

## ЗУБИ БОРІН. ПРОГНОЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ НА РЕСУРС ПІД ЧАС АГРЕГАТИВНОГО ЇХ ЗНОШУВАННЯ

Л. Шустік, канд. техн. наук,  
e-mail: shustik@ukr.net, [orcid.org/0000-0003-2413-935X](https://orcid.org/0000-0003-2413-935X)

Н. Нілова, [orcid.org/0000-0001-5514-2338](https://orcid.org/0000-0001-5514-2338)

С. Степченко, [orcid.org/0000-0003-2808-9644](https://orcid.org/0000-0003-2808-9644)

О. Лисак, [orcid.org/0000-0003-0708-9784](https://orcid.org/0000-0003-0708-9784)

В. Кальчук, [orcid.org/0000-0002-6659-0032](https://orcid.org/0000-0002-6659-0032)

О. Ковтун, e-mail : elena18kovtyn@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5715-2863>

Н. Коржевська, <https://orcid.org/0000-0002-7127-336X>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

### Анотація

**Мета роботи** – аналіз конструкційних особливостей і параметрів зубів різних борін для порівняння їхнього опору абразивному зносу.

**Методи досліджень:** аналітичний огляд, органолептичне та інструментальне дослідження зубів борін з різними конструкційними особливостями.

**Результати.** Попит, вартість і відносна простота конструкції зубових борін спонукає машинобудівників на їх виробництво. Результатом цього є велика пропозиція зубів борін з різними конструкційними особливостями і параметрами, яке ставить споживача в невизначений стан - 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 енергозатрат на його переробку, для виробника сільськогосподарської продукції - це якісний обробіток ґрунту за оптимальних капіталовкладень, розумна альтернатива витратам на гербіциди і, в кінці, отриманий врожай. Виробник чи споживач зубових борін інтуїтивно відчуває, що кожен з цих чинників може впливати на ресурсно-якісні показники роботи, але як останні залежать від спільної дії характеристик не може достовірно відповісти навіть фахівець. Тому спеціалістами УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і ТОВ «УКБТШ» започатковано роботу з аналізу конструкційних характеристик зубів і їх прискореній перевірці експрес-методом. Відповісти на ці питання можуть два базових аспекти: перший – це синтез всієї інформації про конструкційні особливості роботи зуба, другий – надати коротку за часом, дієву, прийнятно достовірну методологію оцінювання впливу цих параметрів на абразивний знос. У статті акцент зроблено на перший базовий аспект, який буде продовжено надалі в публікаціях наданням пропозиції експрес-методу випробування абразивного зносу.

**Висновки.** У статті досліджено ряд зубів борін різних конструкцій. Доведено, що носок зуба є найбільш відповідальним елементом від всього наявного їхнього загалу. Визначено конкретні параметри зуба, які будуть визначати його ресурс в умовах абразивного зносу. Запропоновано здійснити пошук експрес-методу абразивних випробувань для перевірки ресурсу зубів і встановлення їхнього рейтингу.

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

**Суть проблеми.** В Україні налічується близько 27 млн. гектар орних земель [1].

Боронування ґрунту є найбільш поширеним екологічно безпечним, високопродуктивним, багатоцільовим способом обробітку ґрунту, що 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, що зв'язане з геометричними та міцнісними характеристиками. Парк борін в Україні налічує близько 160 тис. штук. Якщо вважати середньостатистичною борону завширшки 6 м, то загалом вони будуть містити близько 20 мільйонів зубів, похідною чого є 30 тис. тон 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. тон металу).

Різні виробники пропонують власні підходи до проектування зубів пальцевих борін, використовують різний за якістю метал, твердість якого є також і похідною термообробки. Враховуючи описане, 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 компоновання, 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 – в піску, де коефіцієнт пришвидшення сягає 5-ти.

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

**Виклад основного матеріалу.** Головне в технології боронування ґрунту – правильний вибір зубової борони. Головне в надійності зуба – правильний вибір його різновиду. На рисунку 1 наведена функційно-кінематична схема роботи зуба.

