

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ ДИСКІВ АГРЕГАТА ГРУНТООБРОБНОГО ДЛ-2,5 ЗА ЧАС ВИПРОБУВАНЬ В УМОВАХ ДОСЛІДНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Халін С., канд. екон. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Шустік Л., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0003-3718-3667>, e-mail: shustik@ukr.net

Степченко С.,

<https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>, e-mail: stepchenko_s@ukr.net

Сидоренко С.,

<https://orcid.org/0000-0001-5046-117X>, e-mail: silviya20@ukr.net

Гайдай Т., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Мета досліджень. Оцінювання кількісних і якісних параметрів зносу дискових робочих органів агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5 на основі відстеження їхнього стану під час випробувань в умовах дослідної експлуатації за 6-ти річний період та прогнозування можливості подальшої експлуатації агрегату.

Методи досліджень. Аналіз конструкції машини, визначення лінійних розмірів дисків стандартизованими методами вимірювання та статистична обробка даних.

Результати досліджень. Встановлена інтенсивність зносу дискових робочих органів в залежності від наробітку, прогноз ресурсу до втрати якості.

Висновки. На основі експериментальних досліджень отримано об'єктивну достовірну інформацію про параметри зносу дискових робочих органів агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5 в умовах дослідної експлуатації в зоні Лісостепу України.

За шестирічний період випробувань при загальному обсягові робіт виконаних агрегатом – 2430,6 га (2017 р. – 395,4 га; 2018 р. – 413,3 га; 2019 р. – 456,3 га; 2020 р. – 357,6 га; 2021р. – 400,0 га; 2022 р. – 408,0 га) та досягненні наробітку на один диск – 120 га, знос робочої крайки дисків переднього та заднього рядів склав відповідно 21,1 мм та 11,5 мм за допустимого значення 35 мм, або у відсотках відповідно – 60,2 та 32,8. Відповідно цьому розрахунковий залишковий ресурс прогнозується на рівні 39,8 % та 67,2 %. За результатами ресурсних випробувань протягом 2017-2022 років агрегат зберіг свій працездатний стан, забезпечував необхідні регулювання, агрегування, транспортування та мав естетичний зовнішній вигляд.

Отримані результати можуть бути використані машинобудівниками як інформативна база доводки дисків і формування нормативів їх наробітку, а виробниками с. г. продукції, як інформація по вибору надійної техніки і потенціалу її термінів експлуатації.

Перспективи досліджень в даному напрямку заключаються в можливій множині обліку загальних умов експлуатації дискових знарядь, мінливості конструкційно-технологічних схем, а також можуть бути використані як методичний матеріал для с. г. машин, що мають у своєму складі диски.

Ключові слова: агрегат ґрунтообробний; випробування; дисковий робочий орган; боромістка сталь; знос; прогнозований ресурс.

Вступ. В світовому машинобудуванні актуальними є питання пошуку та впровадження ефективних матеріалів, зокрема сталей, для робочих органів ґрунтообробних машин, які працюють в умовах підвищеного зносу їх робочих поверхонь [Shizhong, Liuji, 2020]. З появою потужних тракторів і збільшенням питомих зусиль на ширину захвату с. г. знарядь стало можливим збільшення швидкісних технологічних режимів роботи, що різко вплинуло на ресурс та зношування дисків та додатково поглибило зацікавленість розробників і споживачів с. г. техніки до впровадження стійких сталей до абразивних, ударних, вібраційно-коливальних навантажень [Raabe et al., 2020]. Саме тому інтерес до боромістких сталей лише зростає [Dvoruk, Borak, 2017].

В структурі парку с.-г. машин України дискові борони займають близько 40 % від загальної кількості ґрунтообробних знарядь [Грабар, Антонюк, 2022]. Причому, якість їх роботи в значній мірі залежить від характеристик матеріалу та конструкційних параметрів дискових робочих органів. В процесі роботи номінальні розміри диска, в результаті спрацювання зазнають змін, що значно впливає на всі показники технологічного процесу – глибину обробітку, гребенистість, підрізання бур'янів та інші. Порушуючи агротехнічні вимоги подальша експлуатація дискових борін забороняється.

Тому постає проблема у дослідженні процесу зношування дисків для подальшого їх удосконалення та підвищення ефективності експлуатації дискових ґрунтообробних знарядь.

