

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРИСКОРЕНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ НОЖІВ ГРУНТОБРОБНИХ КОТКІВ. ПОРІВНЯЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ВТРАТИ РІЗАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Шустік Л., канд. техн. наук,

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

Погорілий В., e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Гайдай Т., канд. техн. наук,

tanusha-h@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Степченко С., <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

Сидоренко С.,

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

Лень О., e-mail: kseniyakrukova@bigmir.net

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Мета досліджень – вибір методики, показників та підбір устаткування для порівняння інтенсивності втрати різальної здатності різними типами ножів залежно від циклів навантаження.

Методи:

- провести аналітичний огляд та інструментальні дослідження ножів подрібнювальних котків типу КР з різними конструкційними особливостями;
- провести стендові прискорені випробування на основі циклічного ударного навантаження фрагменту ножа внаслідок падіння на імітатор циклів зносу та перевірити залишок різальної здатності на імітаторі різання;
- обґрунтувати коефіцієнт прискорення випробувань як похідної твердості та щільності імітатора, а також відношення енергій падіння фрагмента ножа на стенді та його оберально-поступального руху у полі.

Статистичний аналіз експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу та інтерпретували стандартними комп'ютерними програмами Excel як графіків.

Результати. Аналіз запропонованого методу визначення інтенсивності втрати різальної здатності ножа під час його падіння на імітатор рослинних решток дав змогу ранжувати різні моделі та встановити їхній відносний ресурс. Негартовані моделі як зі Сталі 45, так і зі Сталі 30MnB5 забезпечують незначний ресурс і їхня залишкова різальна здатність складає лише 15-25 % порівняно з гартованими моделями. Аналізуючи результати досліджень гартована модель ножа зі Сталі 45 витримує в 4 рази більше циклів навантажень порівняно з негартованими моделями, але уступає гартованій моделі зі Сталі 30MnB5 (бориста), яка має найвищий ресурс. Навіть після 150 циклів навантажень (в перерахунку на роботу котка з шириною захвату 12,5 м – наробіток більше 1000 га) вона зберігає більше 55 % початкової різальної здатності, що характеризується незначною інтенсивністю її втрати.

Висновки. Згідно з проведеними випробуваннями інтенсивності втрати різальної здатності ножів найбільш прийнятним варіантом комплектації котків-подрібнювачів є гартована модель зі Сталі 30MnB5 (бориста), яка має найвищий ресурс.

Ключові слова: котки-подрібнювачі, ножі, Сталь 45, Сталь 30MnB5, гартування, дисперсійний аналіз, ударне навантаження.

Вступ. Подрібнення рослинних решток важлива технологічна операція, агрономічний ефект якої забезпечується завдяки рівномірному їх розподілу в ґрунтових горизонтах і на поверхні поля.

В Україні збільшилась кількість господарств, які працюють за новими технологіями, в яких подрібнені рештки (мульча) використовується як вагомий чинник збереження і накопичення вологи, протидії водній і вітровій ерозії, нормалізації температурного режиму посівів, формуванню доступного джерела органічних добрив.

Для подрібнення рослинних решток успішно використовують котки-подрібнювачі, в яких базовим елементом є ніж, який сприймає ударні, різальні та абразивні навантаження. Дослідженню ефективності застосування цих котків приділяли увагу багато вчених [Кузнецов, 1978; Ловкис и др., 2011; Смолінський та ін., 2017; Буксман и др., 2018]. Аналізуючи конструкційні характеристики дослідження подрібнювальних ножів по довжині котка можуть бути у різних варіантах виконаннях — суцільне прямолінійне або криволінійне, уривчасто зміщене, серповидне та ін. Ножі різняться за товщиною до 8 мм, шириною, довжиною від 100 мм до 125 мм, матеріалом, особливостями загострення. Суттєво впливає на роботу ножів нахил їхньої до осі котка, наприклад, котки-подрібнювачі водоналивні типу КР можуть комплектуватися чотирма моделями ножів: дві з яких виготовлено зі Сталі 45 (без гартування та з гартуванням); та дві з бористої Сталі 30MnB5 (без гартування та з гартуванням):

- Сталь 45 — одна з найбільш затребуваних і популярних марок конструкційних вуглецевих сталей має хороші характеристики міцності, однак має складність термообробки, зварювання, корозійну стійкість;

- Сталь 30MnB5 — боровмісна сталь призначена для виготовлення виробів і різноманітних деталей, які після термообробки мають високу міцність, зносостійкість і опір великим механічним на-

вантаженням. Їй притаманна простота виготовлення складних конструкцій і деталей в гарячекатаному стані. Вона широко застосовується у виробництві сільськогосподарської техніки для виготовлення зносостійких робочих органів, наприклад, плугів, дисків для борони, культиваторних лап тощо. Зносостійкість готових виробів з такої сталі в 2-3 рази вища ніж в широко розповсюджених вуглецевих.

Множина рішень у виборі сталі для сільськогосподарських знарядь і ножів котків, зокрема, а також підходів до термообробки забезпечує різному типу споживача обирати допустимий за ціною продукт від інтенсивності його використання.

