

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.  
УДК 674.023.05.002

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ЗУБА ПІД ЧАС ПИЛЯННЯ ЛАМІНОВАНИХ ДЕРЕВИННОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ

**З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: z.sirko@ukr.net

**В. К. Д'ЯКОНОВ**, науковий співробітник

*Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: vdyakonov@gmail.com

**Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ**, науковий співробітник

*Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: nii\_resurs@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.017>

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень впливу довжини шляху різання на зміну мікрогеометрії зуба дискової пили. Зміна мікрогеометрії зуба залежить від властивостей матеріалу, що обробляється, та матеріалу різця. Кінематика процесу пиляння (а разом з тим зміна форми поверхні різального елемента) передбачає, що трансформація поверхні є результатом взаємодії обертового руху інструмента та прямолінійного руху заготовки. Тому профіль зношених поверхонь зуба априорі не має ні площин, ні прямих, ні круглих ліній.

Було оцінено ступінь зносу зуба під час пиляння ламінованих деревностружкових плит в залежності від локації місця зносу та довжини шляху різання.

Фактор – довжина шляху різця в матеріалі – змінювався від 120 м до 4 км. Оцінювався знос поверхні зуба шляхом вимірювання відстані від вершини зуба до дотичної до контуру зуба пилки, проведеної під заданими кутами. Експерименти проводилися на пилковій експериментальній установці з дисковою однозубою пилкою. Вставний зуб з твердого сплаву марки ВК6М після напрацювання заданої відстані вилучався з корпусу пили, розглядався і фотографувався на великому інструментальному мікроскопі МБІ-2.

Показано, що зі збільшенням довжини шляху різання знос по задній грані істотно перевершує цей же параметр з боку передньої грані. Визначена точка, що розділяє передню і задню грані. Виявлено дрейф цієї точки в залежності від зростання зносу.

**Ключові слова:** знос зуба пилки, передня грань, знос по задній грані, радіус кривизни, лінійний знос, вершина зуба пилки

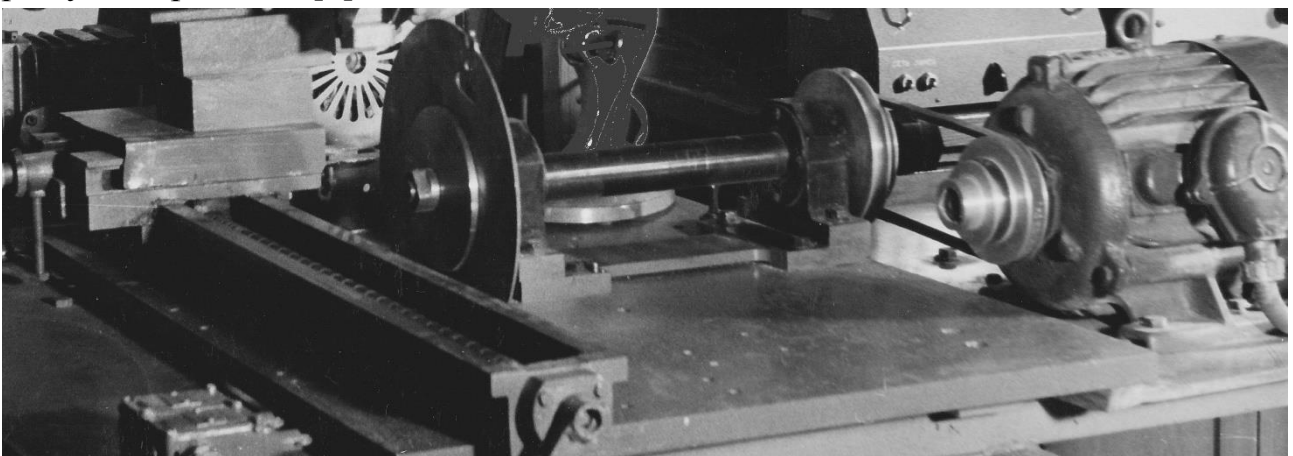
**Актуальність.** Дослідженням [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8]. Зміна зміни мікрогеометрії зуба дискової мікрогеометрії зуба багато в чому пили під час пиляння різних залежить від властивостей матеріалів займалися багато вчених оброблюваного матеріалу і від