Новизна роботи полягає в наступних аспектах:

- отриманні об'єктивної достовірної інформації, визначеної в умовах дослідної експлуатації в зоні Лісостепу України, за 6-ти річний період спостережень та досягненні наробітку на диск близько 120 га і прогнозуванні остаточного ресурсу їх роботи та наробітку;
- отриманні диференційованих показників зносу дисків залежно від ком-

понуально-ешелованого розміщення їх в рядах та почерговості контактування з ґрунтом у відповідно щільному та розпушеному станах;

- практичне значення досліджень і внесок у світову та вітчизняну науку полягає в тому, що отримані результати за відповідних конструктивів і умов експлуатації, можуть бути використані машинобудівниками як інформативна база доводки дисків і формування нормативів їх наробітку, а виробникам с. г. продукції, як інформація по вибору надійної техніки і потенціалу її термінів експлуатації.

Постановка завдань. На прикладі агрегату ґрунтообробного ДЛ-2,5, виробництва ТОВ «ЛКМЗ», м. Лозова (Україна), в результаті обстеження його конструкції було встановлено, що найбільше піддаються зносу дискові робочі органи. В процесі досліджень було поставлено такі завдання:

- відстежити знос дисків за час випробувань в умовах дослідної експлуатації;
- визначити критерії зносу та методику його визначення;
- встановити динаміку зносу переднього та заднього рядів дисків за наробітку впродовж 6-ти річного періоду спостережень і контрольованих об'ємах щорічного наробітку, площах сівозміни і умовах випробувань;
- встановити кількісні і якісні характеристики зносу та провести їх графічну інтерпретацію;
- зробити висновок про стан і характер зносу дисків переднього і заднього рядів та прогноз можливості подальшої експлуатації агрегату.

Методи та матеріали. Аналітичний аналіз конструкції машини, визначення лінійних розмірів переднього і заднього рядів дисків стандартизованими методами вимірювання [КД 46.16.02.03] та статистична обробка даних за Б.А. Доспеховим [Доспехов, 1985].

Аналіз експериментальних даних проводили на основі щорічного протягом 6-ти років вимірювання змін діаметра диска в межах початкового і допустимо-

го його розмірів, що дозволяє виконувати роботу на рівні агровимог [Чернілевський та ін., 2012].

Під час дослідної експлуатації випробовувався агрегат ґрунтообробний ДЛ-2,5 що є розробкою українського підприємства та укомплектований дисками з боромісткої сталі 28MnB5. Він призначений для роботи в діапазоні мілкого і середнього обробітків ґрунту і використовується на наступних технологічних операціях - лушення стерні; основному та передпосівному обробітках ґрунту під різні с.-г. культури; подрібненні та загортанні у ґрунт пожнивних решток та стебел бур'янів.

Будова та конструкційні параметри. Агрегат ґрунтообробний ДЛ-2,5 (рис. 1) складається з рами, у складі двох поперечних квадратних труб та двох поздовжніх сталевих смуг. На рамі агрегату в два ряди встановлено сферичні випуклі диски з різною крайкою типу «ромашка». Кожен з дисків на його робочій стороні обладнаний власною підшипниковою опорою, закріпленою на пружній стійці. Відстань між рядами дисків становить 800 мм, а між дисками в ряду – 250 мм. Позаду, за допомогою механізмів кріплення, встановлено прикочуючий коток у вигляді барабана з прямолінійним трубчастим променям. Довжина котка – 2500 мм. З допомогою котка відбувається розрівнювання і ущільнення обробленої дисками землі та сепарація грудок до дрібноцінних



Рисунок 1 – Загальний вигляд агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5

агрегатів. Регулювання глибини обробітку забезпечується переміщенням котка по вертикалі і фіксується системою палець-отвір.

Результати досліджень. Вхідними даними для ресурсних випробувань агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5 послужили різні види робіт в певних обсягах (таблиця 1), які велися на території УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого протягом 2017-2022 років по ґрунтах - чорнозем глибокий малогумусний середньосуглинковий, їх твердості від 0,4 МПа до 1,5 МПа та вологості до 27 %.

Під час обстеження всіх вузлів агрегату та оцінювання стану зміни їх параметрів було встановлено, що найбільше відмов виникає у вузлах дискових робочих органів, а саме знос їх по зовнішньому діаметру та товщині ріжучої крайки.

