

Дослідження зношування робочих органів дискових борін

Наведено результати досліджень зношування робочих органів дискових борін та встановлено особливості характеру їх спрацювання для вітчизняних і зарубіжних машин.
грунт, диск, робочий орган, зношування, коефіцієнт тертя

Постановка проблеми

В структурі парку сільськогосподарських машин України дискові борони займають близько 40% від загальної кількості ґрунтообробних знарядь [1]. Причому, якість їх роботи в значній мірі залежить від конструктивних параметрів дискових робочих органів. Як відомо в процесі роботи номінальні розміри диска, в результаті спрацювання зазнають змін, що значно впливає на всі показники технологічного процесу. Тому постає проблема у дослідженні процесу зношування дисків, що дозволить вирішити питання керування зносом дисків і підвищити ефективність експлуатації дискових ґрунтообробних знарядь та розробити ефективну технологію їх ремонту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, за характером виконання роботи дискові машини діляться на плуги, лушпильники і борони. В свою чергу борони бувають симетричні і несиметричні.

Дискові борони, в залежності від призначення, поділяються, на польові (легкі, середні та важкі), садові і болотні, а за способом агрегування з трактором – начіпні та причіпні [2]. Їх основні конструктивні та технологічні параметри наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні конструктивні та технологічні параметри дискових борін

Вид дискових борін	Глибина обробітку	Параметри дискових ґрунтообробних знарядь			
		Діаметр дисків, мм	Відстань між дисками, мм	Кут атаки, град	Кут заточки леза диска, град
Польові	6-24	450-700	165-250	10-25	10-20
Садові	10-30	до 560	до 300	15-25	15-25
Болотні	14-30	560-680	до 300	10-20	15-25

В процесі роботи відбувається зношування робочих поверхонь дискових борін в результаті «царапання» металу гострими кутами і ребрами твердих частинок ґрунту. З числа мінералів, що утворюють ґрунт, найбільшу твердість мають частинки кварца (7 одиниць по шкалі Мооса) і польового шпата (6 одиниць) [2].

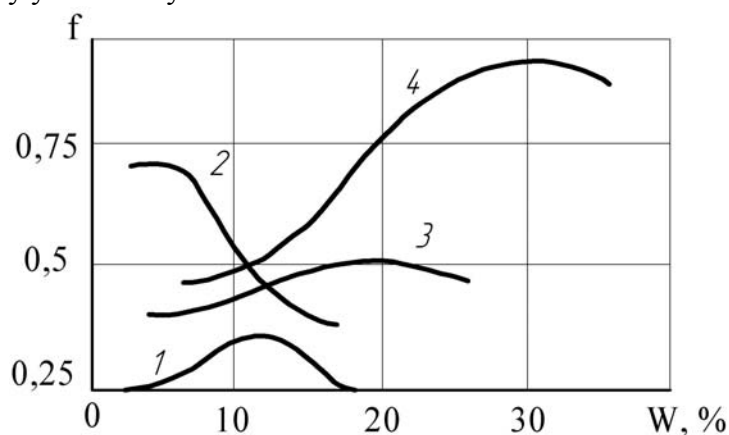
Ці два мінерали являються основною складовою піщаних і супіщаних ґрунтів, що пояснює швидкий знос робочих органів при роботі на даних ґрунтах.

Інтенсивність зносу робочих органів ґрунтообробних машин в свою чергу також залежить і від коефіцієнта тертя f , а величина коефіцієнта тертя залежить від механічного складу, вологості, шорсткості робочої поверхні, матеріалу з якого

виготовлений робочий орган, а також від питомого тиску на поверхню контакту і швидкості ковзання ґрунту.

Визначенню величини коефіцієнта тертя ґрунту по сталі присвячено велику кількість робіт, але незважаючи на це, данне питання і досі залишається відкритим. Причиною цього є велике різноманіття режимів роботи і обладнання, що використовується при досліджах, а також випадкового вибору типу і механічного складу досліджуємого ґрунту.

Зміна вологості ґрунту по-різному впливає на величину коефіцієнта тертя піщаних та глинистих ґрунтів. П.У. Бахтіном та іншими дослідниками встановлено, що зі збільшенням вологості суглинистих і глинистих ґрунтів різних генетичних типів (від повітряно-сухого стану до 60-80% відносної вологості) значення коефіцієнта тертя ґрунту по шліфованій сталі зростає, а по досягненню максимального значення – зменшується [3] (рис. 1, криві 3 і 4). При цьому чим важчий механічний склад ґрунту, тобто чим більший в ньому вміст глинистих частинок, тим більше значення коефіцієнта тертя цього ґрунту у вологому стані по сталі.



