

УДК 674.055:621.914.3

**С. А. Гриневич, В. В. Раповец, Г. В. Алифировец**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ ДВУХЛЕЗВИЙНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАСАТЕЛЬНУЮ СИЛУ РЕЗАНИЯ**

В настоящее время на большинстве деревообрабатывающих предприятий головным оборудованием являются фрезерно-брусующие станки и линии. Данный тип оборудования предназначен для производства технологической щепы и пилопродукции (двух- или четырехкантных брусьев).

Изучение процесса формирования технологической щепы и пилопродукции при обработке древесины на таких станках позволяет сделать процесс менее трудоемким и энергозатратным. Существенное влияние на энергопотребление процесса агрегатной переработки древесины оказывает качество подготовки и заточки режущего инструмента.

В данной статье описываются особенности износа цельных двухлезвийных ножей фрезерно-брусующих станков при обработке древесины хвойных пород с получением пилопродукции и технологической щепы, отвечающей требованиям действующих стандартов. Приведены результаты производственных испытаний цельных двухлезвийных ножей и установлено влияние пути резания на характер и интенсивность их изнашивания. Даны результаты лабораторных испытаний режущего инструмента фрезерно-брусующих станков и определено влияние степени их затупления на касательную силу резания.

**Ключевые слова:** фрезерно-брусующий станок, двухлезвийный нож, радиус округления, фаска, сила.

**S. A. Grinevich, V. V. Rapovets, G. V. Alifirovets**  
Belarusian State Technological University

### **THE RESEARCH OF BLUNTING OF DOUBLE-BLADE CUTTER OF CHIPPER MACHINES AND ITS IMPACT ON TANGENTIAL CUTTING FORCE**

Currently, most of the woodworking industry leading equipment are milling canting machines and lines. This type of equipment is designed for the production of pulpchips and lumber (two or four cant bars).

The study of the formation process of pulpchips and lumber at wood processing on these machines make the process less time-consuming and energy-consuming. A significant impact on the energy consumption of the process of aggregation processing of wood has the quality of preparation and sharpening of cutting tools.

This article describes the wear features of one-piece double-edged knives of milling canting machines during the softwood processing with obtaining lumber and pulpchip, that meet the requirements of the standards. The results of production tests of one-piece double-edged knives are given and influence of cutting ways on the nature and intensity of their wear is found out. The results of laboratory tests of cutting tools of milling canting machines are given and the effect of the dulling degree to the tangent cutting force is determined.

**Key words:** chipper-canter, double-blade cutter, radius wear, chamfer, force.

**Введение.** В состав фрезерно-брусующих линий входят фрезерно-брусующие станки (ФБС), оснащенные специальным режущим инструментом – многоножевыми торцово-коническими фрезами.

Фрезерно-брусующие станки предназначены для производства технологической щепы и двух- или четырехкантных брусьев.

Широкое распространение технологическая щепка получила в целлюлозном, гидролизном и других производствах в качестве полноценного сырья для выработки ценных продуктов. Брус применяется в деревянном домостроении.

При производстве технологической щепы перерабатываемое сырье должно предварительно окариваться, так как содержание коры больше нормы в технологической щепе резко ухудшает свойства получаемых из нее продуктов [1].

Производство деревянного бруса – одно из самых перспективных направлений развития деревообработки за счет высоких экологических свойств продукта и потенциальной широты его применения в различных видах.

Изучение процесса агрегатной переработки древесины необходимо для того, чтобы

выявить такие режимы, параметры и материал режущего инструмента, которые бы сделали процесс переработки экономичным, высококачественным и менее трудоемким.

В данной статье исследован характер затупления двухлезвийного режущего инструмента и его влияние на силовые показатели при агрегатной переработке древесины многоножевыми торцово-коническими фрезами.

Исследование влияния затупления режущего инструмента позволит выбирать рациональные режимы эксплуатации фрезерно-брусующих станков с учетом энергоемкости процесса.