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П. матеріалу різця. При відсутності об'єктивного критерію оцінки ступеня кривизни зношеної поверхні зуба дослідники використовували найпростіші з можливих варіантів, а саме прямі лінії для опису характеристики «фаски» зуба або окружності для оцінки кривизни зношеної поверхні. Кінематика процесу пиляння (а разом з цим зміна форми поверхні ріжучого елемента - затуплення) передбачає, що трансформовані поверхні є результатом взаємодії обертвого руху інструменту і прямолінійного руху заготовки. Тому профіль зношених поверхонь зуба апіорі не містить ні площин, ні прямих, ні круглих ліній.

Автори у статті постаралися змінити існуючі підходи до оцінки зносу поверхні зуба, ґрунтуючись на уявленні про те, що зношена поверхня в перерізі відображається безперервною кривою зі змінним радіусом кривизни [6].

**Мета досліджень** – оцінка ступеня зносу зуба під час пиляння ламінованих деревинностружкових плит в залежності від локації місця зносу і довжини шляху різання.

**Методи досліджень.** Для досліджень використовували ламіновану деревинностружкову плиту марки П-А товщиною 19 мм. Пиляння здійснювали на експериментальній установці (рис. 1) в умовах УкрНДІ «Ресурс». Різальний інструмент являє собою диск з клиноподібними вирізами (рис. 2) для вставного знімного елемента з напаяною на ньому пластинкою твердого сплаву марки ВК-6 (рис. 3). Однозуба пила дозволяє уникнути радіального і торцевого биття під час роботи. Знімний елемент досліджували на великому інструментальному мікроскопі марки МБІ-2, де виконували фотографування і вимір необхідних параметрів.



**Рис. 1.** Загальний вигляд експериментальної установки

Під зносом розуміємо відстань від вершини зуба до дотичної до

контуру зуба, проведеної в заданому напрямку. Необхідно розрізняти це

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.  
від відстані по прямій між вершиною і довільною точкою поверхні зуба.

Локація (місце розташування) зони зносу характеризується напрямком і відстанню до неї.

Вимірювали відстань між умовною вершиною зуба, яка є

точкою перетину ліній передньої і задньої граней (ПГ і ЗГ) і поверхнею зуба під заданими кутами (напрямами): перпендикулярно ПГ і ЗГ, перпендикулярно бісектрисі кута загострення і двом проміжним напрямкам.

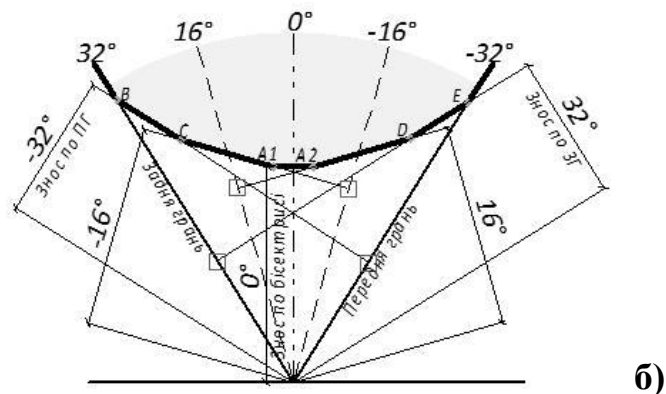
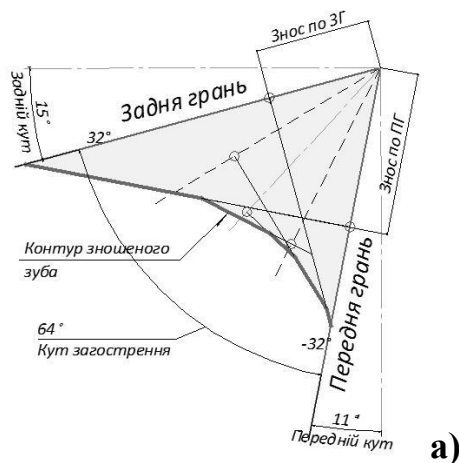


**Рис.2. Пилковий диск з клиноподібним вирізом**  
Схема вимірювань

представлена на рис. 4.