Практичне значення статті полягає в можливості виробника котків використовувати сталі з необхідними параметрами для виробництва ножів і пропонувати виробнику сільськогосподарської продукції різні їхні опції за компромісом ціни і якості.

Мета досліджень — аналіз конструкційних особливостей і параметрів подрібнювальних ножів для порівняння інтенсивності втрати різальної здатності кожною з моделей ножів залежно від циклів навантаження.

Для виконання поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати конструкційні особливості і параметри подрібнювальних ножів;
- встановити методологію процедури забезпечення прискорених механічних навантажень на ніж та перевірити втрату різальної здатності на імітатор різання;
- підготувати обладнання для імітації ударної дії ножів;
- порівняти інтенсивність втрати різальної здатності кожною з моделей ножів.

Методи і матеріали:

- провести аналітичний огляд та інструментальні дослідження ножів подрібнювальних котків типу КР з різними конструкційними особливостями;
- провести стендові прискорені випробування на основі циклічного удар-

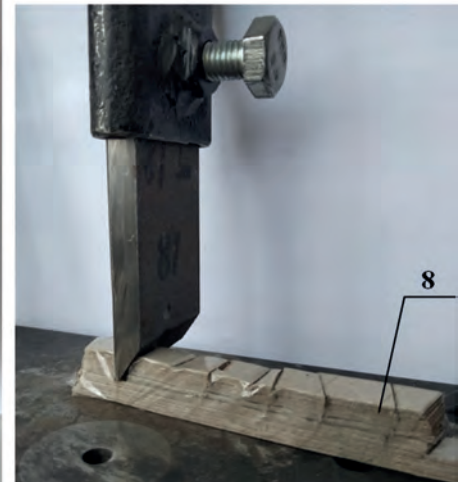
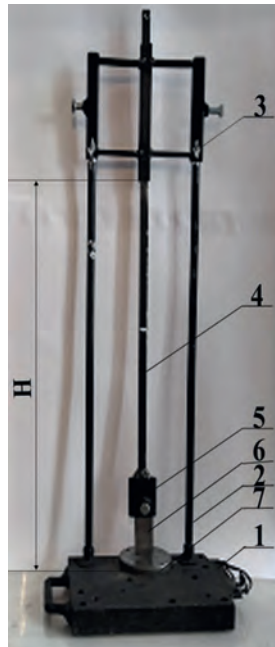
ного навантаження фрагменту ножа внаслідок падіння на імітатор циклів зносу та перевірити залишок різальної здатності на імітаторі різання;

- обґрунтувати коефіцієнт прискорення випробувань як похідної твердості та щільності імітатора, а також відношення енергій падіння фрагменту ножа на стенді та його обертально-поступального руху в полі.

Статистичний аналіз експериментальних даних виконали методом дисперсійного аналізу та інтерпретували стандартними комп'ютерними програмами Excel як графіків.

Результати досліджень. Дослідивши геометричні параметри ножів встановили, що найбільш навантаженою частиною є їхня різальна частина, яка повинна бути найбільш міцною та зносостійкою, що зі свого боку є похідною характеристикою твердості матеріалу та однорідності гартування. Перед проведенням випробувань ножів була визначена їхня твердість, яка показала, що гартовані сталі твердіші за негартовані (табл. 1).

Провівши стендові прискорені випробування ножів на розробленому обладнанні (рис. 1) нам вдалося зімітувати ударну дію всіх фрагментів ножів однакової маси піднятих на висоту 0,42 м на імітатор зно-



1 - основа, 2 - стійка, 3 - напрямна, 4 - шток, 5 - тримач, 6 - ніж, 7 - імітатор циклів зносу, 8 - імітатор різання (скиби з однотипних і однорозмірних смуг картону)
H - висота падіння ножа ($h=0,42$ м)

Рисунок 1 – Обладнання для імітації ударної дії ножів

су з постійною твердістю $H_B=143$ МПа.

Методом циклічної (10 ударів/циклів) ударної дії на імітатор зносу та щоразу подальшого контролю втрати різальної здатності на імітатор різання дослідили характер зносостійкості робочої частини ножа.

За характером зносостійкості можна охарактеризувати деформацію ножів, яка формує зоровий образ на рис. 2,3,4,5:

Таблиця 1 – Характеристики ножів

№	Модель	Умовна назва	Геометричні параметри, мм				Середнє значення твердості, HRC	Однорідність гартування, $\sigma = \pm HRC$
			Ширина, l	Довжина, b	Товщина, δ	Кут заго-стрення вістря α , град.		
1	Сталь 45 без гартування	Дуже м'який	125	400	8	30	16	3,1
2	Сталь 30MnB5 без гартування	М'який	125	400	8	30	19	3
3	Сталь 45 гартована	Твердий	125	400	8	30	50,6	5,5
4	Сталь 30MnB5 гартована	Дуже твердий	125	400	8	30	50,8	3,8



Рисунок 2 – Характер втрати різальної здатності робочої частини ножа зі сталі 45 без гартування



Рисунок 3 – Характер втрати різальної робочої частини ножа зі сталі 30MnB5 без гартування



Рисунок 4 – Характер втрати різальної робочої частини ножа зі сталі 45 гартована



Рисунок 5 – Характер втрати різальної робочої частини ножа зі сталі 30MnB5 гартована

Аналіз циклів імітації ножів вказує на таке.