1 – піщаний ґрунт; 2 – супіщаний зв'язаний ґрунт; 3 – середній суглинок; 4 – тяжкі суглинки і глини

Рисунок 1– Зміна коефіцієнта тертя f ґрунту по сталі в залежності від вологості

Збільшення значення коефіцієнта f глинистих і суглинистих ґрунтів зі збільшенням їх вологості пояснюється зростанням сил міжмолекулярної взаємодії частинок ґрунту і сталюї поверхні, а зниження після переходу максимуму – появою на поверхні контакту вільної води, яка виконує роль мастила.

Границі зміни коефіцієнта тертя піщаних ґрунтів по сталі, обумовлені збільшенням вологості ґрунту, досліджені ще недостатньо, тому криві 1 і 2, зображені на рис. 1, являються в відомій мірі, гіпотетичними.

Збільшення вологості рихлих (позбавлених зв'язаності) піщаних ґрунтів від гігроскопічної до максимальної капілярності викликає ріст коефіцієнта f до його максимального значення; при подальшому збільшенні вологості величина коефіцієнта f зменшується. Пояснити такий характер зміни коефіцієнта тертя можливо наступним чином: при малій вологості ґрунту ковзання сталі по поверхні рихлого піску супроводжується перекочуванням шару піщинок, взаємодіючих зі сталюю пластину, по підстилаючому шару, що зменшує величину коефіцієнта тертя. Зволоження піску і поява у нього міжмолекулярних зв'язків, зменшує рухомість шару піщинок, які взаємодіють з сталюю поверхнею, а також поява молекулярних сил, обумовлює прилипання частинок ґрунту до сталюї поверхні, що призводить до збільшення коефіцієнта тертя. Подальше зволоження піщаного ґрунту супроводжується появою вільної води, яка змащує поверхню тертя. Значення коефіцієнта при цьому зменшується.

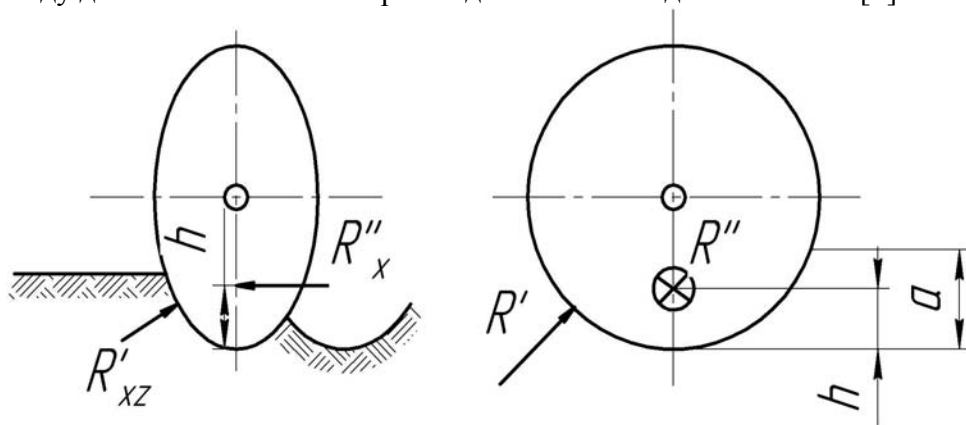
Найбільше значення коефіцієнта тертя при ковзанні сталі по поверхні піщаного ґрунту, який знаходиться у зв'язаному стані, спостерігається при малій вологості (рис. 1. крива 2). В цьому випадку піщинки ґрунту, які взаємодіють зі сталюю поверхнею, спричиняють її інтенсивний абразивний знос (царапають її подібно наждачній бумазі). Збільшення вологості такого ґрунту призводить до її розм'якшення, при цьому знижуючи міцність закріплення в ґрунті піщинок, які взаємодіють зі сталюю поверхнею, що в свою чергу знижує величину коефіцієнта тертя.