**Основная часть.** На сегодняшний день на деревообрабатывающих предприятиях широкое распространение получили лесопильные линии с головным фрезерно-брусующим оборудованием. Данный тип оборудования предназначен для переработки бревна в двух- или четырехкантный брус, а горбыльная часть при этом измельчается в технологическую щепу.

Фрезерно-брусующие станки и линии на их основе получили широкое распространение ввиду следующих своих преимуществ:

- высокая производительность (скорость подачи до 200 м/мин и более);
- возможность полной механизации и автоматизации процесса;
- получение двух видов продукции (пилопродукция и технологическая щепа).

Недостатками являются:

- высокая стоимость;
- необходимость предварительной сортировки бревен и жесткие требования к исходному сырью.

Современные фрезерно-брусующие станки оснащены дорогостоящим режущим инструментом – сборными торцово-коническими фрезами, режущим элементом которых являются цельные двухлезвийные ножи (рис. 1).

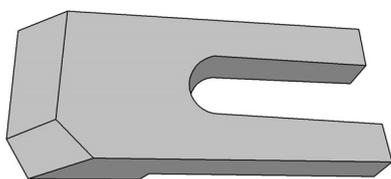


Рис. 1. Цельный двухлезвийный нож

На характер износа режущих кромок лезвия влияет множество факторов, среди которых можно выделить следующие:

- обрабатываемая порода;
- режимы резания;
- физико-механические свойства материала режущего инструмента;
- параметры инструмента и исходное состояние режущих кромок.

Затупление инструмента может характеризоваться различными параметрами, одними из которых являются радиус округления и длина фаски по задней поверхности ножа (рис. 2) [2].

Для затупления ножей на ОАО «Борисовский ДОК» была проведена серия опытов на фрезерно-брусующем станке PSP 500 линии SAB. Ножи, отработавшие заданное количество смен и, соответственно, прошедшие различный путь резания, снимались для измерения параметров затупления. Для определения величины радиуса округления режущей кромки и длины фаски по задней поверхности длинной режущей кромки использовался метод слепков. Достоинством этого метода является возможность получения информации о затуплении ножа.

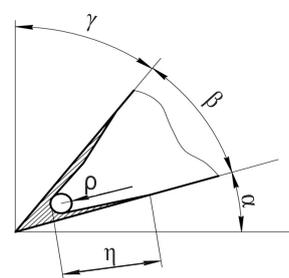


Рис. 2. Поперечная микрогеометрия ножа:

- $\gamma$  – передний угол ножа, град;
- $\beta$  – угол заточки ножа, град;
- $\alpha$  – задний угол ножа, град;
- $\rho$  – радиус кривизны ножа, мкм;
- $\eta$  – фаска по задней поверхности ножа, мкм

Измерение радиуса округления режущей кромки лезвия ножа и величины фаски заключается в следующем: свинцовую пластинку надвигают на лезвие в строго перпендикулярной плоскости. На рис. 3 представлена схема к методу слепков.

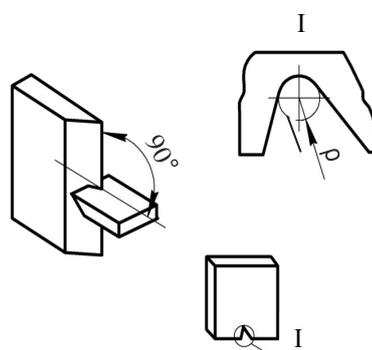


Рис. 3. Схема к методу слепков

Полученный отпечаток рассматривают в микроскоп. Для получения качественного отпечатка режущий инструмент механически фиксировался и свинцовая пластинка надвигалась на лезвие по концевым мерам, которые использовались как

направляющие. Для получения слепков с различных участков цельного двухлезвийного ножа подбиралась требуемая высота концевых мер или набора концевых мер, притертых друг к другу.

Полученный в свинцовой пластине слепок рассматривался под металлографическим микроскопом ММР-4 (рис. 4). Микроскоп предназначен для наблюдения и фотографирования микроструктуры металлов и сплавов в отраженном свете в светлом поле при прямом и косом освещении, в темном поле и поляризованом свете.



