

## ЗУБИ БОРІН. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ АБРАЗИВНОГО ЗНОСУ

**Шустік Л.**, канд. техн. наук,

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

**Погорілий В.**,

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

**Степченко С.**,

e-mail: [stepchenko\\_s@ukr.net](mailto:stepchenko_s@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

**Нілова Н.**,

e-mail: [nilova-n@ukr.net](mailto:nilova-n@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

**Клочай О.**,

e-mail: [oksana.gants@gmail.com](mailto:oksana.gants@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-8735-2209>

**Сидоренко С.**,

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

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

### **Анотація**

У статті висвітлені результати порівняльних досліджень зносостійкості зубів борін різних виробників. Розроблено експрес-метод випробувань абразивним зносом повітропіщаною сумішшю на піскоструминній установці, здійснено вибір контрольованих чинників для оцінювання міцнісних характеристик різних зубів.

**Мета роботи** – порівняння опору абразивному зносу зубів борін різних виробників.

**Методи досліджень:** дія фіксованою дозою суміші з високою абразивною здатністю піскоструминною установкою на найбільш навантажену ділянку зуба, органолептичне та інструментальне дослідження вагових і геометричних параметрів об'ємів метала, винесеного абразивом з поверхні зубів борін з різними конструкційними особливостями, експертне бальне оцінювання абразивної стійкості та прогноз рівнів збереження працездатності.

**Результати.** Попит, вартість і відносна простота конструкції зубових борін спонукає машинобудівників до їх виробництва. Результатом цього є велика різноманітність зубів борін з різними конструкційними особливостями та параметрами, що викликає у споживача невизначеність – який зуб кращий. Сприяння успіху на ринку з цим продуктом, насамперед, є розуміння конструкції базового елемента – зуба, простота виготовлення якого оманлива.

Встановлено, що найбільш відповідальною складовою зуба борони є носок, якому притаманний ряд характеристик: твердість, загострення, кути входження в ґрунт, форма його перерізу. Кожен з цих чинників може впливати на ресурсно-якісні показники роботи. Похідними цього для виробника зубів є великі об'єми металу і енергозатрати на його переробку, для виробника сільськогосподарської продукції – це якісний обробіток ґрунту за оптимальних капіталовкладень, розумна альтернатива витратам на гербіциди і, як наслідок, отриманий врожай. Виробник чи споживач зубових борін інтуїтивно відчуває, що кожен з названих чинників може впливати на ресурсно-якісні показники роботи, але відповісти, як останні залежать від спільної дії характеристик, достовірно не може навіть фахівець. Тому спеціалістами УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і ТОВ «УКБТШ» започатковано роботу з аналізу конструкційних характеристик зубів і їх прискореної перевірки експрес-методом. Відповісти на поставлені запитання можуть два базових аспекти: перший – це синтез всієї інформації стосовно конструкційних особливостей роботи зуба, другий – надати коротку за часом, дієву, прийнятно достовірну методологію оцінювання впливу цих параметрів на абразивний знос. У статті висвітлено другий аспект, тобто проведено експериментальні

дослідження восьми партій зубів, які підлягали абразивному впливу піскоструминною сумішшю. У процесі дослідження було запропоновано методологічні підходи до процедури випробувань, обробки і аналізу даних, а також їх порівняння.

**Висновки.** У статті досліджено ряд зубів борін різних конструкцій. Доведено, що носок є найбільш відповідальним елементом від усієї наявної робочої частини зуба. Визначено конкретні параметри зуба, які будуть визначати його ресурс в умовах абразивного зносу. Запропоновано експрес-метод випробувань абразивним зносом повітропіщаною сумішшю на піскоструминній установці, здійснено вибір контрольованих чинників та надано прогноз збереження працездатності різних зубів.

**Ключові слова:** борони, зуб, різні конструкції зубів, елементи зуба, носок зуба, ресурс, абразивний знос, збереження працездатності.

**Суть проблеми.** В Україні налічується близько 27 млн. гектар орних земель [1]. Боронування ґрунту є найбільш поширеним екологічно безпечним, високопродуктивним, багатоцільовим способом обробки ґрунту, який сприяє знищенню бур'янів у ранніх фазах розвитку, вологотриманню ґрунту, повітронасиченню поверхневого шару. Виконується процес боронами зубового і пружинного типу.

Базовим елементом зубової борони є зуб, який взаємодіє з ґрунтом на глибину до 10 см. За класифікацією, борони можуть бути важкими, середніми та легкими, це формує навантаження на зуб відповідно 2-3; 1-2; 0,5-1 кг [2, 3, 4]. Передбачається, що кожен зуб буде якісно занурюватись на необхідну глибину і забезпечувати якість лише за умови, коли він має на найбільш навантаженій частині – носку відповідне загострення, пов'язане з геометричними та міцнісними характеристиками.

Парк борін в Україні налічує майже 160 тис. штук. Якщо прийняти за середньостатистичну борону завширшки 6 м, то загалом вони будуть містити близько 20 мільйонів зубів, похідною чого є 30 тис. тонн загальної маси борін. Неправильна геометрія носка зуба може спричинити погіршення якості технологічного процесу, підвищення енерговитрат роботи борони та додаткових затрат на відновлення форми самого носка. До речі, за річний сезон робіт може втрачатися до 5 % маси зубів (близько 1,5 тис. т металу). Різні виробники пропонують власні підходи до проектування зубів пальцевих

борін, використовують різний за якістю метал, твердість якого є також і похідною термообробки.

Враховуючи сказане, дослідження зубів борін і аналіз конструкційних особливостей та параметрів для порівняння їхнього опору абразивному зносу є актуальним.