Суперечливі данні і про вплив швидкості ковзання ґрунту на величину коефіцієнта тертя. Деякі вчені вважають що при зростанні швидкості ковзання зростає і коефіцієнт тертя (Прігожая М.Г., Багіров І.З.), деякі навпаки (Виноградов В.І.), а Примов Р.Я., проводячи експериментальні дослідження, не виявив зміни коефіцієнта тертя при зміні швидкості ковзання. Тому можна вважати, що зміна швидкості ковзання ґрунту по сталі в межах 0,5-4,0 м/с не призводить до зміни коефіцієнта тертя.

Збільшення питомого тиску p на поверхню контакту металу з ґрунтом на думку таких вчених як Щучкін Н.В. і Яковенко А.Т. (які займалися фундаментальним вивченням даного питання в 50-60 роках минулого століття) призводить до зменшення коефіцієнта тертя, так як при цьому в результаті ущільнення ґрунту на поверхню тертя надходить вільна вода, яка виступає в ролі мастила. Однак, це твердження можна вважати вірним лише для тих значень вологості, які перевищують значення вологості, що відповідає максимальному значенню коефіцієнта тертя[2]. На даний час дослідження в цьому напрямку не проводяться, а тому це явище потребує подальшого вивчення.

Особливо складно дослідити вплив питомого тиску на зміну коефіцієнта тертя в дискових ґрунтообробних знаряддях. Це пов'язано з тим, що елементарний опір ґрунту на робочій поверхні і лезі сферичного диска не має однієї рівнодіючої сили, а приводиться до двох мимобіжних сил R' і R'' (рис. 2).

Сила R' проходить через вісь обертання диска, а сила R'' паралельна осі обертання диска і знаходиться на відстані h від дна борозни, рівній приблизно половині глибини ходу дисків. Загальний опір складається із складових R' і R'' [4].



R' і R'' – сили які чинять опір на сферичний диск ; a – глибина обробітку; h – відстань на якій сила R'' чинить опір на сферичний диск $h=1/2$.

Рисунок 2 – Сили, що діють на сферичний диск

Експериментально встановлено, що питомий опір для двохслідних польових (легких та середніх) і садових дискових борін, в залежності від типу ґрунту, глибини обробітку і кута атаки складає $K = 200-300$ кг/м, а для важких польових борін при глибині обробітку $a = 10-24$ см відповідно $K = 400-800$ кг/м [4].

З усього вище сказаного можна виділити фактори, які впливають на знос робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) (рис. 3).

Мета досліджень

Встановити, на основі параметрів зношування дискових робочих органів передумов для створення наукових пропозицій з підвищення ефективності їх експлуатації та ремонту.

Результати досліджень

Фактори, що впливають на знос дискових робочих органів були врахованні при дослідженні зносу робочої поверхні дискових борін, а саме: вологість ґрунту, механічний склад ґрунту, питомий опір ґрунту, матеріал з якого виготовлений диск, а також геометричні форми знаряддя. Також було враховано і твердість ґрунту, адже це обов'язкова умова при випробовуванні будь яких ґрунтообробних машин що передбачена ГОСТами.



Рисунок 3 – Фактори, що впливають на знос РОГМ

Тому, враховуючи все вище сказане, було досліджено закономірності зносу дискових робочих органів в залежності від матеріалу з якого виготовлені диски і їх геометричних параметрів. Адже саме цими показниками відрізняються вітчизняні і зарубіжні диски. А всі інші фактори при дослідженні залишити сталими. Це дозволило нам об'єктивно порівняти знос дисків в залежності від цих двох факторів і дати об'єктивну оцінку їх ресурсу використання.

Дослідження зносу робочої поверхні диску проводилося на важких боронах БДВ-7 виготовлених на ВАТ "Вишевичі Агротехніка" (Україна) та на важких боронах фірми Bellota (Іспанії). Ці дві машини працювали в однакових умовах які наведені в таблиці 2.