**Рис. 3. Зуб дискової пили з пластинкою твердого сплаву**

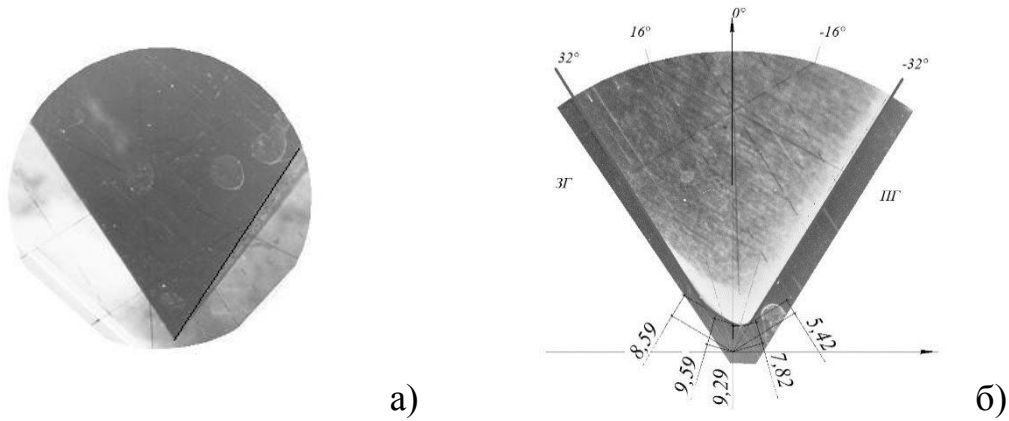


**Рис. 4. Схема вимірювань параметрів**

На рис.4а показана схема вимірювання зносу зуба за напрямками (зносу по ПГ, знос по ЗГ і т.д.). На рис. 4б представлені кути і дотичні до профілю зуба, побудовані за заданими напрямками. Символом «квадрат» позначений кут  $90^\circ$ .

Виміри проводилися через кожні  $16^\circ$ . Профіль зносу позначений потовщеною лінією.

Фотографія вершини зуба пилки з фактичними результатами вимірювань наведена на рис. 5.



**Рис. 5. Фотографія зуба пилки**  
**а - гострий; б - затуплений, 4000 м, (показані розміри в масштабі)**

Вимірювання проводились після проходження пилкою довжини шляху різання 120, 1000, 2500 і 4000 метрів. Кут загострення різця становив  $64^\circ$ .

На рис.6 показана залежність величини зносу зуба в залежності від

довжини шляху різання. З графіків випливає, що характер зносу в усіх напрямках приблизно однаковий, відрізняючись лише кількісно.

#### **Результати досліджень.**

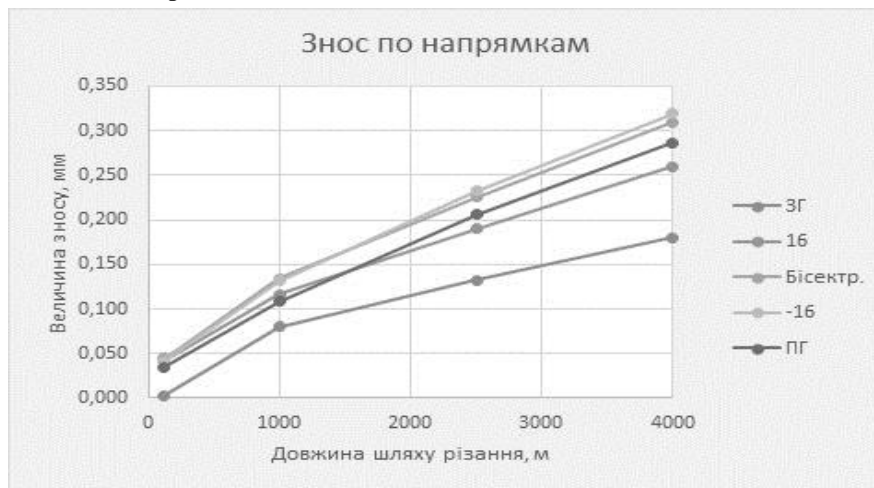
Результати досліджень наведені в табл. 1.