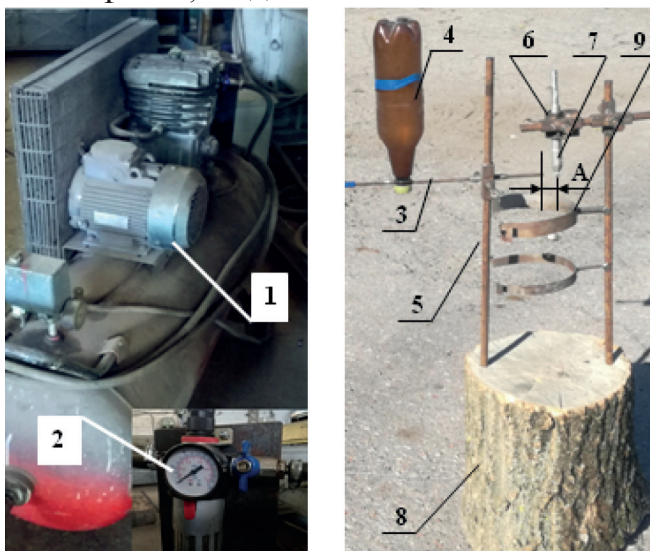
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Фахівці з сільськогосподарської техніки вважають зубові борони одним з найпростіших ґрунтообробних знарядь. Водночас, теорії і розрахунку зубових борін присвячено багато робіт і дисертацій [5, 6, 7] – це і розрахунок навантажень на зуб, обґрунтування конструкційних параметрів, обґрунтування компонування зубового поля на бороні, оптимізація якості виконання технологічного процесу зубом, розрахунок умов рівноваги і тягового опору зубової борони, пошук нових форм і властивостей зуба тощо.

Аналіз попарних залежностей окремих характеристик зубів свідчить про те, що вони можуть тісно корелювати з критерієм абразивного зносу. Однак група характеристик не завжди має однозначний зв'язок з критерієм.

Пропонуючи різні конструкційні рішення зубів, не завжди можна швидко дати достовірну відповідь про справедливість закладених ідей. Процес виробничої перевірки роботи зубів є, безумовно, найбільш інформативним і правильним. Однак це вимагає великого ресурсу часу, навіть у разі імітування роботи зуба в абразивному ґрунті – піску, де коефіцієнт прискорення сягає 5-и.

Перед виробниками стоїть питання надати інформацію про чутливість таких зубів до абразивного зносу, хай із втратою якоїсь частки достовірності, але за мінімального ресурсу часу.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з аналізом конструкційних особливостей та параметрів зубів борін на ресурс під час абразивного їх зношення [8] були проведені випробування. Для цього використовувався метод прискореного абразивного зносу на піскоструминній установці (рис. 1) у складі блоків формування і контролю стислого повітря, фіксованої дози абразивної суміші та її подачі на дослідний зразок. Технологічна схема установки складається з компресора 1 з манометром контролю тиску 2, який через гумовий шланг з'єднано з каліброваною трубкою 3 з вирізом, над яким встановлено кон-



а)

б)

а) – блок формування і контролю стислого повітря; б) – блок формування фіксованої дози повітряабразивної суміші та її подачі на дослідний зразок (1 - компресор; 2 - манометр; 3 - калібрована трубка; 4 - контейнер з абразивним піском; 5 - штатив; 6 - тримірна система кріплень; 7 - палець; 8 - основа; 9 - кріплення циклону (для наочності демонтований) для гравітаційного відводу абразиву; А - фіксована відстань між крайкою каліброваної трубки та локальною абразивно-стійкою зоною носка пальця

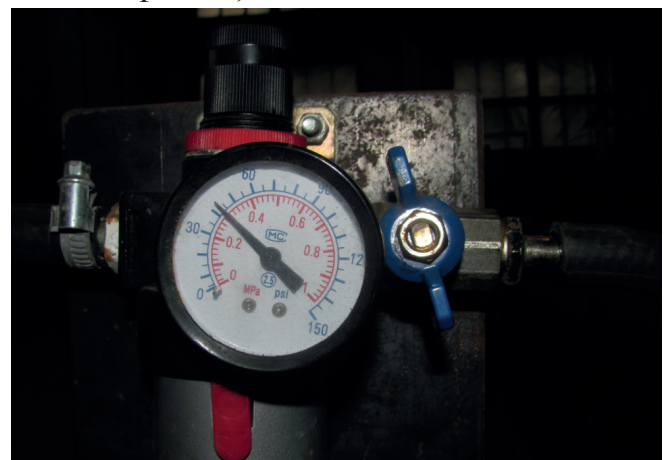
**Рисунок 1** – Піскоструминна установка

тейнер з абразивним піском 4. Кріплення досліджуваного пальця 7 здійснюється на штативі 5 з тримірною системою кріплень 6, яка забезпечує віддалення крайки каліброваної трубки від досліджуваної на знос зони носка пальця на відстань А.

У процесі досліджень було використано алгоритм дій: облік базових елементів і параметрів пальців; вибір найбільш навантаженої частини пальця; вибір критеріїв оцінювання зносу; підготовка плану експерименту, проведення експерименту з фіксацією сталих умов випробувань (виду абразиву, тиску під час формування повітропіщаної суміші, відстані А; облік зміненої маси та об'ємної форми; формування сумарного критерію бального оцінювання та визначення вірогідного відносного рівня збереження працездатності.

Як показали попередні дослідження, найбільш навантаженою частиною пальця є носок [1], відповідно до цього кожен носок з наданих зразків пальців зубових борін підлягав дії струменя повітропіщаної суміші.