Таблиця 1 – Види робіт виконані агрегатом ґрунтообробним ДЛ-2,5

Періоди		Види обробітку	
Рік	Обсяг, га	Найменування роботи	Обсяг, га
2017	395,4	Лушення стерні на глибину 6 – 7 см	870,3
2018	413,3	Поверхневий обробіток після грубостебельних культур	222,8
2019	456,3	Передпосівний обробіток на глибину 4 – 5 см	293,0
2020	357,6	Основний обробіток на глибину 9 – 10 см	236,5
2021	400,0	Дискування	200,0
		Обробіток після жнив	200,0
2022	408,0	Дискування	223,0
		Обробіток після жнив	185,0
Всього	2430,6		2430,6

За загальної кількості 20 дисків, що були встановлені на агрегаті, протягом 6-ти річного періоду, наробіток кожного диска склав 121 га.

Моніторинг зміни параметрів дисків протягом ресурсних випробувань включав контроль розмірів в дисках переднього і заднього рядів. Креслення диска з допустимими розмірами за весь період спостережень представлено на рисунку 2. Моніторинг зміни параметрів дисків протягом

всього періоду випробувань представлено в таблиці 2.

Наробіток агрегата за роками з наростанням: 2017 р. – 395,4 га; 2018 р. – 808,7 га; 2019 р. – 1265,0 га; 2020 р. – 1622,6 га; 2021 р. – 2022,6 га; 2022 р. – 2430,6 га.

Як видно із таблиці 2, середнє значення діаметра переднього ряду дисків агрегата при загальному наробітку 2430,6 га склало 524 мм (від початкового значення 566 мм), а заднього – 543 мм. Таким чи-

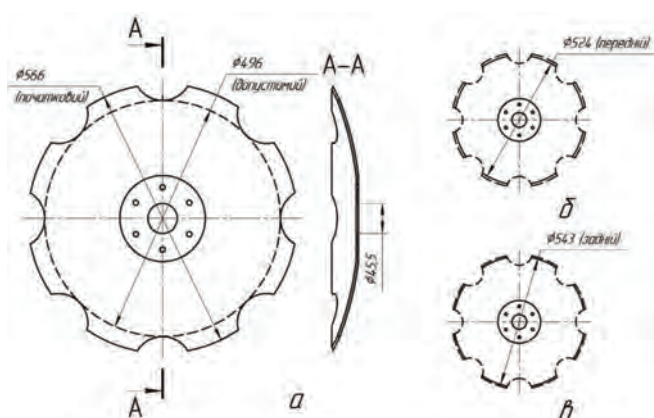


Рисунок 2 – Схематичне зображення спрацювання диска: а – допустимий знос; б – знос переднього диска; в – знос заднього диска

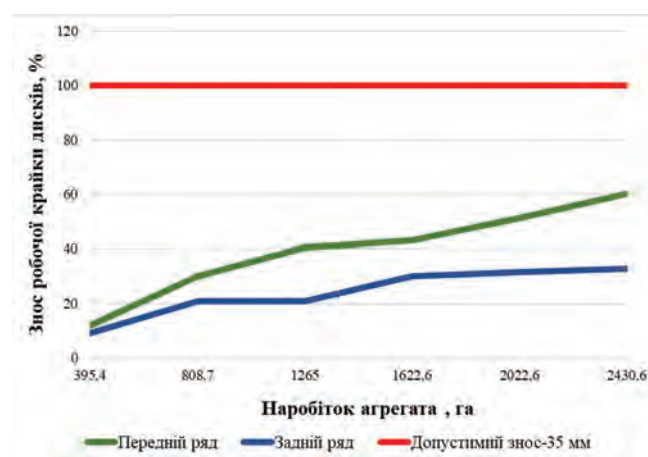


Рисунок 3 – Динаміка зносу робочої крайки дисків за 2017-2022 рр.

Таблиця 2 – Моніторинг зміни параметрів дисків протягом всього періоду випробувань

№ п/п	Діаметр дисків, мм				Знос, %	
	на початку випробувань		по закінченню випробу- вань (по ходу агрегата зліва направо) *			
	передній ряд	задній ряд	передній ряд	задній ряд	передній ряд	задній ряд
1	566	566	507	549	84	24
2			519	537	67	41
3			517	539	70	39
4			527	549	56	24
5			529	547	53	27
6			531	543	50	33
7			537	545	41	30
8			525	533	59	47
9			523	543	61	33
10			523	545	61	30
Середнє значення			524	543	60,2	32,8

*- допустимий знос на глибину вирізів дисків за даними виробника: $D_{\text{допустиме}} = 496$ мм

ном їх знос по діаметру склав 42 мм і 23 мм відповідно.