### **1. Результати досліджень зносу поверхні зуба**

| Кут<br>(напрямок)<br><i>градуси</i> | Знос за напрямками, мм<br>за довжини шляху різання, м |             |             |             | Примітка          |
|-------------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------------|
|                                     | <b>120</b>  | <b>1000</b> | <b>2500</b> | <b>4000</b> |                   |
| 32                                  | 0,003   | 0,080       | 0,133       | 0,181       | (E) Задня грань   |
| 16                                  | 0,043   | 0,116       | 0,190       | 0,260       | (D)               |
| 0                                   | 0,045   | 0,134       | 0,226       | 0,310       | (A) Бісектриса    |
| -16                                 | 0,042   | 0,132       | 0,233       | 0,320       | (C)               |
| -32                                 | 0,035   | 0,109       | 0,206       | 0,286       | (B) Передня грань |

На підставі результатів, які наведені у таблиці 1 побудовані

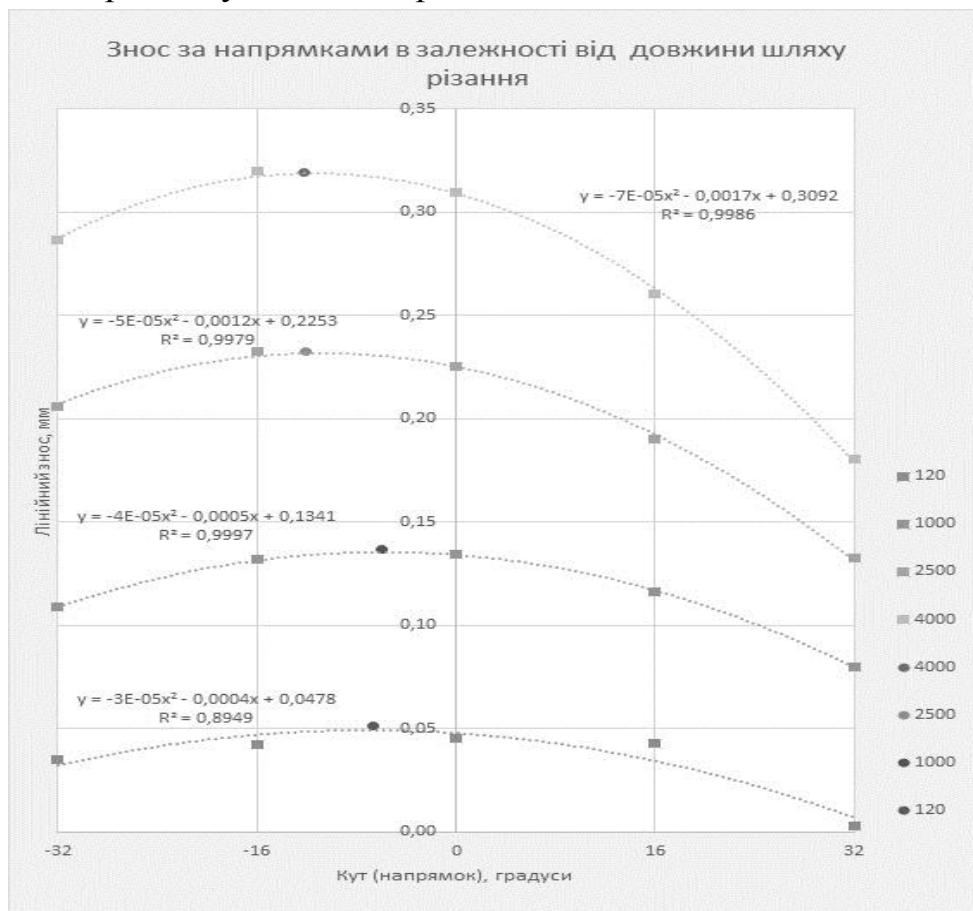
графіки, які показують величину зносу під тим або іншим кутом.



**Рис. 6. Знос зуба пилки в залежності від довжини шляху різання за напрямками.**

Розподіл зносу за напрямками (рис. 7) від передньої грані до задньої (по передній - 32°, по задній + 32°, по бісектрисі 0° і двом проміжним точкам ± 16°) показує, що вони дуже добре апроксимуються кривою

другого порядку ( про це говорить коефіцієнт кореляції, близький до одиниці). З цього випливає, що характер зносу зі збільшенням шляху різання не змінюється.