Негартовані моделі як зі Сталі 45, так і зі Сталі 30MnB5 забезпечують незначний ресурс і їхня залишкова різальна здатність складає лише 15 - 25 % порівняно з гартованими моделями.

Гартована модель ножа зі Сталі 45 витримує в 4 рази більше циклів навантажень. Порівняно з негартованими моделями, а гартована модель зі Сталі 30MnB5 (бориста) має найвищий ресурс. Інтенсивність втрати різальної здатності ножів представлена графічно на рисунку 6.

Навіть після 150 циклів навантажень (в перерахунку на роботу котка з шириною захвату 12,5 м – наробіток більше 1000 га) вона зберігає більше 55 % початкової різальної здатності, що характеризується незначною інтенсивністю

- пластична деформація вістря ножа з формуванням згину за 1 цикл ударів, за таких умов залишилося лише 12 % різальної здатності моделі ножа зі Сталі 45 без гартування (рис. 2);

- слабка пластична деформація вістря ножа та формування згину 2 цикли ударів, залишок різальної здатності складає 18 % на моделі зі Сталі 30MnB5 без гартування (рис. 3);

- формування згину вістря ножа твердої Сталі 45 за 8 циклів ударів, має місце 16 % залишку різальної здатності (рис. 4);

- збереження форми вістря ножа без формування його згину за 150 циклів ударів за таких умов забезпечуємо, 55 % залишку різальної здатності Сталі 30MnB5 (рис. 5).

її втрати.

Розрахунком втрати від ударної дії ножем, що складає більше 90 % його різальної спроможності скиби з десяти однотипних та однорозмірних картонних смуг товщиною 1 мм та шириною 10 мм, прогнозуючи площу обробітку з урахуванням коефіцієнта прискорення і діаметра ширини котка.

Коефіцієнт прискорення випробувань ($k_{пр}$) за методикою циклічної ударної дії фрагмента ножа на імітатор різання, розраховується, як результат добутку складових: відношення твердостей (МПа) імітатора сталі до стебла кукурудзи ($\frac{143}{0,7} = 204$ рази); відношення їхніх щільностей, г/см³

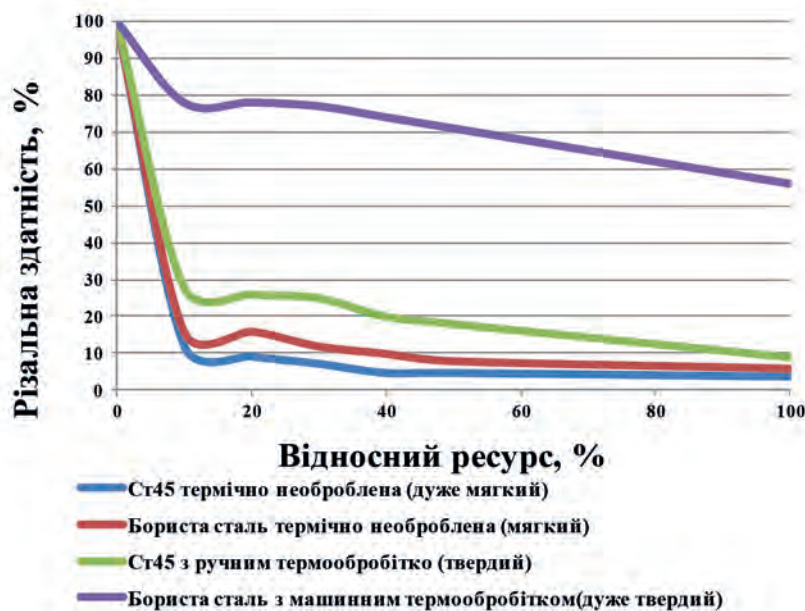


Рисунок 6 – Інтенсивність втрати різальної здатності ножів

($\frac{7,9}{0,4} = 19,8$ раз) та відношення енергій

(Дж) потенційної на стенді від поданого фрагменту ножа на імітатор та кінетичної в полі фрагмента ножового барабана, який суміщає обертальний і поступальний рух $\frac{E_{\text{пот}}}{E_{\text{кінет}}} = \frac{g \cdot h}{v^2} = 0,54$. За встановлених параметрів стенда і ножового котка $E_{\text{кін}}$ одному удару ножа на стенді відповідає 2181 циклів різання одним ножом у полі ($k_{\text{пр}} = 2181$).