Рис. 4. Металлографический микроскоп ММР-4

Параметры затупления каждой кромки измерялись отдельно, на короткой кромке измерения проводились в двух точках, на длинной – в четырех (рис. 5)

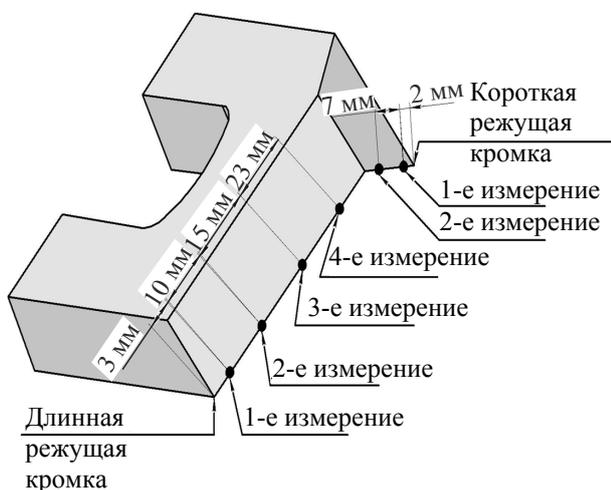


Рис. 5. Расположение точек измерения параметров затупления на двухлезвийном ноже

По результатам исследования параметров затупления режущих кромок были построены графические зависимости (рис. 6, 7, 8).

Из графиков видно, что при увеличении пути резания радиус округления короткой и длинной режущих кромок, а также длина фаски по длинной кромке увеличивается. Характер роста радиуса округления и величины фаски,

возникающей по длинной режущей кромке, близок к линейному. При приближении к точке пересечения короткой и длинной режущих кромок радиус округления и длина фаски незначительно возрастают.

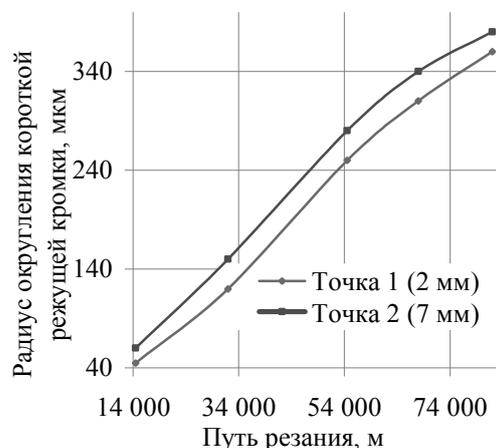


Рис. 6. График зависимости радиуса округления от пути резания (короткая режущая кромка)

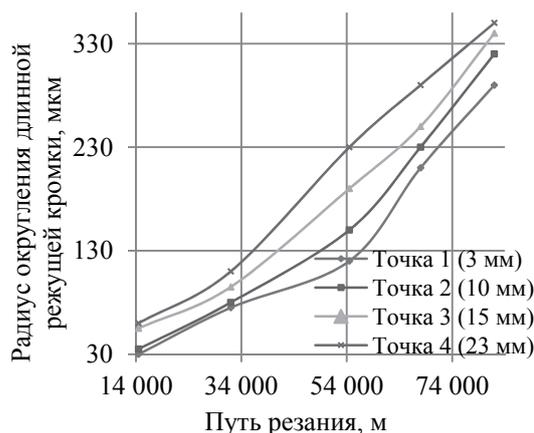


Рис. 7. График зависимости радиуса округления от пути резания (длинная режущая кромка)

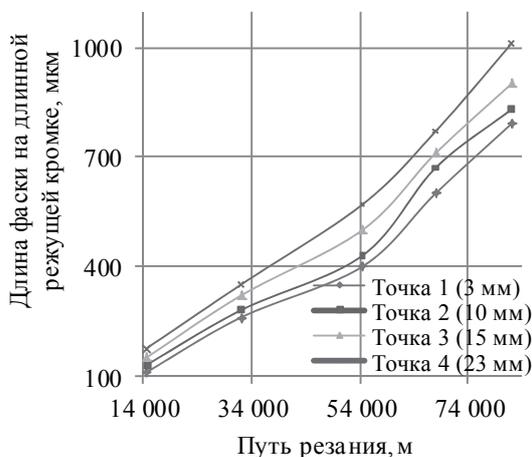


Рис. 8. График зависимости длины фаски от пути резания (длинная режущая кромка)

Для приведения в движение механизмов резания ФБС используются довольно мощные электродвигатели (от 40 кВт и более). По мере эксплуатации инструмент теряет режущую способность, что приводит к росту касательной силы резания и, соответственно, к росту энергопотребления. Поэтому изучение влияния затупления режущего инструмента на касательную силу резания имеет как научный, так и практический интерес.