Контроль сталих умов випробувань передбачав забезпечення тиску 3 атм (рис. 2), відстані від крайки трубки до поверхні 19 мм (рис. 3), фіксованої маси абразиву за повторність, яка складала 960 г.



**Рисунок 2** – Фіксація постійного рівня тиску

Режими випробувань передбачали 3-етапну дію фіксованої маси абразиву для визначення динаміки зносу поверхнього, середнього та внутрішнього шарів. При цьому контрольованими чинниками



Рисунок 3 – Фіксація постійної відстані від крайки трубки до поверхні

Таблиця 1 – Сума бального оцінювання контрольованих чинників

Критерії, контрольовані чинники	Характеристика і відповідний бал			
	мінімальна	слабка	суттєва	висока
Зміна маси	4	3	2	1
Зміна форми	4	3	2	1
Збереження працездатності	1	2	3	4

були винесена маса (г) та зміна об'ємної форми (мм<sup>3</sup>).

Критеріями виступала сума бального оцінювання контрольованих чинників за шкалою, представленою в таблиці 1.

Далі прогнозувалося збереження працездатності (експертна оцінка залишку носка позаду зони дії абразиву).

Визначення зміненої маси здійснювалося ваговим методом з точністю до 0,001 г (рис. 4).

Визначення зміненої об'ємної форми здійснювалося заміром розмірів утвореного на робочій поверхні зуба заглиблення і розрахунково як об'єму сегмента  $\frac{1}{4}$  еліпсоїда обертання –  $\frac{4}{3}\pi abc$ , де  $a$  – велика напіввісь,  $b$  – середня напіввісь;  $c$  – мала напіввісь [9]. У разі появи нестандартних форм зміненої об'ємної форми, вони вивраховувались, як інші відомі геометричні



Рисунок 4 – Загальний вигляд обладнання для визначення зміненої маси

Таблиця 2 – Динаміка зміни маси та об'ємної форми за повтореннями дії абразивного матеріалу

№ п/п	Зміна параметра наростаючими темпами	Повторюваність дії абразиву			
		1	2	3	
1	маси, г	0,360	0,461	0,571	
2		0,212	0,368	0,446	
3		0,276	0,470	0,610	
4		0,128	0,287	0,447	
6		0,321	0,696	0,797	
7		0,290	0,573	0,728	
9		0,093	0,247	0,437	
10		0,375	0,508	0,701	
1		об'ємної форми, мм <sup>3</sup>	31,2	52,65	61,10
2			9,62	13,65	27,3
3	14,6		24,96	54,48	
4	2,61		18,7	46,8	
6	17,02		44,68	84,84	
7	12,83		20,62	80,50	
9	12,83		35,06	68,35	
10	27,50		60,10	75,42	

фігури. У таблиці 2 надано значення динаміки зміни маси та об'ємної форми.

Експертне оцінювання далі передбачалося проводитися за 4-бальною шкалою. Відповідно до цього для зміни об'ємної форми і винесеної маси встановлено граничні значення і їхні характеристики, наведені в таблицях 3 та 4.

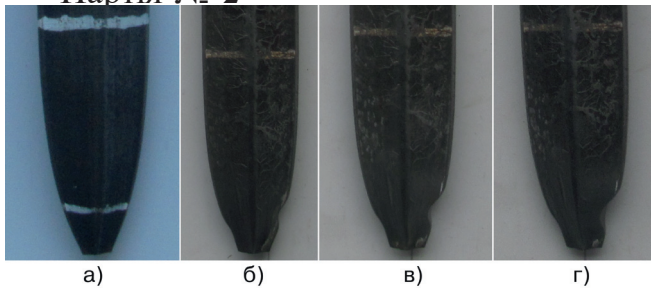
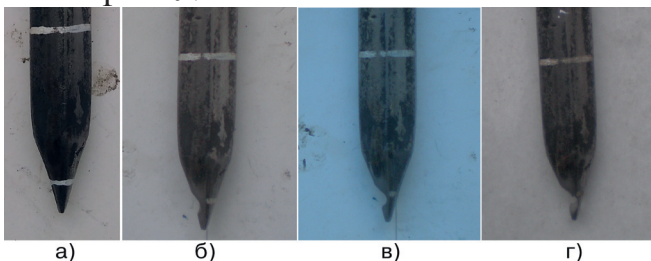
**Таблиця 3 – Експертно визначені рівні винесення маси (г) та зміни об'ємної форми (мм<sup>3</sup>)**

Рівень / Деталізація	мінімальне	слабке	суттєве	високе
Винесення маси / зміна об'ємної форми	до 0,5/40	до 0,6/55	до 0,7/70	до 0,8/85