Еквівалент обробленої площі (S , га) котком з конкретним типом ножа до втрати його різальної здатності є похідною добутку кількості ударів на стенді $n_{\text{уд}}$ коефіцієнта прискорення $k_{\text{пр}}$, діаметра котка та

ширини його захвату $S = \frac{\pi \cdot D \cdot B \cdot n_{\text{уд}} \cdot k_{\text{пр}}}{10000}$. Цим розраховується орієнтовний наробіток ножів до значної втрати різальної здатності, який представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Орієнтовний наробіток ножів до значної втрати різальної здатності

Ширина захвату котка, м	Наробіток ножів, га			
	Сталь 45 без гартування	Сталь 30MnB5 без гартування	Сталь 45 гартована	Сталь 30MnB5 гартована *
6	20	40	140	550
9	30	60	200	800
10	40	70	230	900
12,5	50	90	300	1000

Обговорення. Питаннями аналізу та дослідження навантажених поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин займалися вітчизняні та зарубіжні вчені [Лузан С. А., Петренко Д. Н., 2018; Ожегов Н. М. та інші, 2018].

Без належної підготовки за характеристиками міцності і ресурсу загострених поверхонь ножів котків, як робочих органів, які використовуються для подрібнення рослинних решток неможливо забезпечити ефективність або взагалі можливість виконання на-

ступної технологічної операції. Зокрема, це досліджено в роботах з дослідження систем обробітку ґрунту [Кравчук В. І. та інші, 2013] де сформовано агротехнічні вимоги післязбирального обробітку зернових, в роботах з дослідження смугового обробітку ґрунту [Шустік Л., 2015] де встановлено, що неналежна якість подрібнених решток призводить до забивання робочих органів навіть за умови наявного різального диска.

Невідповідність характеристик міцності і ресурсу ножів котків не в змозі забезпечити якісне подрібнення рослинних решток, що продукує чутливість посівних машин до втрати пропускної здатності перепускання рослинної маси через сошникову групу. Для цього в посівних машинах збільшується міжсошникову відстань, застосовуються додаткові робочі органи — культери, розсувні зірочки, що підвищує

вартість таких машин не менше ніж на 30-40 % [Шустік Л. П., 2018; Марченко В. та інші, 2019]

Особливо важливими до якості подрібнення є залишки кукурудзи, сояшнику, ріпака, сидератів та інші. Для подрібнення використовують спеціальні машини [Електронний ресурс <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/sravnenie-boron-heliodor-8-600-ka-i-rubin-9-600-kua-ot-lemken.html>], роторні подрібнювачі з вертикальними і горизонтальними принципами обертання робочих органів (<http://www.schulte.ca>), котки різних конструкцій (<https://traktorist.ua/catalog/obrobitok-gruntu-kotok-dal-bo-maxicut-600-id75332>).

Останнім часом подрібнювальний різальний коток став опцією багатьох ґрунтообробних знарядь — дискових, лапових, комбінованих [Електронний ресурс: <https://www.greatplainsint.com/uk/products/9641/макс-чизель™>]. Тому вітчизняні науковці приділяють увагу пошуку нових техніко-технологічних рішень та удосконаленню конструкцій котків-подрібнювачів. Методологією обґрунтування раціональних технологічних параметрів займалися вчені [Шейченко В. О. та інші].

[Сало В. М. та інші, 2014] дослідили передумови визначення раціональних режимів та параметрів котка-подрібнювача. Дослідники [Сох А. та інші, 2014] розробили та виготовили дослідний зразок котка-подрібнювача, у якого різальні ножі розміщено по всій ширині захвату у шаховому порядку з можливістю зміни кута нахилу.

Безумовно на якість подрібнення рослинних решток впливають режими і параметри швидкості руху котка-подрібнювача. Проблемами та перевагами котків займалися також іноземні вчені [Al-Kaisi M. and othes, 2011]. Обговорювали кінематичні параметри роботи котків білоруські вчені [Ловкис В. Б. та інші, 2011]. Ефективністю котків подрібнювачів займалися іноземні вчені [Едвардс В. та інші, 2012].

Всі дослідження і розробки котків є важливими завданнями, однак з точки

зору встановлення показників ресурсу найбільш зношуваних елементів — ножів у польових умовах, це вимагає значного часового і фінансового ресурсів. Тому прискорені випробування ножів можуть провести їх удосконалення або раціональне використання, що прогнозує як ресурс, так і зниження енерговитрат, а також вплив на майбутній урожай завдяки якості виконання технологічного процесу подрібнення решток. Зокрема, дослідження авторів [Дементьев Ю. Н., 2017], в імітаційному матеріалі, що включав різний ґрунт в суміші з піском якого додавали від 10 до 100 % за певної вологості та високих обертів фрезерного барабана і періоду спостережень протягом 1-6 годин отримав необхідні результати для виконання зносостійкості (в 1,5-2,0 рази), вартості (на 25-30 %), зниження енергозатрат (на 10-15 %). Однак, автори не висвітлюють наявну нестабільність в підтримці постійної початкової якості імітаційного матеріалу, який переподрібнюється до пиловидних фракцій і утримання постійної вологості внаслідок термопроцесів в абразиві за період спостережень, тому такі чинники впливу спонукають до вибору більш стабільних імітаторів навантажень і контролю за стійкістю в часі своїх характеристик. Застосування раціонально підібраного імітатора співзвучно з нашими дослідженнями.