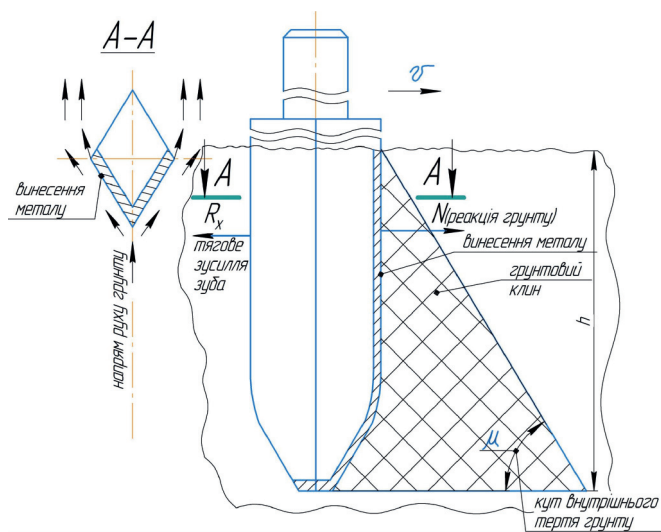
На рисунку 2 показані складові елементи зуба борони та його параметри.

Враховуючи наведене на рисунку 1 та 2, можна зробити висновок, що носок зуба – частина конструкції, найбільш піддана дії абразивного зносу.

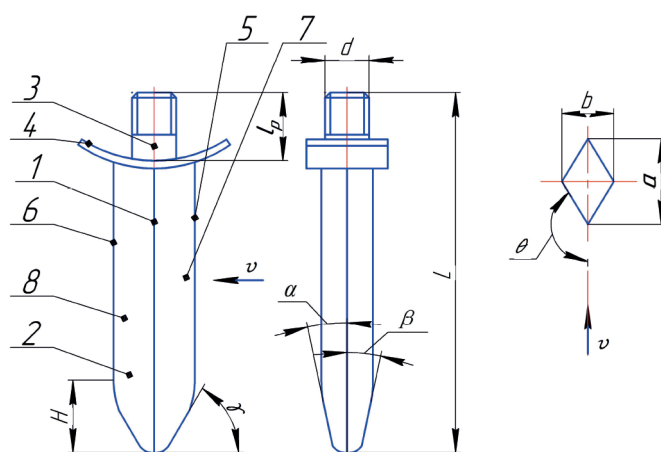
Тривалість утримання форми носка визначає проникну спроможність і якість виконання технологічного процесу.

Базові елементи, характеристики і параметри носка:

- твердість;
- кути: загострення  $\alpha$  і  $\beta$  (конфігурація), входження в ґрунт  $\gamma$ , розкриття борозни  $\theta$ ;



**Рисунок 1** – Функційно-кінематична схема роботи зуба борони



1 – основа; 2 – носок; 3 – хвостовик з різною;  
4 – фіксатор; 5 – ребро робоче; 6 – ребро пасивне; 7 – грань робоча; 8 – грань пасивна;  $\alpha$ ,  $\beta$  – кути загострення (конфігурації) носка;  $\gamma$  – кут входження носка;  $\theta$  – кут розкриття борозни;  $a$  – довжина перерізу профіля основи;  $b$  – ширина перерізу профіля основи;  $H$  – висота носка

**Рисунок 2** – Складові елементи зуба борони та його параметри

- висота носка.

В Україні ринок надає споживачам зуби пальцевих борін з різними характеристиками. ТОВ «Українське конструкторське бюро трансмісій та шасі «УКБТШ», приділяючи увагу конструкціям зубів борін ініціювало з УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого роботи з їх дослідження та надало деякі зразки, які представлені на рисунку 3.



**Рисунок 3** – Приклади зубів пальцевих борін, представлених на ринку України

У таблиці 1 з урахуванням необхідності акцентування уваги на формі носка (рис. 3 позиції № 2-10) наведено також їхні перерізи в площинах з прогнозованими найбільш важкими умовами роботи.

З цього видно, що геометрія перерізу може мати вигляд багатокутника, ромба, кола, хреста і можливо спрогнозувати, що вплив такої геометрії на ресурс може мати не меншу вагомість, ніж твердість матеріалу.

Зважаючи на вищенаведене, пропонується поєднати отриману з аналізу конструкційних особливостей і параметрів зубів борін інформацію з методологією прискореного методу абразивного зносу для побудови рейтингу зубів.

**Висновки.** Конструкція зубів борін включає ряд складових елементів, з яких нижня частина – носок, є найбільш навантаженим.

Тривалість утримання форми носка визначає проникну спроможність і якість виконання технологічного процесу.

Характеристики носка, які визначають ресурс його роботи – це твердість, кути загострення та входження в ґрунт і розкриття борозни, висота носка і форма його перерізу.

Вітчизняні виробники на ринку борін пропонують великий вибір зубів, носки яких мають різну твердість та форму перерізу.