**Таблиця 4 – Експертно визначені рівні забезпечення працездатності та їх деталізація**

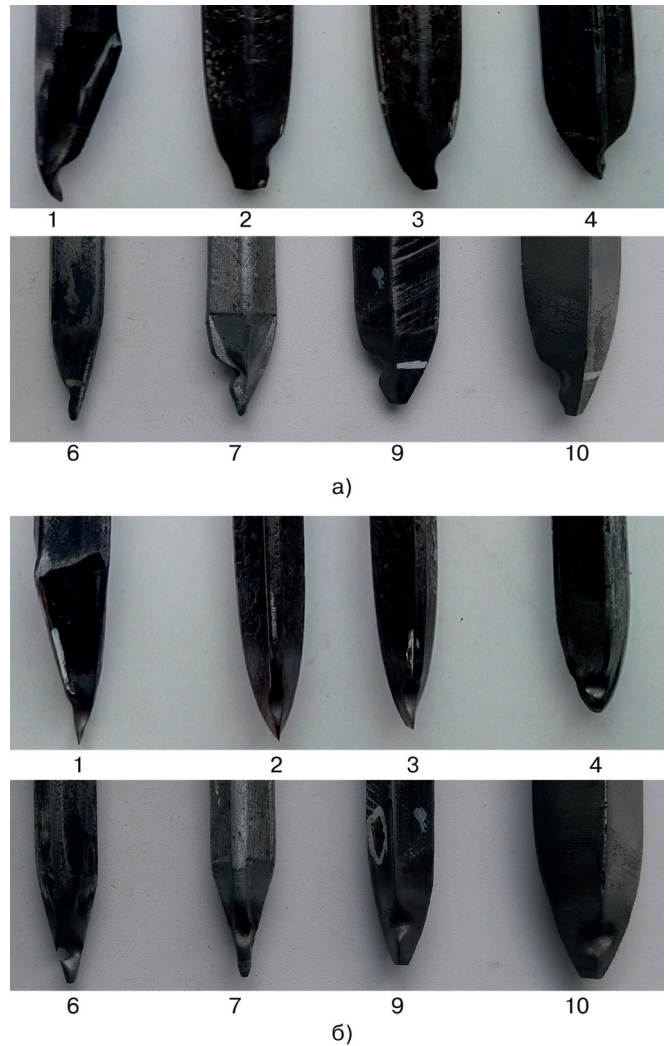
Рівень	мінімальне	слабке	суттєве	високе
Деталізація	Повне перерізання робочих ребер і грані та порушення пасивної грані	Повне перерізання робочих ребер, грані без порушення пасивної грані	більше 50 % перерізання робочих ребра і грані	менше 50 % перерізання робочих ребра і грані

На рисунку 5 показано приклади динаміки зміни форми зуба 2 та 6 партій за три повторності.

**Партія № 2**

**Партія № 6**


**Рисунок 5** – Приклади динаміки зміни форми зуба при виді збоку партій №№ 2 і 6 в 3-х повтореннях дії фіксованою масою абразиву: а – новий зуб; б – після 1-ї повторності; в – після 2-ї повторності; г – після 3-ї повторності

Форма зубів всіх досліджуваних партій по завершенню випробувань наведена на рисунку 6.



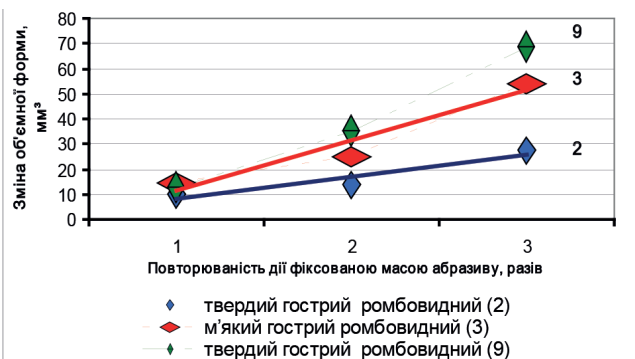
**Рисунок 6** – Загальний вигляд зносу носків зубів після 3-го етапу абразивної дії відповідно представлених груп: а – вид збоку; б – вид спереду

У таблиці 5 наведено зміну розмірів заглиблення на робочій поверхні зубів, утвореного повторною дією абразиву.

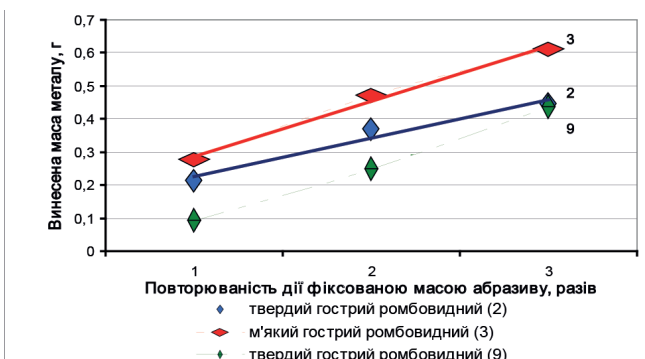
Відповідно до отриманих показників на основі попарного групування зубів і потім їх порівняння за контрольованими чинниками зміни маси (г) і зміни об'ємної форми (мм<sup>3</sup>) та збереження працездатності, які містять спільні і відмінні властивості (конфігурацію носка; твердість; твердість і профіль), були побудовані графічні залежності, які наведено на рисунках 6 та 7.

**Таблиця 5 – Динаміка зміни розмірів заглиблення на робочій поверхні зубів, утвореного повторною дією абразиву**

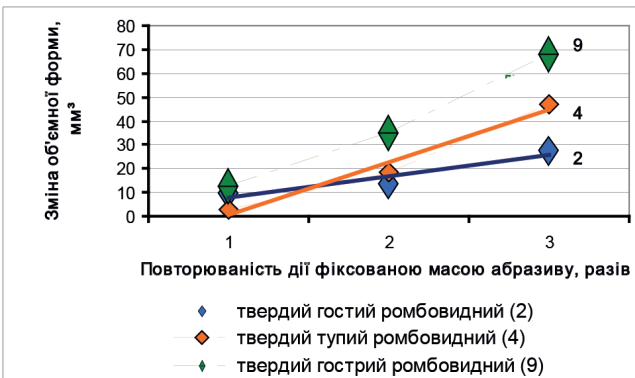
Партія	1	2	3	4	6	7	9	10
Розміри заглиблення на робочій поверхні зуба	Перша повторність							
	8•5•3	7•3,5•1,5	7•4•2	5•2•1	6,5•5•2	7,5•3,5•2	7•2,8•2,5	7•6•3,5
	Друга повторність							
	9•5•4,5	7,5•3,5•2	8•4•3	9•4•2	7,5•6,5•3,5	7,5•3,5•3	8,5•4,5•3,5	9•8•3
Третя повторність								
	10•5•4,7	10•3,5•3	11•4,5•4,0	10•6•3	9•6•5 9•6 + циліндр Ø 3•h 2	9•4 + циліндр Ø 2,5• h 2,5	10•5,8•4,5	9•8•4,2