Зокрема, запропонований ударний метод випробувань матеріалів характеризується надзвичайно високою швидкістю виділення енергії для чого існують різні методології випробувань на ударну в'язкість [<https://books.google.com.ua>] з відповідним дорогим обладнанням.

Застосування нами коефіцієнта прискорення з урахуванням суми складових відношень твердості, щільностей та енергій співзвучне з дослідженням [<https://www.sciencedirect.com>], який форсований режим навантажень екстраполює на м'який. Такі підходи відображені і в роботах авторів [<https://ies.unitech-mo.ru/files/upload/publications/25559/fffa0bd8da0313be21ad5d99ab17c22c.pdf>].

Використана нами візуалізація результатів випробувань, що свідчить про характер зносостійкості, співзвучна з дослідженнями авторів [Бобков С. П., Поліщук І. В].

Висновки. Експрес випробування подрібнювальних ножів показали, що найбільш навантаженою їхньою складовою є різальна частина, яка характеризується за умови ідентичності кута різання порівняльних зразків, твердістю та однорідністю гартування.

Обрана методологія процедури прискорених випробувань передбачає стенові прискорення випробування на основі циклічних ударних навантажень на імітатор циклів зносу та подальшу перевагу на імітаторі різання для чого запропоновані конструкція випробувального обладнання та види імітатора.

Коефіцієнт прискорення – вирішальний показник для оцінювання втрати різальної здатності, визначається, як похідна добутку складових відношення твердості імітатора сталі до стебла кукурудзи, відношення їхніх щільностей та енергії; зокрема потенційного падіння фрагменту ножа на стенді на імітатор та кінетичної в полі фрагмента ножового барабана, який суміщає обертальний і поступальний рухи. Розрахунками отримано коефіцієнт прискорення: один удар ножа відповідає 2181 циклу різання одним ножом в полі.

Запропонований метод визначення інтенсивності втрати різальної здатності ножа під час його падіння на імітатор рослинних решток дав змогу ранжувати різні моделі та встановити їхній відносний ресурс.

Негатовані моделі як зі Сталі 45, так і зі Сталі 30MnB5 забезпечують незначний ресурс і їхня залишкова різальна здатність складає лише 15-25 % порівняно з гатованими моделями.

Гартована модель ножа зі Сталі 45 витримує в 4 рази більше циклів навантажень. Порівняно з негатованими моделями, а гартована модель зі Сталі 30MnB5 (бориста) має найвищий ресурс.

Передбачено орієнтовний наробіток

ножів до значної втрати різальної здатності.

Навіть після 150 циклів навантажень (в перерахунку на роботу котка з шириною захвату 12,5м — наробіток більше 1000 га) вона зберігає більше 55 % початкової різальної здатності, що характеризується незначною інтенсивністю її втрати.

Згідно з проведеними випробуваннями інтенсивності втрати різальної здатності ножів найбільш прийнятним варіантом комплектації котків-подрібнювачів є гартована модель зі Сталі 30MnB5 (бориста), яка має найвищий ресурс.

Перелік літератури

Безуглий, М. Д., Гриник, І. В., Булгаков, В. М. (2010). Науково-практичні підходи до використання соломи та рослинних решток. Вісник аграрної науки, 3, 5–8. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=vaan_2010_3_3

Богатирьов, Д.В., Сало В.М., Лещенко С.М., Мачок Ю.В. (2017). Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи. Сільськогосподарські машини. Луцьк, Вип.31. С.10-17. (Режим доступу: <http://agrmash.info/zb/31/4.pdf>) ISSN 2414-3820

Богатирьов Д. В., Сало В. М., Кислун О. А. (2016). Перспективні напрямки вдосконалення конструкцій технічних засобів для подрібнення рослинних решток. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 29. Кіровоград: КНТУ. С. 13-18. (Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/Technology_in_agriculture_29.pdf)

Доспехов Б. А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат. — 351 с.

Електронний ресурс <https://traktorist.ua/catalog/obrobitok-gruntu-kotok-dal-bo-maxicut-600-id75332>

Електронний ресурс <https://www.greatplainsint.com/uk/products/9641/макс-чизель™>

Кравчук В., Шустік Л., Погорілий В., Маринін С., Іваненко Л., Бондаренко О. (2013). Дефрагментація техніко-технологічних рішень для диференційованих систем обробітку ґрунту, сівби, збирання, доробки та зберігання зернових культур з адаптацією до умов господарюючого суб'єкта.

Лещенко, С.М., Сало В.М. (2013). Технічне забезпечення збереження родючості ґрунтів в системі ресурсозберігаючих технологій. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоград, Вип. 43, ч.1. С. 96-102.

Ловкис В.Б., Бакач Н.Г., Радько Е.Г. (2011). Кинематические параметры работы катков. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. /Материалы научно-практической конференции. — Минск: Республиканское унитарное предприятие «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Лузан С.А., Петренко Д.Н. (2018). Повышение износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин. ХНТУСХ, г. Харьков, Украина

Ожегов Н.М., Слинко Д.В., Капошко Д.А. (2018). Обеспечение эффективности наплавочных технологий при упрочнении рабочих органов почвообрабатывающих машин // РВМ. Ремонт. Восстановление. Модернизация. М. 2018. № 11. — с. 43–48.