Таблиця 1 – Характеристика деяких форм зубів борін

№ партії	Профіль основи			Носок				Інші				
	Форма, профіль основи/носка	Параметри		Кути розкриття борозни $\theta$ , град.	Висота Н, мм	Конфігурація	Кути		Твердість (HRC) визначення	Загальна довжина пальця L, мм	Параметри хвостовика	
		Довжина а	Ширина b				Загострення $\alpha$ , град.	Входження $\gamma$ , град.			Довжина $\ell_p$	Діаметр d
1	квадрат/неправильний багатокутник	15,8	16,0	138	40	гостріший	17	70	(15) м'який	215	56,0	15,6
2	ромб/ромб	24,2	16,5	155	35	гострий	38	65	(37-40) твердий	205	58,0	12,4
3	ромб/ромб	24,2	16,4	140	35	гострий	40	65	(17-19) м'який	215	68,0	12,3
4	ромб/ромб	24,0	17,2	143	22	тупий	35	60	(37-40) твердий	210	56,0	12,0
5	Партія не випробовувалась											
6	ромб/коло	19,0	15,1	145	27,0	тупий	20	72	18 (м'який)	210	65	12,0
7	ромб/хрест	19,1	15,8	150	30,0	тупий	17	63	22 (м'який)	212	66,5	11,8
8	Партія не випробовувалась											
9	ромб/ромб	23,2	16,4	155	22,0	гострий	20	63	49 (твердий)	210	47,0	11,8
10	квадрат/квадрат	26,1	25,8	135	27,0	тупий	22	65	22 (м'який)	300	-	-

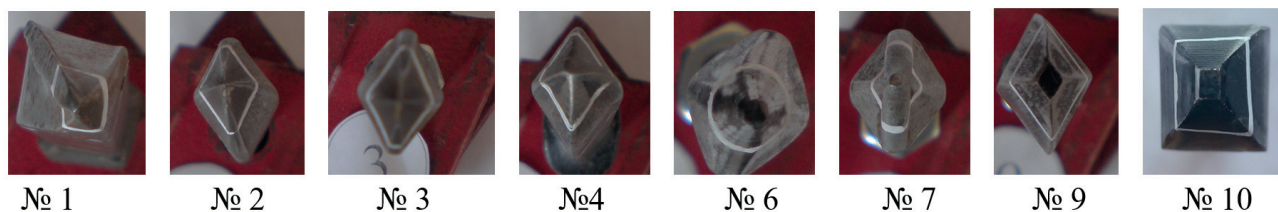


Рисунок 4 – – Форми перерізу носка зубів: № 1 – неправильна багатокутна; № 2, 3, 4, 9 – ромб; № 6 – коло; № 7 – хрест; № 10 – квадрат

Доцільно, інформацію в напрямку досліджень надалі, отриману з аналізу конструкційних особливостей і параметрів зубів борін поєднати з методологією прискореного методу абразивного зносу для побудови рейтингу зубів.

### Література

1. Державна служба статистики України. Сільське господарство України. Статистичний збірник 2017. / - Київ, 2018.

2. Державна служба статистики України. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2016 році. Статистичний бюлетень, / - Київ, 2017.

3. Думич В. – Огляд конструкцій та результати випробувань дисколапових агрегатів. – Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України: зб. наук. пр. УкрН-ДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке,

2018. – Вип. 23 (37). С 158-168.

4. Денисенко М., Опальчук А. – Виготовлення зносостійких деталей робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних та посівних машин. – Збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2014. – Вип. 18 (32). С 104-113.

5. Войтюк Д. Г. та інші. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунки - / За редакцією професора, член-кор. УААН Д.Г. Войтюка / - Київ./ Вища освіта 2005.

6. Бурдега В. Ю. Обґрунтування параметрів борони з гнущастовими зубами. / - Автореферат дисертації. Кандидат технічних наук. / - Львів 2004.

7. Голій О. В. Обґрунтування процесу та параметрів знаряддя для механічного знищення бур'янів у посівах цукрових буряків. / - Автореферат дисертації. Кандидат технічних наук. /О. В. Голій - Глеваха 2005.

#### 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. - Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of scientific works. L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske. 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. - Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of scientific works. L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske, 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. / O. V. Hollow - Gleva 2005

#### 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 bjuletен', / - Kiïv, 2017.

3. Dumich V. – Ogljad konstrukcij ta rezul'tati viprobuvan' diskolapovih agregativ. – Tehniko – tehnologichni aspekty rozvytku ta oprobuvannja novoi' tehniki i tehnologij dlja sil's'kogo gospodarstva Ukrai'ny: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Doslidnyts'ke, 2018. – Vip. 23 (37). S 158-168.

4. Denisenko M., Opal'chuk A. – Vigotovlennja znosostijkih detalej robochih organiv rruntoobrobnih, kormozbiral'nih ta posivnih mashin. – Tehniko – tehnologichni aspekty rozvytku ta oprobuvannja novoi' tehniki i tehnologij dlja sil's'kogo gospodarstva Ukrai'ny: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Doslidnyts'ke, 2014. – Vip. 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 / - Kiïv./ Vishha osvita 2005.