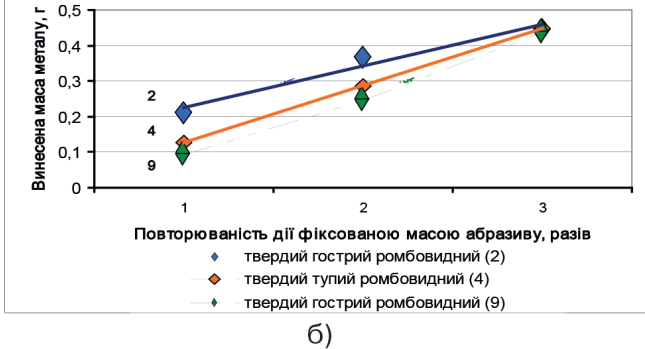
а)



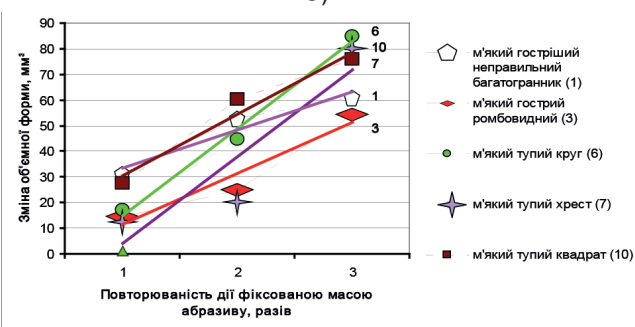
а)



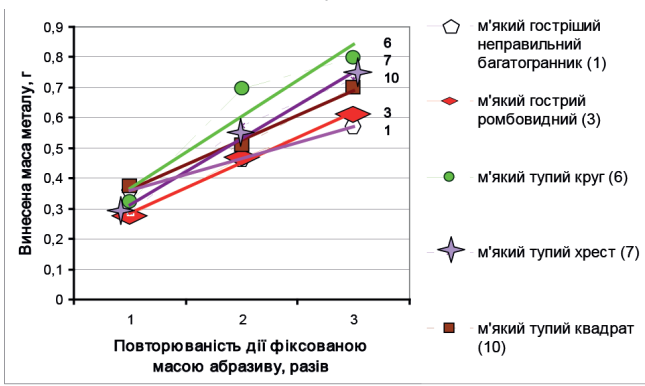
б)



б)



в)



в)

**Рисунок 6 – Динаміка зміни об'ємної форми носка пальців:** а) різної твердості, однакової конфігурації та з однотипними профілями носка; б) високої твердості, різної конфігурації та з різними профілями носка; в) низької твердості, з різними конфігураціями та профілями носка

**Рисунок 7 – Динаміка зміни маси носка пальців:** а) різної твердості, однакової конфігурації та з однотипними профілями носка; б) високої твердості, різної конфігурації та з різними профілями носка; в) низької твердості, з різними конфігураціями та профілями носка

За результатами графічних залежностей, на основі попарного групування зубів і їх порівняння за контрольованими чинниками зміни маси (г) і зміни об'ємної форми (мм<sup>3</sup>) та збереження працездатності, які містять спільні і відмінні властивості (конфігурацію носка; твердість; твердість і профіль), встановлено таке.

*За зміною маси.*

Ріст зміни маси від абразивної дії в зубах з однаковими конфігураціями (кутами загострення носків) та різною їхньою твердістю показує, що партії № 9 та № 2 є однаково твердими і на 3-ій повторності дії абразиву мають майже однакову винесену масу. Партія № 3 з гострим м'яким зубом має вище в 1,3 раза зношування.

Тверді зуби партій №№ 9, 4 та 2 мають після 3-ї повторності близькі значення винесеного металу.

Зуби м'якої твердості з різними конфігураціями та профілем носка показують, що найменший винос металу відбувається в зубах партії № 1, близьким до неї (в межах 1,1 рази) є винесення металу в партії № 3 та в 1,3 рази винесення металу в партії № 10. Зуби вказаних партій під час роботи орієнтовані робочим ребром до потоку абразиву, який симетрично і ламінарно ділиться навпіл. У зубів партії № 7 має місце хрестоподібний переріз носка, який формує сфокусоване в заглибленні винесення маси. За цих умов винесення маси вище в 1,4 рази. Зуб з тупим круглим перерізом носка має найбільше (в 1,6 рази) винесення металу.

*За зміною форми.*

Ріст зміни форми від абразивної дії в зубах з однаковими конфігураціями (кутами загострення носків) та різною їхньою твердістю показує, що у партії № 9 має місце найменша зміна форми під дією трьох повторень абразиву. Партія № 3 в точці дії абразиву змінює форму пальця в 1,3 рази інтенсивніше. Найбільше (в 2,5 рази) змінює форму палець партії № 2.

Твердість зубів з різною гостротою ромбовидного носка свідчить про найменшу зміну форми в зубах партії № 2. В 1,7 рази більше об'єму виноситься із зубів

партії № 4, і майже у 2,5 рази вище в зубах партії № 9.