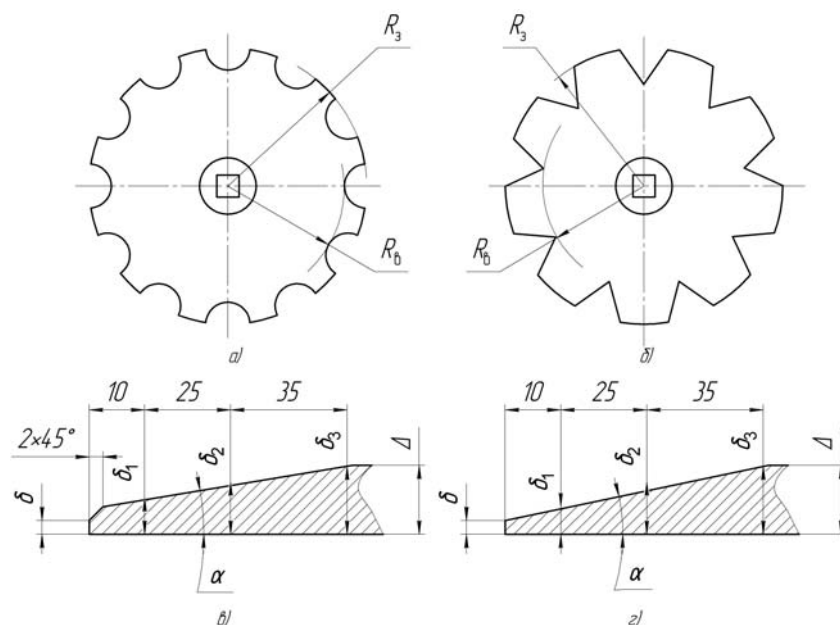
Таблиця 2 – Умови випробовування дискових борін

Марка борони	Показники								
	Фон поля	Тип ґрунту	Рельєф	Вологість ґрунту по шарах, %			Твердість ґрунту по шарах, МПа		
				0-50 мм	51-100 мм	101-150 мм	0-50 мм	51-100 мм	101-150 мм
Bellota	Озима пшениця	Чорнозем легкосуглин- ковий	Рівнинний (нахил <5°)	6,8	14,2	15,6	0,47	1,17	1,79
БДВ-7									

Диски БДВ-7 виготовленні зі сталі 65Г твердістю 37-42 HRC, а диски фірми Bellota виготовленні зі сталі 28MnB5, яка має твердість 48-52 HRC. Значення номінальних розмірів дисків наведено у таблиці 3, а схема за якою проводяться заміри необхідних розмірів зображена на рис 4.

Таблиця 3 – Номінальні розміри дисків

Борона	Показник				
	Радіус диска за вершинами зубів,	Радіус диска	Кут заточки ріжучої, кромки, α , град	Товщина ріжучої кромки, δ , мм	Товщина основного металу, Δ , мм
Bellota	350	305	18	<0,5	6
БДВ-7	330	255	23	0,5-1,5	6



а) новий диск борони Bellota; б) новий диск борони БДВ-7; в) переріз зуба дисків борони Bellota; г) переріз зуба дисків борони БДВ-7; R_3 – радіус по вершині зуба; R_b – радіус по основі зуба; $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – товщина металу в точці 1, 2 і 3 відповідно; δ – товщина ріжучої кромки диска; Δ – початкова товщина металу

Рисунок 4 – Схема вимірювань

Вимірювання основних розмірів дисків проводили при напрацюванні 30, 60, 90, 120 та 150 га на один диск відповідно.

При перших 30 га у борони БДТ-7 відмічено значне збільшення кута загострення α при незначній зміні величини різальної кромки δ , що свідчить про здатність зубів диска до самозаточування.

При напрацюванні до 60 га на один диск відбувалося різке затуплення ріжучої кромки дисків БДВ-7, а у дисків Bellota навпаки відбувався ефект самозаточування.

При подальшій експлуатації борін було відмічено рівномірне спрацювання зубів по діаметру з інтенсивністю 0,11-0,12 мм/га для дисків БДВ-7 та 0,05-0,078 мм/га для дисків Bellota.

Якість роботи дискової борони оцінюється трьома основними параметрами (відповідно до агротехнічних вимог): глибина обробітку – 12 см при куті атаки 15°; гребнистість 3,2 см; підрізання бур'янів – 92,8%.

Допустимі відхилення від агротехнічних вимог: глибина обробітку 8-18 см, гребнистість не більше 3 см, підрізання бур'янів – не менше 95%. При порушенні агротехнічних вимог подальша експлуатація дискових борін забороняється.

При напрацюванні у 90 га на один диск було встановлено різку зміну якісних показників обробітку ґрунту бороною БДТ-7, а саме: зменшення глибини обробітку, збільшення гребнистості, погіршення подрібнення рослинних решток, що свідчить про порушення агротехнічних вимог. Аналогічний ефект у борони Bellota був відмічений при напрацюванні 150 га. Тобто при такому напрацюванні якість обробітку не відповідала агротехнічним вимогам. Тому такий стан можна називати граничним, а диски необхідно ремонтувати або замінювати на нові.

