційності (A)
Ферохром (ФХ-800) та детонаційна шихта на Сталь 45	140	2,07	17,4
Ферохром (ФХ-800) та флюс АНФ-29 на Сталь 45	177	2,14	9,7
Високохромистий чавун та детонаційна шихта на Сталь 45	392	2,37	4,7
Наплавка детонаційної шихти на сталь 45	577	2,72	4,9
Наплавка хрому та нікелю з карбідом ніобію на Сталь 45	923	3,21	4,1
Наплавка Cr C з графітом і Al ₂ O ₃ на Сталь 45	165	2,12	20,4
Наплавка порошку Fe та ZrO ₂ на Сталь 45	184	3,02	8,9
Наплавка дисперсійно тверднучої сталі на сталь 45	403	3,45	5,6

В.М. Ткачов, досліджуючи зношування культиваторних лап та лемішів плугів, встановив, що їхнє зношування пропорційне навантаженню у ступені більшій за одиницю.

Таким чином, результати цих та багатьох інших досліджень, які встановили, що зношування зростає пропорційно навантаженню в ступені більшої одиниці, очевидно, можна пояснити тим, що зношування визначається не тільки числом контактів, а й характером процесів, що протікають на контактах, причому характер цих процесів істотно залежить від тиску (навантаження).

Д. Арчард у своїх дослідженнях формулює більш детально залежність зносу на одиниці шляху від навантаження і твердості. Він міркує так. При шляху ковзання 1 см відбувається взаємодія деякої кількості контактів. Нехай r - радіус плями торкання. Зношуваний об'єм буде пропорційний r^3 , але знос відбудеться на шляху, пропорційному r . Зношуваний об'єм одного контакту на шляху r має бути пропорційний r^2 . Очевидно, що загальна кількість шляху контактів пропорційна фактичній площі тому знос на одиниці шляху для всіх контактів має бути пропорційним загальному навантаженню, поділеному на твердість. Експерименти показали, що коефіцієнт зносу змінюється від 10^{-2} до 10^{-7} .

Для багатьох матеріалів, що працюють у різних умовах тертя, було проведено детальні дослідження з визначення коефіцієнта зносу. В таблиці 2 наведено значення коефіцієнта зносу, отримані в умовах сухого тертя під час тертя торця циліндра діаметром 6 мм по кільцю діаметра 24 мм за швидкості 1,8 м/с і навантаження $400 \text{ Н} \cdot \text{кг}/\text{см}^2$.

Таблиця 2

Коефіцієнт зносу за Д. Арчардом

Тертя, крім обумовлених випадків, по загартованій інструментальній сталі	Коефіцієнт зносу К	Навантаження $10^{-6} \text{ Н} / \text{кг}/\text{см}^2$
М'яка сталь по м'якій сталі	$7 \cdot 10^{-3}$	20,4
60/40 латунь	$6 \cdot 10^{-4}$	8,7
Тефлон (фторопласт)	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,7
70/30 латунь	$1,7 \cdot 10^{-4}$	7,2
Бронза берилієва	$3,7 \cdot 10^{-5}$	21,4
Загартована інструментальна сталь	$1,3 \cdot 10^{-4}$	90,3
Нержавіюча сталь феритна	$1,7 \cdot 10^{-5}$	27,2
Карбід вольфраму по м'якій сталі	$4 \cdot 10^{-6}$	19,7
Карбід вольфраму по карбїду вольфраму	$1 \cdot 10^{-1}$	145

Для абразивного зношування А.І. Рабіновичем отримано коефіцієнти зносу за різних умов тертя (гострий напилек – 0,1; новий абразивний папір - 0,01; заокруглені абразивні частинки – 0,001), які

наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти зносу за А.І. Рабіновичем

Умови	Метал по металу		Неметал по неметалу
	Однорідні	Різномірні	
Сухі поверхні	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Бідна змазка	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Середня змазка	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Рясна змазка	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$

Аналізуючи таблицю 3, видно, що коефіцієнт зносу має різне значення залежно від гостроти граней абразиву, тобто залежно від того, має місце різання, пластичне або пружне відтіснення металу. На інтенсивність і характер зношування робочих органів також впливає і вологість ґрунту. Наприклад, у разі збільшення вологості ґрунту зменшується його тиск на лезо, інтенсивність зношування несучого шару значно перевершує інтенсивність ріжучого шару і відбувається "перезаточування", а на сухих ґрунтах, навпаки, затуплення.

Висновки. Враховуючи вище сказані фактори, можна зробити певні висновки, що для ефективного обробки ґрунту необхідно забезпечити міцність основного металу робочих органів ґрунтообробних машин не менше ніж 1500-1800 МПа, замість 600-900 МПа. Ударна в'язкість повинна відповідати значенням не менше 0,8-1,35 МДж/м². Ці дані необхідні для виключення деформацій і поломок виробів. Відносна зносостійкість основного металу в 2,5-3,0 рази повинна перевищувати цей показник порівняно з еталоном (сталь 45 у відпаленому стані). Тому забезпечення працездатності, підвищення ресурсу органів за оптимальних витрат на ремонт і відновлення можливе лише на основі виконання комплексу організаційних і технічних заходів.

У свою чергу, ресурс сучасних робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь значною мірою залежить від матеріалу заготовки, способу зміцнень, зусилля, що передається на поверхні, а також від структури та властивостей ґрунту. Тому, для отримання оптимального результату для зміцнень робочих органів, необхідно враховувати вплив перерахованих факторів.

Список використаних джерел

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник. / О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов, та ін.; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. -2-е вид. перероб. доп. Х.: «Міськдрук», 2014. 741 с.

2. Телятников В.В. Способ восстановления и повышения свойств рабочей поверхности деталей / В.В. Телятников, А.В. Марков, А.В. Сайчук, И.Н. Рыбалко и др. // Информационно-аналитический

международный технический журнал «Промышленность в фокусе». – Харьков, 2014. №10 [22]. С. 56–57.

3. Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Романюк С.П. и др. Применение нано- технологий в машиностроении // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків, 2019. № 15. С. 19–30.

4. Skoblo T.S., Klochko O. Yu., Belkin E.L., Sidashenko A.I. New Approaches in Study of Inhomogeneity of Heterogeneous Structures// Metallofiz. Noveishie Tekhnol., 2018, 40, No. 2, P. 255–280.

5. Захаров, А. В., Рибалко, І. М., Тіхонов, О. В., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 13(1).

6. Захаров, А. В., & Рибалко, І. М. (2023). Контроль якості наплавленого ЕШН металу. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем, 113.

7. Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Garkusha I.E., Taran V.S., Muratov R.M., Maltsev T.V. Optical-Mathematical Analysis of Structuration Modeling of Hardened Surfaces of Piston Rings during Operation // Metallofiz. Noveishie Tekhnol., 2019, 41, No. 3, P. 349–362.