Для проведения исследований влияния затупления режущего инструмента на касательную силу резания использовалась экспериментальная установка УИР-1. Общий вид экспериментальной установки УИР-1 представлен на рис. 9

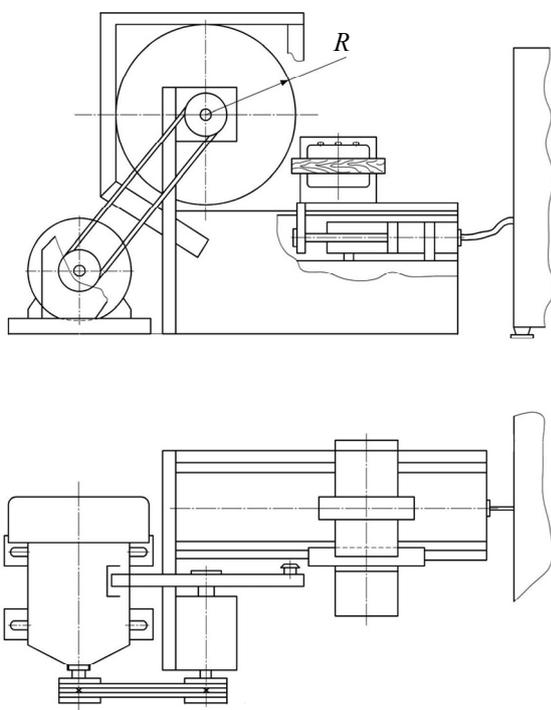


Рис. 9. Экспериментальная установка УИР-1

Она предназначена для исследования процессов резания древесины. Экспериментальная установка включает станину, механизм резания, механизм подачи, измерительный комплекс и систему управления. При исследовании режимов резания образец крепится в динамометре. Ножом, установленным на резцедержателе несущего диска при включенном приводе резания (электродвигатель) и подачи (гидронасос), осуществляется торцевое фрезерование образца и регистрация трех перпендикулярных составляющих силы резания ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ). Результаты измерения касательной силы резания в зависимости от пути резания представлены в табл. 1.

Произвели определение поправочного коэффициента на затупление ножей.

Таблица 1  
Результат измерения касательной силы резания в зависимости от пути резания

Путь резания, м	Касательная составляющая силы резания $F_z$ , Н
0	520
14 500	625
32 000	659
54 500	712
68 000	765
82 000	825

Результаты значений приведены для 4-й точки, в которой производились измерения параметров затупления ножа (табл. 2).

Таблица 2  
Результаты значений радиуса округления, величины касательной силы резания и коэффициента затупления

$\rho^0$ , мкм	7	60	110	230	290	350
$F_z$ , Н	520	625	659	712	765	825
$a_p$	1	1,2	1,267	1,37	1,47	1,586

Построим график зависимости радиуса округления от коэффициента затупления (рис. 10).

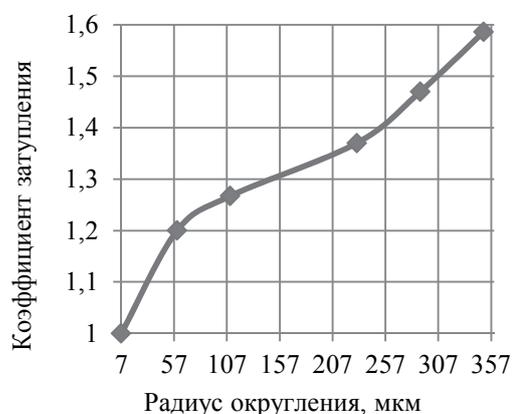


Рис. 10. График зависимости радиуса округления от коэффициента затупления

Из графика видно, что при увеличении радиуса округления коэффициент затупления возрастает. На участке  $\rho = 7-70$  мкм. Наблюдается интенсивный износ, на участке  $\rho = 70-400$  мкм износ происходит монотонно. По полученным значениям  $\rho$  определена зависимость коэффициента затупления от радиуса округления с точностью  $R^2 = 0,97$ :