Результати замірів основних конструктивних розмірів дискових робочих органів при досягненні граничного стану, згідно схеми рис. 2, наведені у таблицях 4 і 5.

Таблиця 4 – Заміри розмірів зубчастих дисків борони Bellota при напрацюванні 150га на один диск

№ диска	Зуб	Rз, мм	Rв, мм	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	Δ , мм
1	1	310	292	4,26	4,68	4,87	5,96
	2	310	292	4,43	4,65	4,91	
	3	310	292	4,42	4,67	4,88	
2	1	309	293	4,36	4,55	4,83	5,83
	2	309	292	4,27	4,59	4,78	
	3	310	292	4,34	4,53	4,75	
3	1	312	293	4,26	4,69	4,96	5,79
	2	311	294	4,42	4,68	5,01	
	3	311	293	4,46	4,68	4,95	
4	1	312	293	4,40	4,60	4,87	5,80
	2	312	293	4,47	4,76	4,97	
	3	311	293	4,52	4,72	4,95	
5	1	310	292	4,37	4,61	4,98	5,82
	2	310	291	4,42	4,60	4,93	
	3	310	292	4,39	4,48	5,00	

Таблиця 5 – Заміри розмірів зубчастих дисків борони БДВ-7 при напрацюванні 90 га на один диск

№ диска	Зуб	Rз, мм	Rв, мм	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	Δ , мм
1	1	250	233	1,92	3,34	4,10	5,63
	2	251	232	1,93	3,40	4,12	
	3	250	232	1,90	3,37	4,10	
2	1	265	241	1,43	3,62	4,57	5,15
	2	265	240	1,50	3,64	4,50	
	3	264	241	1,48	3,57	4,61	
3	1	255	250	1,75	3,67	4,98	5,27
	2	270	256	1,87	3,79	4,77	
	3	268	258	1,84	3,80	4,87	
4	1	254	245	2,00	3,57	4,60	5,29
	2	257	244	2,01	3,71	4,73	
	3	253	245	1,95	3,63	4,58	
5	1	265	249	1,80	3,30	4,45	5,00
	2	257	245	2,01	3,45	4,70	
	3	244	242	1,93	3,25	4,51	

Аналізом таблиць 4 і 5 встановлено, що граничні розміри R_z і R_v у дисків борони БДВ-7 в середньому складають 257,8 мм і 243,5 мм відповідно, а у дисків борони Bellota – 310,5 мм і 292,0 мм. Диски БДВ-7 за зовнішнім радіусом зносилися на 72,2 мм (22% від номінального розміру), а за радіусом по основі зуба – на 11,5 мм (5% від номінального розміру). При цьому знос дисків Bellota склав відповідно за зовнішнім радіусом 39,54 мм і за радіусом по основі 13 мм (що складає відповідно 12% і 5%) З чого можна зробити висновок, що диски інтенсивніше зносилися за зовнішнім радіусом.

Висновки

В процесі проведених експериментальних досліджень дискових борін БДВ-7 та Bellota було з'ясовано:

1. При напрацюванні до 60 га на один диск відбувалося різке затуплення ріжучої кромки дисків.
2. У дисків борони Bellota на всіх етапах спостережень був відмічений ефект самозагострення.
3. Граничний стан у дисків борони БДВ-7 настає при напрацюванні 90 га на один диск, а у дисків борони Bellota при 150 га на один диск.
4. Для підвищення ефективності експлуатації дискових борін необхідно розробити технологію їх виготовлення і відновлення, що буде базуватися на сучасних способах зміцнення зубчастих робочих поверхонь дискових борін.

Перспективи

Встановлення закономірностей зносу дискових РОГМ від факторів, які впливають на знос.

Список літератури

1. С.М Дудак. Дискові ґрунтообробні знаряддя, основні параметри та особливості.- Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 91, 2007.- С. 368.
2. Синеоков Г.П., Панов И.М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. М.: «Машиностроение», 1977.- 328 с.
3. Бахтин П.У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. М., «Колос», 1969. – 268 с.
4. Венгенков Н.А. Попов Е. И. Механизация обработки почвы. М.: «Колос», 1972.-272 с.
5. Звіт випробовування борін ННЦ «ІМЕСГ» за 2007 р.

Представлено результати досліджень изнашивания робочих органів дискових борон и установлено особенности характера их износа для отечественных и зарубежных машин.

It is presented results of researches of wear process of working organs of disk harrows and it is established features of character of their deterioration for domestic and foreign machines.