Сало В.М., Богатирьев Д.В. (2015). Технічне забезпечення процесів подрібнення рослинних решток [Електронний ресурс] Журнал «Пропозиція». №9. С.42-47. (Режим доступу: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=5026&number=171>)

Сох, А., Трубилин, Е. И., Коновалов, В. И. (2014) Дисковые бороны и лушильники. Проектирование технологических параметров: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ.

Сравнение борон Heliodor 8/600 КА и Rubin 9/600 KUA от Lemken. Електронний ресурс <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/sravnenie-boron-heliodor-8-600-ka-i-rubin-9-600-kua-ot-lemken.html>

Шейченко В.О., Вольський В.А., Коцюбанський Р.В. та інші. (2021). Електронний ресурс: <http://lib.udau.edu.ua/bitstream/123456789/8895/1/2021.pdf>

Шустік Л., Маринін С., Мариніна Л. (2015). Смуговий обробіток ґрунту: вітчизняне машинобудування на старті. Збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2015. Вип. 19 (33), С 152-158.

Шустік Л., Погорілий В., Нілова Н., Гайдай Т., Степченко С., Сидоренко С. — Котки різних конструкцій. Інженерний аналіз - Збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2020. Вип. 23 (37), С 157-163. DOI: 10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-9

Шустік Л.П., Мариніна Л.І., Степченко С.В., Нілова Н.П., Супрун В.І. (2018). Дослідження конструкційно-технологічних принципів роботи сівалок для сівби за шаховим типом. Збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, Вип. 24 (38), С 158-167. DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305/2305-5987-2018-1-22\(36\)-52-58](http://dx.doi.org/10.31473/2305/2305-5987-2018-1-22(36)-52-58)

Al-Kaisi, M., DeJong-Hugnes, J., Holmes, J., Hanna, M. (2011). Land Roller Use: Challenges and Benefits. Iowa State University. Online at: <http://www.extension.iastate.edu/CropNews/2011/0103alkaisi.htm>.

Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V., Kaminskiy, V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. Agriculture (Switzerland), 11 (1), 1–14. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/30>.

Drag Coefficient - an overview | ScienceDirect Topics <https://www.sciencedirect.com>. The aerodynamic drag coefficient is a measure of the effectiveness of a streamline aerodynamic body shape in reducing the air resistance to the forward ..

Eckehard Moritz, Steve Haake (2010). The Engineering of Sport 6: Volume 3: De-

velopments for ...<https://books.google.com.ua>. Experimental equipment was developed that enabled measurements of real skate blade samples to be tested in game play conditions. A set of sample results are . Technology & Engineering

Edwards, W., Johans, A., Chamra, A. (2012). Iowa Farm Custom Rate Survey. Iowa State University. Online at: <http://www.extension.iastate.edu/agdm>. Holen, D. 2011. Consider advantages, disadvantages and timing of ground rolling in soybean production. Ag News Wire, University of Minnesota Extension. Online at: www.extension.umn.edu/news.

Electronic resource: <http://www.schulte.ca> Research Looks at roller effectiveness. <https://www.farmweekly.com.au/story/6717199/recearcg-looks-at-roller-effectiveness> Shannon Beattie 12 Apr.: 2020. 10 a.m.

Yongwei, Fu.; Zhengchao, Tian; Amooze-gar, Aziz, et al (2019). Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. SOIL & TILLAGE RESEARCH. Volume: 193, P.: 114-121.

Vasylkovska, K.V. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting [Text] / K.V. Vasylkovska; S.M. Leshchenko; O.M. Vasylkovskyi; D.I. Petrenko//INMATEH-Agricultural Engineering. –Vol.50, No.3, 2016. – P.13-20 ref.18.

References

Al-Kaisi, M., DeJong-Hugnes, J., Holmes, J., Hanna, M. (2011). Land Roller Use: Challenges and Benefits. Iowa State University. Online at: <http://www.extension.iastate.edu/CropNews/2011/0103alkaisi.htm>.

Bulgakov, V., Aboltins, A., Beloev, H., Nadykto, V., Kyurchev, V., Adamchuk, V., Kaminskiy, V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. Agriculture (Switzerland), 11 (1), 1–14. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/30>.

Bezugliy, MD, Grinyk, IV, Bulgakov, VM (2010). Scientific and practical approaches to the use of straw and plant residues. Bulletin of Agrarian Science, 3, 5–8. <http://>

www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CN-R=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21

Bogatyrev, D.V. Experimental studies of the influence of the speed of the roller-grinder on the quality of grinding of crop residues of corn/

Bogatyrev D. V., Salo V. M., Leshchenko S. M., Machok Yu. V. (2015). Agricultural machinery. Lutsk. issue 31. P. 10-17. (Access mode: <http://agrmash.info/zb/31/4.pdf>) ISSN 2414-3820

Bogatyrev, D.V. Perspective directions of improvement of constructions of technical means for crushing of plant remains / D. V. Bogatyrev, V. M Salo, O. A. Kislun // Collection of scientific works of Kirovograd National Technical University / Engineering in agricultural production, industry engineering, automation /. - issue 29. - Kirovograd: KNTU, 2016. - P. 13-18. (Access mode: http://www.kntu.kr.ua/doc/Technology_in_agriculture_29.pdf)

Dospekhov BA (1985). Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). - M.: Agropromizdat. - 351 p.