**Рис 7. Знос зуба пилки в залежності від напрямку вимірювання і від довжини шляху різання**

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.

Локалізація вершини параболы, що позначена зафарбованим маркером, зі збільшенням шляху різання зміщується в бік передньої грані. Зсув несуттєвий, однак він показує тенденцію дрейфу вершини в сторону передньої грані. За необхідності, швидкість дрейфу може бути розрахована.

Фізично вершина параболы характеризує місце розташування леза на поверхні затупленого зуба.

Необхідно відзначити, що якби поверхню зносу можна було б представити як циліндричну (окружність - в перерізі) з центром на бісектрисі, що характерно для початкових умов різання, то на графіку знос виглядав би як відрізок

майже прямої, паралельної осі абсцис. Можна припустити що це реально для шляху різання менше, ніж 50 метрів. Однак, під час розгляду коефіцієнтів А і В рівнянь параболы, видно, що не існує умов, за яких вони одночасно брали б нульове значення. Це означає, що навіть для гострого зуба поверхню переходу від передньої до задньої грані не може бути представлена як циліндрична (або як дуга окружності, якщо розглядати у перерізі).

Графіки на рис. 6 і 7 можна уявити на об'єднаній діаграмі (рис. 8).

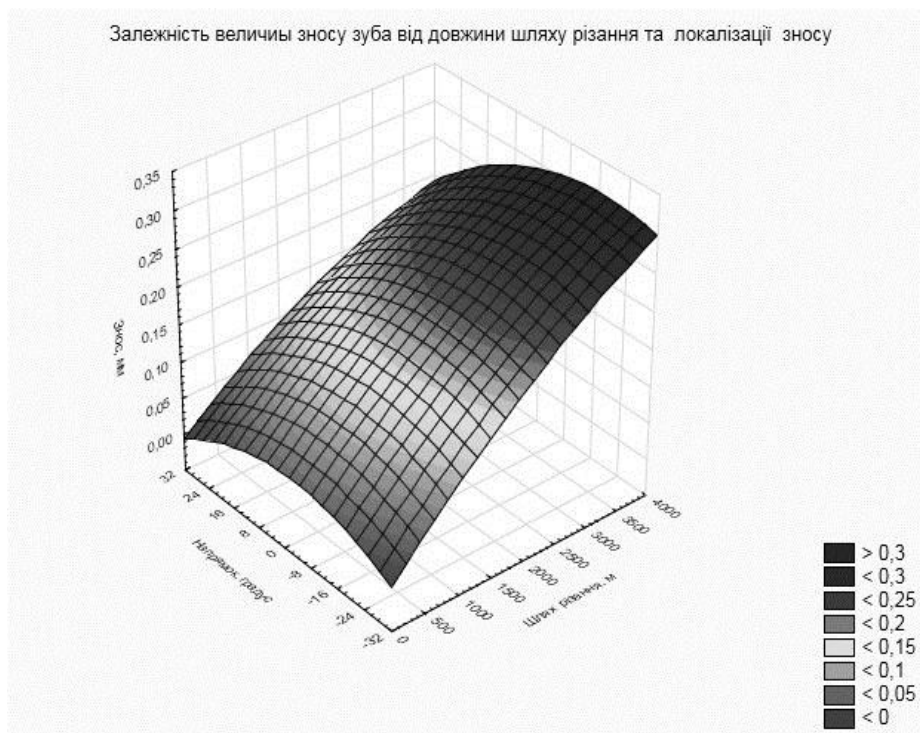


Рис. 8. Діаграма залежності зносу зуба від довжини шляху різання і напрямків зносу.

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.