На рисунку 3 показано, що передній ряд дисків агрегату спрацювався швидше, ніж задній, майже в два рази – 60,2 % проти 32,8 %. Це пояснюється тим, вони працюють в більш агресивному ґрунтовому середовищі. Отже їх розрахунковий залишковий ресурс у ході виконання подальших агротехнологічних операцій прогнозується на рівні 39,8 %, а заднього ряду – 67,2 % відповідно.

Обговорення. На особливості зносу дискових ґрунтообробних знарядь впливає ряд чинників – глибина обробітку, тип ґрунту, вологість, засміченість бур'янами, наявність рослинних решток на поверхні поля, діаметр диска, кут атаки, відстань між дисками на батареї тощо, а також особливості кріплення дисків до рами. Вказані чинники впливають на якість та енергоємність технологічного процесу дискування. Борона перестає якісно виконувати свою функцію через зношення її робочих органів до допустимих значень [Зубко та ін., 2018]. Зношування робочих поверхонь дисків це результат «виносу» 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) [Синеоков, Панов, 1977]. Ці два мінерали являються основною складовою піщаних і супіщаних ґрунтів. Саме це пояснює швидкий знос робочих органів у процесі роботи на даних ґрунтах.

На сьогодні, світовий та вітчизняний ринки пропонують споживачам диски із різних сталей, різної якості та вартості. Для виробництва дисків використовують різноманітні сталі, наприклад загартовану сталь марки 65 Г. Завдяки термообробці збільшується термін експлуатації диска й знижується його зношування навіть у разі установки великого кута атаки. Недоліком використання такої сталі, що відноситься до вуглецевої групи, є схильність до впливу корозії [Hirata et al., 2021], нерівномірність твердості поверхні, що вимагає від-

пуску напружень, гартування в маслі, що чинить вплив на довкілля, тощо.

В останні десятиліття ринок почав виготовляти сталі з вмістом бору, що дозволило налагодити виробництво робочих органів з підвищеною зносостійкістю та високим ресурсом роботи [Izmaylov et al., 2017]. Так одні із провідних світових металургійних сталеварних компаній – австрійська Voestalpine, шведська SAAB, турецька група компаній Erdemir Group, люксембурська ArcelorMittal виробляють сталі преміум класу з вмістом бору у їх складі.

В Україні налагоджено виробництво боромістких сталей марок 28MnB5, 30MnB5, 35MnB5, 38MnB5, які мають ресурс у 2-3 рази вищий, ніж ресурс тих самих виробів із популярної в Україні марки сталі 65Г. Крім характеристик міцності і зносостійкості, такі сталі мають ряд переваг [Khoma et al., 2022]. У гарячекатаному стані вони легко піддаються формуванню та згинанню, добре ріжуться та зварюються. Продукція із боромістких сталей випускається відповідно до вимог міжнародного стандарту EN 10083-3 – «Сталі для гартування та відпустки».

Порівняльні дослідження зносу робочої поверхні дисків проведено вітчизняними фахівцями, зокрема на важкій бороні БДВ-7 українського виробництва та на імпортній важкій бороні з робочими органами – дисками фірми Bellota [Герук та ін., 2008]. Диски борони БДВ-7 були виготовленні зі сталі 65Г твердістю 37-42 HRC, а диски фірми Bellota виготовленні зі сталі 28MnB5, яка має твердість 48-52 HRC. Ці дві машини працювали в однакових умовах: фон – озима пшениця, тип ґрунту – чорнозем суглинковий, рельєф – рівний, вологість ґрунту в шарі (0-150 мм) – від 6,8 % до 15,6 %, твердість відповідно – 0,47-1,79 МПа. Вимірювання основних розмірів дисків проводили за напруження 30, 60, 90, 120 та 150 га на один диск. Встановлено, що ресурс борони БДВ-7, при якому відмічене різке погіршення якості роботи, склав 90 га/диск, в той час як імпортна борона забезпечила

показник — 150 га/диск.