6. Burdega V.Ju. 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.

UDC 631.313

## THE TEETH OF HARROWS. FORECAST OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS DESIGN FEATURES ON THE RESOURCE DURING THEIR AGGREGATIVE WEAR

**L. Shustik**, candidate of technical sciences,  
e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

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

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

**O. Lysak**, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>

**V. Kalchuk**, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0037>

**O. Kovtun**, e-mail: elena18kovtyn@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5715-2863>

**N. Korzhevskaya**, <https://orcid.org/0000-0002-7127-336X>  
SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

### Summary

**The purpose of the work** is to analyze the structural features and parameters of different harrows teeth to compare their resistance to abrasive wear.

**Methods of research:** analytical review, organoleptic and instrumental study of teeth with different structural features.

**Results.** The demand, cost and relative simplicity of the toothbrush design motivates the machine builders to produce them. The result is a large supply of teeth with different structural features and parameters, which puts the consumer in an uncertain state - which tooth is better. Promoting success in the market with this product is primarily an understanding of the design of the basic element - a tooth, the simplicity of which is deceptive. It was established that the most important component of the harrow's tooth is a tip, which has a number of characteristics - hardness, exacerbation, angles of entry into the soil, the shape of its cross-section. Each of these factors can affect resource-quality performance. The derivatives of this for the producer of teeth are large volumes of metal and energy costs for its processing, for the agricultural producer - a quality soil cultivation for optimal investment, a reasonable alternative to the cost of herbicides and, in the end, the crop. The manufacturer or consumer of harrows intuitively feels that each of these factors can affect the resource-quality performance of the work, but how the latter depends on the joint performance of the characteristics can not be answered even by a specialist. Therefore, the specialists of L. Pogorilyy UkrNDIPVT and ТОВ «УКБТШ» began work on the analysis of structural characteristics of teeth and their accelerated verification by express method. The answer to these questions can be two basic aspects: the first is the synthesis of all information about the structural features of the tooth. The second one is to provide a short, effective, acceptable reliable methodology for assessing the impact of these parameters on abrasive wear. In this article, the emphasis is on the first basic aspect, which will be continued in subsequent publications providing an express express test method for abrasive wear.

**Conclusions.** In the article a number of teeth of a variety of different designs are investigated. It is proved that the tooth tip is the most responsible element of all available to them. The specific parameters of the tooth are defined, which will determine its resource in conditions of abrasive wear. It is suggested to search the express method of abrasive tests to check the resource of teeth and establish their rating.

**Key words:** harrows, tooth, various designs of teeth, tooth elements, tooth tip, resource, abrasive wear.

УДК 631.313

## **ЗУБЬЯ БОРОН. ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ НА РЕСУРС ВО ВРЕМЯ ИХ АГРЕГАТИВНОГО ИЗНОСА**

**Л. Шустик**, канд. техн. наук,

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

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

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

**А. Лысак**, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>

**В. Кальчук**, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0037>

**А. Ковтун**, e-mail: elena18kovtyn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5715-2863>

**Н. Коржевская**, <https://orcid.org/0000-0002-7127-336X>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

### **Аннотация**

**Цель работы** - анализ конструкционных особенностей и параметров зубов разных борон для сравнения их устойчивости абразивному износу.

**Методы исследований:** аналитический обзор, органолептические и инструментальное исследование зубов борон с различными конструкционными особенностями.

**Результаты.** Спрос, стоимость и относительная простота конструкции зубовых борон побуждает машиностроителей на их производство. Результатом этого является большое предложение зубов борон с различными конструкционными особенностями и параметрами, которое ставит потребителя в неопределенное состояние – какой зуб лучше. Содействием 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 присущи 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 энергозатрат на его переработку, для производителя сельскохозяйственной продукции - это качественная обработка почвы при оптимальных капиталовложениях, разумная альтернатива расходам на гербициды и, в конце, полученный урожай. Производитель или потребитель зубовых 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 данной статье акцент сделан на первый базовый аспект, который будет продолжено в последующих публикациях предоставлением предложения экспресс-метода испытания абразивного износа.

**Выводы.** В статье исследован ряд зубов борон различных конструкций. Доказано, что носок зуба является наиболее ответственным элементом от всего имеющегося их общественности. Определены конкретные параметры зуба, будут определять его ресурс в условиях абразивного износа. Предложено осуществить поиск экспресс-метода абразивных испытаний для проверки ресурса зубов и установления их рейтинга.

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