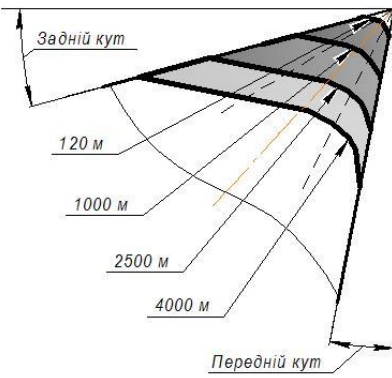


Рис. 9. Знос за напрямками

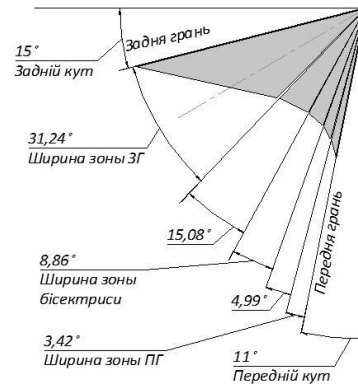


Рис. 10. Зони зносу

З рис. 5 випливає, що найбільший знос відбувається у напрямку до задньої грані, а найменший - по передній грані.

На рис.9 показані профілі зубів при різній довжині шляху різання.

На рис. 10 зображений профіль зуба для випадку довжини шляху різання 4000 метрів. Видно, що зони затуплення трансформуються пропорційно ступеню зносу в тому чи іншому напрямку.

### Висновки.

1. Є можливість простежити переміщення (трансформацію) реальної точки леза від вершини зуба

### Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів: монографія. Львів: Кольорове небо, 2006. 412 с.

2 Кірик М.Д. Інструмент для обробляння деревини та деревних матеріалів. Львів: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу. 1999. 190 с.

3. Амалицкий Вит.В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка. Деревообрабатывающая промышленность. 2005. № 5. С. 6-10.

по зношеній поверхні в будь-який момент часу.

2. Найбільший знос спостерігається уздовж задньої грані зуба.

3. Найменший знос спостерігається уздовж передньої грані зуба.

4. Характер зносу зуба в усіх напрямках приблизно однаковий, відрізняється тільки кількісно.

4. Амалицкий Вик.В., Амалицкий Вит.В., Абраумов В.В. Выбор материала режущего инструмента для обработки цементно-стружечных плит. Деревообрабатывающая промышленность. 2005. № 7. С. 2-5.

5. Памфилов Е.А., Шевельова О.В. Особенности исследований износа режущих инструментов для переработки древесных материалов. Лесной журнал. 2017. № 6. С. 89-103.

6. Пат. Україна, № 71771, МПК С01 В 21/04. Спосіб оцінки

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П. параметрів профілю ріжучого елемента/ Д'яконов В.К., Сірко З.С.; Заявник Національний університет біоресурсів і природокористування України. — № и 2012 00534; заяв. 17.01.2012; опубл. 25.07.12, Бюл. № 14.

7. Зотов Г.А., Памфилов Е.А. Підвищення стійкості дереворіжучого інструменту: монографія. Москва: Екологія, 1991. 304 с.

8. Д'яконов В.К., Сірко З.С., Браузеветтер Юрген. Пристрій для вимірювання лінійних розмірів зубів пилки. *Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: матеріали наук.-практ. конф. (Київ, 2018)* Київ, 2018. С. 238-239.

### References

1. Kirik M.D. (2006) Mekhanichne obroblyannya derevini ta derevnykh materialiv: monografiya. [Mechanical processing of wood and wood materials]. Kol'orove nebo, 412.

2. Kirik M.D. (1999) Instrument dlya obroblyannya derevini ta derevnykh materialiv. [Tools for processing wood and wood materials]. VMC Kolomijs'kogo mekhaniko-tekhnologichnogo koledzhu, 190.

3. Amalickij Vit.V. (2005). Pilenie tverdosplavnymi kruglymi pilami i ih zatochka. [Cutting by carbide circular saws and their sharpening]. Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost. 5, 6–10.

4. Amalickij Vik.V., Amalickij Vit.V., Abrazumov V.V. (2005). Vybor materiala rezhushchego instrumenta dlya obrabotki cementno-struzhechnykh plit [Cutting tool material selection for processing of cement particle boards] Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 7, 2–5.

5. Pamfilov E.A., Sheveleva E.V. (2017). Osobennosti issledovaniya iznashivaniya rezhushchih instrumentov dlya pererabotki drevesnykh materialov. [Research features of cutting tool wear for processing of wood materials]. Lesnoj zhurnal. 6, 89–103.