Зуби м'якої твердості з різними конфігураціями та профілем носка показують, що найменша зміна об'ємної форми відбувається в зубах партії № 3, близькою до об'єму винесеної форми є партія № 1 (в 1,2 рази більше). У зубах партії № 7 спостерігається стрімка динаміка зміни об'ємної форми, яка на 3-ій повторності дії абразиву є вищою в 1,3 рази. Зуби партій № 7 та № 6 мають зміну об'ємної маси відповідно в 1,4 та в 1,6 рази вищу.

*За прогнозованим збереженням працездатності.*

Вона визначалась залишком носка позаду зони дії абразиву та утвореними в носку змінами форми типу наскрізних отворів, які межували з витратою носка. Прийнято 4-рівневі оцінювання. Встановлено такі показники збереження: партії № 1 та № 6 – мінімальне; партія № 7 – слабке; партії № 3, № 4, № 9 – суттєве; партії № 2 і № 9 – високе.

У таблиці 6 представлено сумарний критерій бального оцінювання контрольованих показників.

**Висновки.** Абразивний знос пальців зубів шлейф-борін насамперед впливає на частину пальця, яка найбільше піддається абразивній дії, на носок. Інтенсивність зносу носка є похідною кількох його параметрів: твердості; кута загострення носка (конфігурації), що впливає на обтічність носка; профілю носка, що впливає на особливість поділу потоку робочими ребром і гранями, які формують характер потоку (ламінарний, сфокусований, турбулентний тощо); кута розкриття борозни, що впливає на зношування робочого ребра та робочих граней; кута входження носка в ґрунт, що впливає на його проникальну здатність. Загалом збереження форми визначає якість роботи борони.

За піскоструминною методологією оцінювання абразивного зносу на основі критерію бального оцінювання контрольованих чинників (винесеної маси металу, зміни об'ємної форми і прогнозованого збереження працездатності) встановлено,

Таблиця 6 – Сумарний критерій бального оцінювання контрольованих показників

Партія	Характеристика винесеної маси				Характеристика зміни об'ємної форми				Збереження працездатності				Сумарний бал	Рейтинг	Відсоток зменшення відносного рівня збереження працездатності порівняно з найкращим зразком, %
	Мінімальне	Слабке	Суттєве	Високе	Мінімальне	Слабке	Суттєве	Високе	Мінімальне	Слабке	Суттєве	Високе			
	4	3	2	1	4	3	2	1	1	2	3	4			
1		+					+		+				6	5	50
2	+				+							+	12	1	найкращий зразок
3		+				+					+		9	3	25
4	+					+					+		10	2	17
6				+				+	+				3	7	75
7				+				+		+			4	6	67
9	+						+				+		9	3	25
10			+					+				+	7	4	42

що мінімального зносу за масою та формою зазнали пальці 2-ої партії – твердого симетричного ромбовидного перерізу профілю основи з гострим кінцем, які зберегли високу працездатність; пальці 4-ої партії – тверді, з асиметричним ромбовидним профілем основи та тупим кінцем – мали суттєвий знос, але зберегли значну працездатність; пальці 3-ої партії – м'які, симетричного ромбовидного перерізу профілю основи з гострим кінцем – мали суттєвий знос, однак зберегли значну працездатність, а також пальці 1-ої партії – м'які, квадратного перерізу основи з гострим кінцем – мали високий знос і зберегли мінімальну працездатність, яка граничила з втратою вершини носка.

Пальці 10 партії – м'які, квадратного перерізу основи з тупим кінцем – мали суттєвий знос, але зберегли високу працездатність. Пальці 1 партії – м'які, з неправильним багатокутником профілю носка з гострішим кінцем – мали суттєву зміну форми та зберегли мінімальну працездатність; пальці 7 партії – м'які, з хрестоподібним тупим профілем носка – мали високий знос і зберегли слабку працездатність; пальці 6 партії – м'які, з круглим перерізом профілю носка – мали

високий знос і зберегли мінімальну працездатність.

Отже, на основі сумарного критерію бального оцінювання за результатами прискорених випробувань прогнозний вірогідний відносний рівень збереження працездатності різних зубів, порівняно з найкращим зразком, розподіляється в такій послідовності:

1 місце – 2

партія – ромб гострий твердий (найкращий зразок);

2 місце – 4 партія – ромб твердий тупий (менше на 17 %);

3 місце – поділили між собою партія 3 – ромб гострий м'який і партія 9 – ромб гострий твердий (менше на 25 %);

4 місце – 10 партія – квадрат тупий м'який (менше на 42 %);

5 місце – 1 партія – неправильний багатокутник гостріший м'який (менше на 50 %);

6 місце – 7 партія – хрест тупий м'який (менше на 67 %);

7 місце – 6 партія – круг тупий м'який (менше на 75 %).

## Література

1. Державна служба статистики України. Сільське господарство України / Статистичний збірник 2017. – К., 2018.
2. Державна служба статистики України. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2016 році/ Статистичний бюлетень. – К., 2017.
3. Думич В. Огляд конструкцій та результати випробувань дисколапових агрегатів 3б.



наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2018. Вип. 23(37). С 158-168.

4. Денисенко М., Опальчук А. Виготовлення зносостійких деталей робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних та посівних машин. Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2014. Вип. 18(32). С. 104-113.

5. Войтюк Д. Г. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунки /За ред. проф., чл.-кор. УААН Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2005.

6. Бурдега В. Ю. Обґрунтування параметрів борони з гнучими зубами / Автореферат дисертації канд. техн. наук. — Львів, 2004.