Дана робота, що присв'ячена натурним багаторічним польовим спостереженням за досліджуваним об'єктом — дисками, являється ресурсозатратною і тривалою в часі, водночас отримані результати мають високу достовірність і об'єктивність отриманих даних. Через складність виконання таких робіт виробники прагнуть отримати максимальну кількість інформації за короткий термін. Тому останнім часом велика увага приділяється прискоренням, порівняльним, імітаційним випробуванням деталей з різних, в т. ч. боромістких сталей, і вузлів машин на дослідження і оцінювання їхнього ресурсу [Shustik et al., 2020; Тюрин та ін., 2021; Шустік та ін., 2022]. На відмінну від натурних випробувань, інформація, яку отримують у процесі прискорених випробувань являється лише наближеною до отриманої в реальних умовах експлуатації і як правило вона акцентує увагу на обмеженій кількості властивостей притаманних досліджуваному зразку.

Провідні світові виробники дискових знарядь (Lemken, Vaderstad і інші) зазвичай практикують декларування у своїй технічній документації гранично допустимого ресурсу зносу дисків, оскільки від цього залежить якість виконання технологічного процесу [Інструкція..., 2022]. В той же час більшість вітчизняних виробників, особливо, які налагодили власне виробництво аналогічних знарядь, декларують граничний знос дисків без об'єктивного обґрунтування.

Декларування різними виробниками того, що працездатність всіх дисків на знаряддях є однозначною по їх зносу та ресурсу, на нашу думку є хибною. Наші дослідження показують, що на ґрунтообробному агрегаті передній ряд дисків має суттєво більший знос в порівнянні із заднім. Це пояснюється тим, що передній ряд дисків працює в більш жорстких умовах, тоді як інші ряди працюють в умовах розпушеного стану ґрунту. Прогнозується, що перестановкою дисків в рядах можна досягти більшого ресурсу самої машини,

здешевити витрати на ремонт, оскільки вартість дисків в загальній компоновці ґрунтообробних знарядь коливається в межах 20 % - 25 %. В цілому це дозволить покращити техніко-економічні показники ефективності [Іващенко, 2012].

Дослідження зносу дисків агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5 присвячені дискам із бормісткої сталі із притаманною конструкційною формою, способом кріплення підшипникового вузла до стійки на знарядді, кутом атаки і особливостями їх експлуатування на чорноземі малогумусному середньосуглинковому [Теслюк та ін., 2016]. В той же час світове виробництво пропонує інші види дисків, з різними геометричними параметрами і іншими опціями — різної форми, міцності, гостроти та налаштувань, отже їх експлуатування має безліч умов роботи. Тому порівняння дослідного ресурсу в даній роботі з наявними іншими дослідженнями, вимагають певної інтуїції. Однак за результатами даної роботи за 6 років спостережень можливо стверджувати, що сумарний наробіток на окремий диск склав 121 га. Як наслідок використаний ресурс переднього ряду дисків за характеристиками його зносу склав 67 %, а заднього відповідно 40 %. За наближеною лінійною інтерполяцією можливо прогнозувати, що повний знос дисків переднього ряду до втрати якості складатиме 180 га, а заднього близько 300 га.

Висновки. На основі експериментальних досліджень отримано об'єктивну достовірну інформацію про параметри зносу дискових робочих органів агрегата ґрунтообробного ДЛ-2,5 в умовах господарської експлуатації в зоні Лісостепу України.

За шестирічний період випробувань при загальному обсягу робіт виконаних агрегатом 2430,6 га (2017 р. — 395,4 га; 2018 р. — 413,3 га; 2019 р. — 456,3 га;

2020 р. — 357,6 га; 2021р. — 400,0 га; 2022 р. — 408,0 га) та досягненні наробітку на один диск — 120 га, знос робочої крайки дисків переднього та заднього рядів склав відповідно 21,1 мм та 11,5 мм за допустимого значення 35 мм, або у відсо-

тках відповідно — 60,2 та 32,8. Відповідно цьому розрахунковий залишковий ресурс прогнозується на рівні 39,8 % та 67,2 %. За результатами ресурсних випробувань протягом 2017-2022 років агрегат зберіг свій працездатний стан, забезпечував необхідні регулювання, агрегування, транспортування та мав естетичний зовнішній вигляд.

Отримані результати можуть бути використані машинобудівниками як інформативна база доводки дисків і формування нормативів їх наробітку, а виробниками с.-г. продукції, як інформація по вибору надійної техніки і потенціалу її термінів експлуатації.