6. Diakonov V.K., Sirko Z.S., (2012). Sposib ocinki parametriv profilyu rizhuchogo elementa Patent of Ukraine for useful model. S01 V 21/04. №71771, № и 2012 00534; declared 17.01.2012; published 25.07.12. № 14.

7. Zotov H.A., Pamfylov E.A. (1991). Pidvyshchennia stiikosti derevorizhuchoho instrumentu: monografiia. [Increasing the durability of wood-cutting tools] Ekolohiia, 304

8. Diakonov V.K., Sirko Z.S., Brauzevetter Yurhen. (2018). Prystrii dlia vymiriuvannia liniinykh rozmiriv zubiv pylky. [Device for measuring the size of the saw teeth] Conference of the Tsili staloho rozvytku tretoho tysiacholittia. Kyiv, Universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, 238-239

## ТРАНСФОРМАЦИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ЗУБА ПРИ ПИЛЕНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

З. С. Сирко, В. К. Дьяконов, Д. П. Торчилевский,

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследований влияния длины пути резания на изменение микрогеометрии зуба дисковой пилы. Фактор – длина пути реза в материале – изменялся от 120 м до 4 км.

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.

*Оценивался износ поверхности зуба путём измерения расстояния от вершины зуба до касательной к контуру зуба пилы, проведенной под заданными углами. Эксперименты проводились на пильной экспериментальной установке с дисковой однозубой пилой. Вставной зуб из твёрдого сплава марки ВК6М после наработки заданного расстояния изымался из корпуса пилы, рассматривался и фотографировался на большом инструментальном микроскопе МБИ-2. Показано, что с увеличением длины пути резания износ по задней грани существенно превосходит этот же параметр со стороны передней грани. Определена точка, разделяющая переднюю и заднюю грани. Выявлен дрейф этой точки в зависимости от роста износа.*

**Ключевые слова:** износ зуба пилы, передняя грань, износ по задней гран, радиус кривизны, линейный износ, вершина зуба пилы

### SAW TEETH'S MICROGEOMETRY TRANSFORMATION DURING LAMINATED PARTICLE BOARD CUTTING Z. S. Sirko, V. K. Dyakonov, D. P. Torchilevsky

**Abstract.** *The article presents the results of studies of the influence of the cutting path length on the change in the microgeometry of the circular saw tooth. The factor — the length of the cutter path in the material — varied from 120 m to 4 km. The material to be processed is a laminated particle board of the brand П-А 19 mm thick. The experiments were carried out on the saw experimental installation. The installation has the ability to adjust the speed of rotation of the saw and the feed rate of the material. A disk with wedge-shaped slots was used as a cutting tool. The test tooth was made of a hard alloy VK6M grade in the slot. The front angle of the tooth was 11 °, the posterior angle was 15 °, and the taper angle was 64 °. After working on a given distance, it was removed from the body of the saw, examined and photographed on a large instrumentation microscope MBI-2. Estimated wear of the tooth surface by measuring the distance from the top of the tooth to the tangent to the contour of the saw tooth, carried out at specified angles. A set of consecutive tangent lines to the smooth convex contour of a worn surface, (or lines, if, consider the section) allows replacing the continuous profile line with straight line segments.*

*Measurements were carried out in a tooth cross-section perpendicular to the short cutting edge. Identified specific values of wear of the saw tooth, depending on the length of the cutting path. It is shown that with an increase in the length of the cutting path, the wear on the rear face significantly exceeds this parameter from the front face. The distribution of wear in the directions from the front to the rear shows that they are very well approximated by a second-order curve (this is indicated by a correlation coefficient close to unity). From this it follows that the nature of wear with an increase in the cutting path does not change.*

*The point separating the front and rear faces is defined. Identified the drift of this point, depending on the growth of wear. Localization of the top of the parabola with an increase in the cutting path is shifted towards the front face. The displacement is insignificant, however, it shows the tendency of the apex to drift*

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчилевський Д. П.

*towards the front face. Physically, the top of a parabola characterizes the location of the blade on the surface of a blunt tooth.*

**Key words:** *saw tooth wear, front face, rear edge wear, radius of curvature, linear wear, saw tooth tip*