Drag Coefficient - an overview | ScienceDirect Topics <https://www.sciencedirect.com>. The aerodynamic drag coefficient is a measure of the effectiveness of a streamline aerodynamic body shape in reducing the air resistance to the forward ..

Eckehard Moritz, Steve Haake (2010). The Engineering of Sport 6: Volume 3: Developments for ...<https://books.google.com.ua>. Experimental equipment was developed that enabled measurements of real skate blade samples to be tested in game play conditions. A set of sample results are . Technology & Engineering

Edwards, W., Johans, A., Chamra, A. (2012). Iowa Farm Custom Rate Survey. Iowa State University. Online at: <http://www.extension.iastate.edu/agdm>. Holen, D. 2011. Consider advantages, disadvantages and timing of ground rolling in soybean production. Ag News Wire, University of Minnesota Ex-

tension. Online at: www.extension.umn.edu/news.

Electronic resource <http://www.schulte.ca> Electronic resource <https://traktorist.ua/catalog/obrobitok-gruntu-kotok-dal-bomaxicut-600-id75332>

Electronic resource <https://www.greatplainsint.com/uk/products/9641/> Kravchuk V., Shustik L., Pogoriliy V., Marinin S., Ivanenko L., Bondarenko O. (2013). Defragmentation of technical and technological solutions for differentiated systems of tillage, sowing, harvesting, finishing and storage of grain crops with adaptation to the conditions of the economic entity.

Electronic resource <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/sravnenie-boron-heliodor-8-600-ka-i-rubin-9-600-kua-ot-lemken.html> Sheichenko VO, Volsky VA, Kotsyubansky RV and other. <http://lib.udau.edu.ua/bitstream/123456789/8895/1/2021.pdf>

Lechenko, C.M., Salo VM (2013). Technical support for preserving soil fertility in the system of resource-saving technologies. Design, manufacture and operation of agricultural machinery. National interdepartmental scientific and technical collection. Kirovograd. Issue. 43, part 1. P. 96-102.

Lovkis VB, Bakach NG, Radko EG (2011). Kinematic parameters of roller operation. Scientific and technological progress in agricultural production. / Proceedings of the scientific-practical conference. - Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific Research Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization". Salo, V.M. Technical support of processes of crushing of plant remains / [Electronic resource] B.M. Salo, D.W. Bogatyrev // Proposal Magazine - 2015. - «9. - P.42-47. (Access mode: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=5026&number=171>)

Luzan SA, Petrenko DN (2018). Increase of wear resistance of working bodies of tillage machines. KhNTUSH, Kharkiv, Ukraine

Ozhegov NM, Slinko DV, Kaposhko DA (2018). Ensuring the effectiveness of surfacing technologies in strengthening the working bodies of tillage machines // RVM. Repair.

Recovery. Modernization. M. 2018. № 11. p. 43–48.

Sokh, A., Trubilin, EI, Konovalov, VI (2014) Disc harrows and cultivators. Design of technological parameters: a textbook. Krasnodar: KubGAU. Comparison of Heliodor 8/600 KA and Rubin 9/600 KUA harrows from Lemken.

Shustik L., Marinin S., Marinina L. (2015). Strip tillage: domestic engineering at the start. Collection of sciences. etc. UkrN-DIPVT them. L. Pogoriloho, Research, 2015. Issue. 19 (33)., Pp. 152-158.

Shustik L., Pogoriliy V., Nilova N., Gaidai T., Stepchenko S., Sidorenko S. (2020). Rollers of different designs. Engineering Analysis - Collection of Sciences. etc. UkrN-DIPVT them. L. Pogoriloho, Research. Issue. 23 (37)., Pp. 157-163. DOI: 10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-9

Shustik LP, Marinina LI, Stepchenko SV, Nilova NP, Suprun VI (2018). Research of constructional and technological principles of seeders for sowing by checkerboard type. Collection of sciences. etc. UkrN-DIPVT them. L. Pogoriloho, Research, Issue. 24 (38)., Pp. 158-167. DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305/2305-5987-2018-1-22\(36\)-52-58](http://dx.doi.org/10.31473/2305/2305-5987-2018-1-22(36)-52-58)

Research Looks at roller effectiveness. <https://www.farmweekly.com.au/story/6717199/recearcg-looks-at-roller-effectiveness/> Shannon Beattie 12 Apr.: 2020. 10 a.m.

Yongwei, Fu.; Zhengchao, Tian; Amooze-gar, Aziz, et al (2019). Measuring dynamic changes of soil porosity durion compuction. SOIL & TILLAGE RESEARCH. Volume: 193, P.: 114-121.