$$a_p = 0,0013\rho + 1,12. \quad (1)$$

Приращение радиуса округления режущей кромки на 1 м определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{\rho_5 - \rho_0}{L_5}, \quad (2)$$

где  $\rho_5$  – радиус округления для 5 смен, мкм ( $\rho_5 = 350$  мкм);  $\rho_0$  – радиус округления острого ножа, мкм ( $\rho_0 = 7$  мкм);  $L_5$  – путь резания для 5 смен, м ( $L_5 = 82\,000$  м).

Подставив значения в формулу, определим приращение радиуса округления (мкм/м):

$$\varepsilon = \frac{350 - 7}{82\,000} = 0,0042.$$

**Заключение.** Анализ представленных графиков показал, что короткая и длинная режущие кромки изнашиваются по радиусу. Износ короткой режущей кромки приблизительно в 1,5 раза больше, чем длинной, что объясняется тем, что короткая режущая кромка участвует в наиболее

тяжелом виде резания – поперечно-торцевом. Особенностью износа длинной режущей кромки является фаска, возникающая по задней поверхности ножа. На участке  $\rho = 70\text{--}250$  мкм характер роста касательной составляющей силы резания  $F_z$  по мере увеличения радиуса округления режущих кромок близок к монотонному.

Коэффициент, учитывающий рост касательной составляющей силы резания по мере затупления ножей, может быть рассчитан по формуле  $a_p = 0,0013\rho + 1,12$ . Приращение радиуса округления режущих кромок на 1 метре пути резания составило  $\varepsilon = 0,0042$  мкм/м. Данная величина может быть принята для прогнозирования потери режущей способности двухлезвийными ножами ФБС при переработке древесины хвойных пород с получением пилопродукции и технологической щепы.

### Литература

1. Щепы технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–1983. Введ. 01.01.1985. М.: Издательство стандартов, 1983. 12 с.
2. Раповец В. В, Бурносов Н. В. Критерий временной стойкости двухлезвийных резцов фрезерно-брусующих станков в зависимости от требуемого качества продукции // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Междунар. Евраз. симпози., Екатеринбург, 2–5 окт. 2007 г.* / Урал. гос. лесотехн. ун-т; под ред. В. Г. Новоселова. Екатеринбург, 2007. С. 222–225.
3. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1979. 200 с.

### References

1. GOST 15815–1983. Technological chips. Specification. Moscow, Standards Publishing House, 1983. 12 p. (In Russian).
2. Rapovets V. V, Burnosov N. V. Criteria temporary resistance double-blade cutters of chipper canter machines depending on the desired product quality. *Trudy II Mezdunarodnogo Evraziyskogo simposiuma. (Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovaniye, menedzhment XXI veka)* [Proceedings of the II International Evraz. Symposium (Woodworking: technologies, equipment, management of the 21 Century)]. Ekaterinburg, 2007, pp. 222–225.
3. Kryazhev N. A. *Frezerovanie drevesiny* [Milling wood]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1979. 200 p.

### Информация об авторах

**Гриневиц Сергей Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gres410a@ya.ru

**Раповец Вячеслав Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: slavyan\_r@mail.ru

**Алифировец Григорий Васильевич** – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: alifirovez@tut.by

### Information about the authors

**Grinevich Sergey Anatol'yevich** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gres410a@ya.ru

**Rapovets Vyacheslav Valer'yevich** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slavyan\_r@mail.ru

**Alifirovets Grigoriy Vasil'yevich** – graduate student, Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: alifirovez@tut.by

Поступила 20.02.2015