7. Голій О. В. Обґрунтування процесу та параметрів знаряддя для механічного знищення бур'янів у посівах цукрових буряків / Автореферат дисертації канд. техн. наук. — Глеваха, 2005.

8. Шустік Л. П. та ін. — Зуби борін. Прогноз впливу конструкційних особливостей параметрів на ресурс під час абразивного їх зношення Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2019. Вип. 24(38). С 157-163.

9. Калькулятор об'єму еліпсоїда. Інтернет-ресурс.

Sciences. to UkrNIPIPT them. L. Pogorely. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for Ukrainian agriculture. Research. 2018. Vip. 23 (37). Pp 158-168.

4. Denisenko M., Opalchuk A. Manufacturing of wear-resistant parts of working bodies of soil tillage, forage harvesting and seeding machines. Coll. Sciences. to UkrNIPIPT them. L. Pogorely. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for Ukrainian agriculture. Research. 2014. Vip. 18 (33). Pp 104-113.

5. Voytyuk D. G. and others. Agricultural machinery. Fundamentals of theory and calculation /Under the editorship of Professor, Corresponding Member UAAN D.G. Voytyuk . — Kyiv: Higher education, 2005.

6. Burdega V.Yu. Justification of parameters of a harrow with flat-headed teeth. / The dissertation dissertation. Candidate of Technical Sciences. — Lviv, 2004.

7. Goliy O. V. Substantiation of process and parameters of tools for mechanical destruction of weeds in sugar beet crops / The dissertation dissertation. Candidate of Technical Sciences. — Glevaha, 2005.

8. Shustik LP and others. Harrow Teeth. Prediction of the influence of structural features on the resource during abrasive wear. Coll. Sciences. to UkrNIPIPT them. L. Pogorely. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for Ukrainian agriculture. Research. 2019. Vip. 24 (38). Pp 157-163.

9. Ellipsoid volume calculator. Online resource.

## Literature

1. The State Statistics Service of Ukraine. Agriculture of Ukraine/ Statistical Collection 2017. — Kyiv, 2018.

2. The State Statistics Service of Ukraine. Availability of agricultural machinery and power facilities in agriculture in 2016 / Statistical bulletin. — Kyiv, 2017.

3. Dumich V. Review of structures and results of tests of dislapa aggregates. Coll.

## Literatura

1. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni. Sil's'ke gospodarstvo Ukraïni. Statistichnij zbirnik 2017. — Kiïv, 2018.

2. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni. Najavnist' sil's'kogospodars'koï tehniki ta energetichnih potuzhnostej u sil's'komu gospodarstvi u 2016 roci. Statistichnij bjuleten'. — Kiïv, 2017.

3. Dumich V. — Ogljad konstrukcij ta rezul'tati viprobuvan' diskolapovih agregativ. Zb. nauk. prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho.

Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya silskoho hospodarstva Ukrayiny. Doslidnytske. 2018. Vyp. 23(37). S 158-168.

4. Denisenko M., Opal'chuk A. – Vigotovlennja znosostyjkikh detalej robochih organiv rruntoobrobnih, kormozbiral'nih ta posivnih mashin. Zb. nauk. prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya silskoho hospodarstva Ukrayiny. Doslidnytske. 2014. Vyp. 18 (33). S 104-113.

5. Vojtjuk D.G. ta inshi. Sil's'kogospodars'ki mashini. Osnovi teorii ta rozrahunki / Za redakcieju profesora, chlen-kor. UAAN D.G. Vojtjuka / - Kiyiv./ Vishha osvita 2005.

6. Burdega V. Yu. Obruntuvannja parametriv boroni z gnutoshtabovimi zubami. /

Avtoreferat disertacii. Kandidat tehnicnih nauk. - L'viv 2004.

7. Golij O.V. Obruntuvannja procesu ta parametriv znarjaddja dlja mehanichnogo znishhennja bur'janiv u posivah cukrovih burjakiv. / Avtoreferat disertacii. Kandidat tehnicnih nauk. /O.V. Golij. – Glevaha, 2005.

8. Shustik L. P. i drugiye - Zuby boron. Prognoz vliyaniya konstruktsionnykh osobennostey parametrov na resurs vo vremya abrazivnogo ikh iznos. Zb. nauk. prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya silskoho hospodarstva Ukrayiny. Doslidnytske. 2019. Vyp. 24 (38). S. 157-163.

9. Kal'kulyator ob»yema ellipsoida. Internet-resurs.

UDC 631.313:621.83.052

## THE TEETH OF HARROWS. RESULTS OF TESTING BY DEFINITION ABRASIVE WEAR

Shustik L., cand. of tech. scs,

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

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

Stepchenko S., e-mail: stepchenko\_s@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

Nilova N., e-mail: nilova-n@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

Klochay O., e-mail: oksana.gants@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8735-2209>

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

DNU «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

### Summary

*The article highlights the results of comparative studies of the wear resistance of harrow teeth of different manufacturers. Express method of tests with the help of abrasive wear of air-sand mixture on sand blasting plant was developed, choice of controlled factors for evaluation of strength characteristics of different teeth was made.*

**The purpose of the work:** *is to compare the abrasive wear resistance of the harrow teeth of different manufacturers.*

**Methods of research:** *the effect of a fixed dose of a mixture with high abrasive ability, with the help of sand-jet installation, on the most loaded area of the tooth, organoleptic and instrumental study of the weight and geometric parameters of the volumes of metal made by the abrasive from the surface of the teeth of boring with different structural expert evaluation of abrasion resistance and forecasting of levels of preservation of efficiency.*