Vasylykovska, K.V. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting [Text] / K.V. Vasylykovska; S.M. Leshchenko; O.M. Vasylykovskyi; D.I. Petrenko//INMATEH-Agricultural Engineering. –Vol.50, No.3, 2016. — P.13-20 ref.18.

UDC 631.311; 631.319

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ACCELERATED TESTS OF CRUSHING KNIVES OF GRINDING CATS. COMPARATIVE TESTS OF LOSS OF CUTTING CAPACITY

Shustik L., Ph.D. tech. sciences,

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-413-935X>

Pogoriliy V.,

e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Gaidai T., Ph.D. tech. sciences,

tanusha-h@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Stepchenko S., <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

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

Len O., e-mail: kseniyakrukova@bigmir.net

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of the research is to analyze the design features and parameters of grinding knives to compare the intensity of loss of cutting ability of each of the models of knives depending on the load cycles.

Methods and materials. Conduct an analytical inspection and instrumental studies of the blades of grinding rollers type KR with different design features. Carry out bench accelerated tests based on the cyclic impact load of the knife fragment due to falling on the simulator of wear cycles and check the residual cutting capacity on the cutting simulator. Justify the coefficient of acceleration of tests as a derivative of hardness and density of the simulator, as well as the ratio of the energy of the fall of the knife fragment on the stand and its rotational motion in the field. Statistical analysis of experimental data was performed by analysis of variance and interpreted by standard computer programs Excel in the form of graphs.

Results. Analyzing the proposed method for determining the intensity of loss of cutting ability of the knife when it falls on the simulator of plant debris allowed to rank different models and establish their relative resource. Unhardened models of both 45 and 30MnB5 Steel provide low life and their residual cutting ability is only 15-25% compared to hardened models. Analyzing the research results, the hardened model of a knife made of 45 Steel withstands 4 times more load cycles compared to unhardened models, but is inferior to the hardened model of Steel 30MnB5 (borista), which has the highest resource. Even after 150 load cycles (in terms of the work of a roller with a width of 12.5 m - operating time of more than 1000 ha), it retains more than 55% of the initial cutting ability, which is characterized by low intensity of its loss.

Conclusions. According to the tests of the intensity of loss of cutting ability of knives, the most acceptable option for the equipment of roller-shredders is a hardened model made of 30MnB5 Steel (borista), which has the highest resource.

Key words: rollers - shredders, knives, Steel 45, Steel 30MnB5, hardening, variance analysis, shock loading.

УДК 631.311; 631.319

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УСКОРЕННЫМ ИСПЫТАНИЯМ РЕЖУЩИХ НОЖЕЙ ПОЧВОБРАБАТЫВАЮЩИХ КАТКОВ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Шустик Л., канд. техн. наук,

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

Погорелый В., e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Гайдай Т., канд. техн. наук,

tanusha-h@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

Степченко С., <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

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

Лень О., e-mail: kseniyakrukova@bigmir.net

УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

Аннотация

Цель исследований – анализ конструкционных особенностей и параметров измельчающих ножей для сравнения интенсивности потери режущей способности каждой модели ножей в зависимости от циклов нагрузки.

Методы и материалы:

- провести аналитический обзор и инструментальные исследования ножей измельчающих катков типа КР с разными конструкционными особенностями;
- провести стендовые ускоренные испытания на основе циклической ударной нагрузки фрагмента ножа в результате падения на имитатор циклов износа и проверить остаток режущей способности на имитаторе резки;
- обосновать коэффициент ускорения испытаний как производной твердости и плотности имитатора, а также отношение энергий падения фрагмента ножа на стенде и его вращательно-поступательного движения в поле.

Статистический анализ экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа и интерпретировали стандартными компьютерами Excel в виде графиков.

Результаты. Анализируя предложенный метод определения интенсивности потери режущей способности ножа при его падении на имитатор растительных остатков позволил ранжировать разные модели и установить их относительный ресурс. Незакаленные модели как из Стали 45, так и из Стали 30MnB5 обеспечивают незначительный ресурс и их остаточная режущая способность составляет лишь 15-25 % по сравнению с закалёнными моделями. Анализируя результаты исследований закаливаемая модель ножа из Стали 45 выдерживает в 4 раза больше циклов нагрузок по сравнению с незакаленными моделями, но уступает закаленная модель из Стали 30MnB5 (бористая), которая имеет самый высокий ресурс. Даже после 150 циклов нагрузок (в пересчете на работу катка с шириной захвата 12,5 м – наработка более 1000 га) она сохраняет более 55 % начальной режущей способности, что характеризуется незначительной интенсивностью ее потери.

Выводы. Согласно проведенным испытаниям интенсивности потери режущей способности ножей наиболее приемлемым вариантом комплектации катков-измельчителей является закаливаемая модель из Стали 30MnB5 (бориста), имеющая самый высокий ресурс.

Ключевые слова: катки-измельчители, ножи, Сталь 45, Сталь 30MnB5, закаливание, дисперсионный анализ, ударная нагрузка.