Перспективи досліджень в даному напрямку заключаються в можливій множині обліку загальних умов експлуатації дискових знарядь, мінливості конструкційно-технологічних схем, а також можуть бути використані як методичний матеріал для с. г. машин, що мають у своєму складі диски.

Перелік літератури

- Герук, С. М., Борак, К. В., Нечипоренко, В. О. (2008). Дослідження зношування робочих органів дискових борін. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 38. С. 184-190. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/55295627.pdf>.
- Грабар, І. Г., Антонюк, Н. О. (2022). Характеристика робочих органів дискових ґрунтообробних машин, особливості їх зношування та формоутворення в процесі експлуатації. Збірник тез IX Міжнародної науково-технічної он-лайн конференції з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) та 90-річчя кафедри надійності техніки НУБіП України «Крамаровські читання». Київ: НУБіП. С. 45. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u377/zbirnik_tez_kch_2022v3.pdf.
- Доспехов, Б. А. (1985). Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. Учебное пособие. С. 351. https://mf.bmstu.ru/assets/files/soil_books/uchebnik9.pdf.
- Зубко, В. М., Мельник, В. І., Соколик, С. П., Шпатак, Р. І. (2018). Дослідження якісних показників роботи дискової борони. Наукові доповіді НУБіП України, (6 (76)). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.06.029>.
- Іващенко, О. В. (2012). Показники техніко-економічної ефективності машин. «Вісник ЖДТУ»: Економіка, управління та адміністрування, 3 (61), 235–237. [https://doi.org/10.26642/jen-2012-3\(61\)-235-237](https://doi.org/10.26642/jen-2012-3(61)-235-237).
- Інструкція з експлуатації дискового культиватора Carrier XL (2022). URL: <https://www.vaderstad.com/ru/produkciya/poisk-dokumentacii/> (видана 11.01.2023). 78 с.
- КД 46.16.02.03-93. Техніка сільськогосподарська. Класифікаційні та конструкційні показники. Методи визначення. 1993-08-01. http://www.ndipvt.com.ua/FND/Pokaz_ND.pdf.
- Синеєков, Г. П., Панов, І. М. (1977). Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Машиностроение. 328 с.
- Теслюк, Г. В., Волик, Б. А., Сокол, С. П., Кобець, О. М., Семенюта, А. М. (2016). Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів. Монографія. с. 144.
- Тюрин, С. А., Попов, В. Б., Дробышевский, П. С. (2021). Моделирование ускоренных испытаний ножей режуще-измельчающих аппаратов кормоуборочных комбайнов. Механика машин, механизмов и материалов. № 4 (57). с. 41-47. <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2021-4-57-41-47>.
- Чернілевський, М. С., Білявський, Ю. А., Кропивницький, Р. Б., Ворона, Л. І. (2012). Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту. Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет». Навч. посіб. 84 с.
- Шустік, Л., Погорілий, В., Гайдай, Т., Степченко, С., Сидоренко, С., Лень, О. (2021). Методологічні підходи до приско-

рених випробувань подрібнювальних ножів ґрунтообробних котків. Порівняльні випробування втрати різальної здатності. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Дослідницьке, Випуск 29 (43). <http://tta.org.ua/article/view/250701>.

Dvoruk, V. I., Borak, K. V. (2017). Research of wear-resistance working organs of disk tillage machinery. *Problems of Tribology*, 85(3), 100. Retrieved from <https://tribology.khnu.km.ua/index.php/ProbTrib/article/view/620>.

Hirata, R., Ooi, A., Tada, E., Nishikata, A. (2021). Influence of the degree of saturation on carbon steel corrosion in soil. *Corrosion Science*, 189, 109568. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.109568>.

Izmaylov, A. Yu., Sidorov, S. A., Khoroshenkov, V. K., Khlusova, E. I., Ryabov, V. V. (2017). Novel High-Alloy Boron-Containing Steels for Driven Elements of Tilling Machines. *Metal Science and Heat Treatment*. Volume 59, pages 208-210. <https://doi.org/10.1007/s11041-017-0130-0>.

Khoma, M., Vynar, V., Vasylyv, C., Datsko, B., Golovchuk, M. (2022). Influence of Heat Treatment of 30MnB5 Steel on its Micromechanical Properties and Resistance to Abrasion Wear. *Tribology in Industry*, 44(2), 310. <http://www.tribology.rs/journals/2022/2022-2/10-1146.pdf>.