**Results.** *The demand, cost and relative simplicity of the design of dental bo-rin encourages machine builders to manufacture them. The result of this is a wide variety of harrow teeth with various*

*design features and parameters, which causes consumer uncertainty: which tooth is better? Promoting success in the market with this product is first and foremost an understanding of the design of the basic element - the tooth, the ease of manufacture of which is misleading. It is established that the most appropriate component of a harrow tooth is a sock, which has a number of characteristics - hardness, sharpening, angles of entry into the soil, the shape of its section. Each of these factors can affect the quality of performance. The derivatives of this are for the tooth manufacturer large volumes of metal and energy costs for its processing, for the agricultural producer is good soil tillage with optimal investment, a reasonable alternative to herbicide costs and, as a result, a crop. The manufacturer or consumer of dental harrows intuitively feels that each of these factors can affect the resource-quality performance, but as the latter depend on the joint action characteristics can not reliably tell even a specialist. Therefore, specialists of UkrNDIPVT of L. Pogoriliy and TOV «UKBTSh» started work on the analysis of the structural characteristics of the teeth and their rapid verification by rapid method. Two basic aspects can answer these questions: the first is the synthesis of all information about the structural features of a tooth, the second is to provide a short, effective, reasonably reliable methodology for assessing the effect of these parameters on abrasive wear. The second aspect is investigated in the article, in which experimental studies of 8 batches of teeth subjected to abrasive blasting were carried out. The process of the study suggested methodological approaches to the testing procedure, data processing and analysis, as well as their comparison.*

**Conclusions.** *The article investigates a number of harrow teeth of various designs. It has been proved that the tooth sock is the most responsible element from all available working part of tooth. Specific parameters of the tooth that will determine its resource in the conditions of abrasive wear are determined. The express method of tests with the help of abrasive wear of air-sand mixture on sandblasting installation is offered, the choice of controlled factors is made and the forecast of preservation of working capacity of different teeth is given.*

**Key words:** *harrows, tooth, different tooth designs, tooth elements, tooth-to-tooth, resource, abrasive wear, maintaining efficiency.*

УДК 631.313:621.83.052

## **ЗУБЬЯ БОРОН. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА**

**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>

**Степченко С.**, e-mail: stepchenko\_s@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

**Нилова Н.**, e-mail: nilova-n@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

**Ключай О.**, e-mail: oksana.gants@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8735-2209>

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

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

### **Аннотация**

*В статье освещены результаты сравнительных исследований износостойкости зубов борон различных производителей. Разработан экспресс-метод испытаний с помощью абразивного износа воздушно-песчаной смесью на пескоструйной установке, осуществлен выбор контролируемых факторов для оценки прочностных характеристик различных зубов.*

**Цель работы** - сравнение сопротивления абразивному износу зубов борон разных производителей.

**Методы исследований:** действие фиксированной дозой смеси с высокой абразивной способностью, при помощи пескоструйной установки, на наиболее нагруженную часть зуба, органолептическое и инструментальное исследование весовых и геометрических параметров объемов металла, вынесенного абразивом с поверхности зубов борон с различными конструкционными особенностями, экспертное балльное оценивание абразивной устойчивости и прогноз уровней сохранения работоспособности.

**Результаты.** Спрос, стоимость и относительная простота конструкции зубных борон побуждает машиностроителей на их производство. Результатом этого является большое разнообразие зубов борон с различными конструкционными особенностями и параметрами, что вызывает у потребителя неопределенность: какой зуб лучше? Содействию успеха на рынке с данным продуктом, в первую очередь является понимание конструкции базового элемента - зуба, простота изготовления которого обманчива. Установлено, что наиболее ответственной составляющей зуба бороны является носок, которому присущ ряд характеристик: твердость, обострение, углы вхождения в почву, форма его сечения. Каждый из этих факторов может влиять на ресурсно-качественные показатели работы. Производными этого для производителя зубов есть большие объемы металла и энергозатраты на его переработку, для производителя сельскохозяйственной продукции - это качественная обработка почвы при оптимальных капиталовложениях, разумная альтернатива расходам на гербициды и, как результат, полученный урожай. Производитель или потребитель зубных борон интуитивно чувствует, что каждый из этих факторов может влиять на ресурсно-качественные показатели работы, но каким образом последние зависят от совместного действия характеристик не может достоверно ответить даже специалист. Поэтому специалистами УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого и ООО «УКБТШ» начата работа по анализу конструкционных характеристик зубов и их ускоренной проверке экспресс-методом. Ответить на эти вопросы могут два базовых аспекта: первый - это синтез всей информации о конструкционные особенности работы зуба, второй - предоставить короткую по времени, действенную, приемлемо достоверную методологию оценки влияния этих параметров на абразивный износ. В статье освещен второй аспект, в котором проведены экспериментальные исследования восьми партий зубов, подлежащих абразивному воздействию пескоструйной смесью. В процессе исследования были предложены методологические подходы к процедуре исследований, обработки и анализа данных, а также их сравнение.

**Выводы.** В статье исследован ряд зубов борон различных конструкций. Доказано, что носок зуба является наиболее ответственным элементом от всей имеющейся рабочей части зуба. Определены конкретные параметры зуба, определяющие его ресурс в условиях абразивного износа. Предложен экспресс-метод испытаний с помощью абразивного износа воздушно-песчаной смесью на пескоструйной установке, осуществлен выбор контролируемых факторов и представлен прогноз сохранения работоспособности различных зубов.

**Ключевые слова:** бороны, зуб, различные конструкции зубов, элементы зуба, носок зуба, ресурс, абразивный износ, сохранение работоспособности.