Raabe, D., Sun, B., Kwiatkowski Da Silva, A. et al. (2020). Current Challenges and Opportunities in Microstructure-Related Properties of Advanced High-Strength Steels. *Metall Mater Trans. A* 51, 5517–5586. <https://doi.org/10.1007/s11661-020-05947-2>.

Shizhong, W. E. I., Liujie, X. U. (2020). Review on research progress of steel and iron wear-resistant materials. *Acta Metallurgica Sinica*, 56(4), 523-538. <https://doi.org/10.11900/0412.1961.2019.00370>.

Shustik, L. P., Pogorilyy, V. V., Kravchuk, V. I., Hrynenko, O. A. (2020). Influence of structural characteristics of harrow teeth on the dynamics of their abrasive wear and resource forecast. *Eurasian journal of biosci-*

ences. Volume 14, Issue 2., pp. 4454-4463. https://www.ripublication.com/irph/ijert20/ijertv13n12_52.pdf.

References

Instruction for Carrier XL disk cultivator operating. (2022). URL: <https://www.vaders-tad.com/ru/produkciya/poisk-dokumentacii/> (issued on January 11, 2023). 78 p.

Chernilevskiy, M. S., Bilyavskiy, Yu. A., Kropyvnytskyi, R. B., Vorona, L. I. (2012). Agrotechnical requirements and assessment of the quality of soil cultivation. *Training manual*. 84 p.

Dospekhov, B. A. (1985). *Methodology of field experience*. M.: Agropromizdat. Educational manual. P. 351. https://mf.bmstu.ru/assets/files/soil_books/uchebnik9.pdf.

Dvoruk, V. I., Borak, K. V. (2017). Research of wear-resistance working organs of disk tillage machinery. *Problems of Tribology*, 85(3), 100. Retrieved from <https://tribology.khnu.km.ua/index.php/ProbTrib/article/view/620>.

Geruk, S. M., Borak, K. V., Nechyporenko, V. O. (2008). Study of the wear of working parts of disc harrows. Design, production and operation of agricultural machines: general government. between science and technology coll. 38. P. 184-190. url. <https://core.ac.uk/download/pdf/55295627.pdf>.

Grabar, I. G., Antonyuk, N. O. (2022). Characteristics of the working bodies of disc soil tillage machines, features of their wear and formation during operation. Collection of theses of the IX International scientific and technical online conference «Kramarovsky readings». Kyiv: NUBIP. P. 45. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u377/zbirnik_tez_kch_2022v3.pdf.

Hirata, R., Ooi, A., Tada, E., Nishikata, A. (2021). Influence of the degree of saturation on carbon steel corrosion in soil. *Corrosion Science*, 189, 109568. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.109568>.

Ivashchenko, O. V. (2012). Indicators of technical and economic efficiency of machines. «Bulletin of ZHTU»: Economics,

management and administration, 3 (61), 235–237. [https://doi.org/10.26642/jen-2012-3\(61\)-235-237](https://doi.org/10.26642/jen-2012-3(61)-235-237).

Izmaylov, A. Yu., Sidorov, S. A., Khoro-shenkov, V. K., Khlusova, E. I., Ryabov, V. V. (2017). Novel High-Alloy Boron-Containing Steels for Driven Elements of Tilling Machines. *Metal Science and Heat Treatment*. Volume 59, pages 208-210. <https://doi.org/10.1007/s11041-017-0130-0>.

KD 46.16.02.03-93. Agricultural machinery. Classification and design indicators. Methods of determination. 1993-08-01. http://www.ndipvt.com.ua/FND/Pokaz_ND.pdf.

Khoma, M., Vynar, V., Vasylyv, C., Datsko, B., Golovchuk, M. (2022). Influence of Heat Treatment of 30MnB5 Steel on its Micromechanical Properties and Resistance to Abrasion Wear. *Tribology in Industry*, 44(2), 310. <http://www.tribology.rs/journals/2022/2022-2/10-1146.pdf>.

Raabe, D., Sun, B., Kwiatkowski Da Silva, A. et al. (2020). Current Challenges and Opportunities in Microstructure-Related Properties of Advanced High-Strength Steels. *Metall Mater Trans. A* 51, 5517–5586. <https://doi.org/10.1007/s11661-020-05947-2>.

Shizhong, W. E. I., Liujie, X. U. (2020). Review on research progress of steel and iron wear-resistant materials. *Acta Metallurgica Sinica*, 56(4), 523-538. <https://doi.org/10.11900/0412.1961.2019.00370>.

Shustik, L., Pohorily, V., Gaidai, T., Stepchenko, S., Sydorenko, S., Len, O. (2022). Methodological approaches to accel-

erated tests of grinding knives of tillage rollers. Comparative tests of loss of cutting ability // Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Collection of sciences. pr. / UkrNDIPVT named after L. Pogorily; Research, Issue 29 (43). <http://tta.org.ua/article/view/250701>.

Shustik, L. P., Pogoriliy, V. V., Kravchuk, V. I., Hrynenko, O. A. (2020). Influence of structural characteristics of harrow teeth on the dynamics of their abrasive wear and resource forecast. *Eurasian journal of biosciences*. Volume 14, Issue 2., pp. 4454-4463. https://www.ripublication.com/irph/ijert20/ijertv13n12_52.pdf

Syneokov, H. P., Panov, I. M. (1977). Theory and calculation of tillage machines. *Mechanical engineering* 328 p.

Teslyuk, G. V., Volyk, B. A., Sokol, S. P., Kobets, O. M., Semenyuta, A. M. (2016). Soil tillage units based on disc working bodies. Monograph. with. 144.

Tyurin, S. A., Popov, V. B., Drobyshesky, P. S. (2021). Modeling of accelerated tests of knives of cutting-shredding devices of forage harvesters // *Mechanics of machines, mechanisms and materials*. No. 4 (57). with. 41-47. <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2021-4-57-41-47>.

Zubko, V. M., Melnyk, V. I., Sokolik, S. P., Shpatak, R. I. (2018). Study of quality indicators of disk harrow operation. *Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, (6 (76)). <https://doi.org/10.31548/dopovid2018.06.029>.

UDC 631.31

STUDY OF DISK WEAR OF THE SOIL PROCESSING UNIT DL-2.5 DURING TESTS IN EXPERIMENTAL OPERATION

Khalin S., Ph. D. of Econ. Sc.

<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Shustik L., Ph. D. Tech. Sc.

<https://orcid.org/0000-0003-3718-3667>, e-mail: shustik@ukr.net

Stepchenko S.,

<https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>, e-mail: stepchenko_s@ukr.net

Sydorenko S.,

<https://orcid.org/0000-0001-5046-117X>, e-mail: silviya20@ukr.net

Gaidai T., Ph. D. Tech. Sc.,

<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>,

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of research. *Evaluation of the quantitative and qualitative parameters of the wear of the disc working bodies of the DL-2.5 soil tillage unit on the basis of monitoring their condition during tests in the conditions of experimental operation over a 6-year period and forecasting the possibility of further operation of the unit.*

Research methods. *Analysis of the machine design, determination of the linear dimensions of discs by standardized measurement methods and statistical data processing.*

Research results. *The intensity of the wear of the disk working bodies depending on the earnings, the forecast of the resource before the loss of quality is established.*

Conclusions. *On the basis of experimental studies, objective and reliable information was obtained about the parameters of the wear of the disc working bodies of the DL-2.5 soil-cultivation unit in the conditions of economic operation in the forest-steppe zone of Ukraine.*

During the six-year period of testing, with a total volume of work performed by the unit of 2430.6 ha (2017 – 395,4 ha; 2018 – 413,3 ha; 2019 – 456,3 ha; 2020 – 357,6 ha; 2021 – 400,0 ha; 2022 – 408,0 ha) and the achievement of cultivation per disc – 120 ha, the wear of the working edge of the discs of the front and rear rows amounted to 21,1 mm and 11,5 mm, respectively, for the permissible value of 35 mm, or in percentages, respectively – 60,2 and 32,8. Accordingly, the estimated residual resource is forecast at the level of 39,8 % and 67,2 %. According to the results of resource tests during 2017-2022, the unit maintained its operable condition, provided the necessary regulation, aggregation, transportation and had an aesthetic appearance.

The obtained results can be used by machine builders as an informative base for fine-tuning disks and forming standards for their performance, and by manufacturers of g. products, as information on the choice of reliable equipment and the potential of its service life.

Prospects of research in this direction consist in the possible multiplicity of accounting for the general conditions of operation of disk tools, the variability of structural and technological schemes, and can also be used as methodical material for p. g. machines that have discs in their composition.

Keywords: *soil tillage unit; trial; disk working body; boring steel; wear and tear; projected resource.*