

УДК 674.914:674.338

**И. К. Клепацкий, В. В. Раповец**

Белорусский государственный технологический университет

**ДИНАМИКА ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЗВИЙ  
МАЛОНОЖЕВЫХ ФРЕЗ ПРИ АГРЕГАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

В статье рассмотрена динамика потери режущей способности малоножевых торцово-конических фрез при обработке древесины хвойных пород, ее специфика и проблематика.

Проведены экспериментальные исследования радиуса округления режущей кромки дерево-режущих ножей из легированной стали 40ХВ2С, эксплуатируемых на предприятии ОАО «Борисовский ДОК». Рассмотрены особенности фрезерования малоножевыми торцово-коническими фрезами. Проанализированы и предложены направления по улучшению показателей технологической стойкости дереворежущего инструмента, используемого на малоножевых фрезерно-брусующих станках деревообрабатывающих предприятий.

**Ключевые слова:** износ, динамика, лезвие, нож, агрегатная обработка, стойкость, эксперимент, фрезерно-брусующий станок.

**I. K. Klepatski, V. V. Rapovets**

Belarusian State Technological University

**DYNAMICS OF LOSS OF CUTTING ABILITY OF BLADES  
OF SMALL-CUTTER MILLS OF AGGREGATE PROCESSING OF WOOD**

The article deals with the dynamics of loss of cutting ability by small-blade butt-conical cutters in the processing of coniferous wood, its specificity and problematics.

Experimental studies of the radius of rounding of the cutting edge of wood-cutting knives made of 40HV2S alloy steel, operated at the “Borisovski DOK” enterprise, have been carried out. The features of milling with low-blade face-conical cutters are studied. Studied and proposed directions for improving the indicators of the technological stability of wood-cutting tools used on small-cutter mills of milling-canting machines of woodworking enterprises.

**Key words:** wear, dynamics, blade, knife, aggregate processing, durability, experiment, canter milling machine.

**Введение.** Согласно направлениям развития Республики Беларусь, утвержденным в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 23 февраля 2016 г. № 148, а также государственной программе «Белорусский лес» на 2016–2020 г. в деревообрабатывающем секторе основными вектором совершенствования использования возобновляемых ресурсов является повышение эффективности использования лесного фонда страны.

Действенным мероприятием по повышению эффективности лесопиления является комплексное использование древесного сырья путем переработки бревен с одновременным получением пилопродукции и технологической щепы, отвечающей требованиям действующих стандартов, посредством агрегатного метода [1].

Внедрение агрегатного метода переработки бревен привело к созданию практически безотходной технологии и высокопроизводительного оборудования. Такие методы обработки древесины наиболее технологичны и экономически оправданы. Из тонкомерной древесины (бревен)

целесообразно получать мелкую пилопродукцию, а оставшуюся горбыльную часть перерабатывать на технологическую щепу. На современных рубительных машинах из обзолной части бревен вырабатывают до 90% технологической щепы, пригодной для получения целлюлозы, но щепы от агрегатных установок также пригодна для этих целей почти полностью [2, 3].

Переработка древесины на таком типе оборудования имеет свою особенность – неравномерный износ режущей кромки ножей. Недостаточная изученность данного вопроса требует более углубленного анализа динамики износа лезвия инструмента, что позволит установить рациональные режимы эксплуатации малоножевых фрезерно-брусующих станков и определить рациональные методики увеличения технологической стойкости режущего инструмента.

**Основная часть.** Положительной особенностью малоножевых фрез (рис. 1) является простота их конструкции и сравнительно низкие затраты на подготовку и эксплуатацию режущего инструмента – ножей (рис. 2).

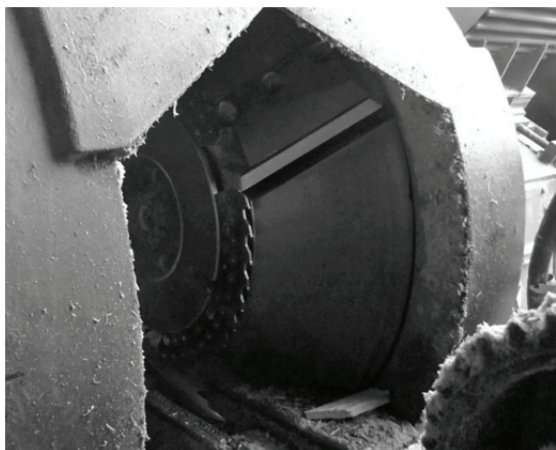


Рис. 1. Малоножевая торцово-коническая фреза фрезерно-брусующего станка



Рис. 2. Режущий инструмент малоножевой торцово-конической фрезы

Анализ конструкций аналогичного назначения позволил выделить следующие недостатки малоножевых торцово-конических фрез: отсутствие возможности получения фигурного бруса; конструкции малоножевых фрез не обеспечивают равномерность нагрузки и снижение максимальных сил резания за цикл обработки, что предъявляет повышенные требования к прочности режущего инструмента, снижает надежность конструкции узлов резания, а также качество технологической щепы. В некоторых случаях на торцах конических или цилиндрических фрез, на одной оси с ними в торцевой части корпуса закрепляют цельные пильные диски или сегменты. Они предварительно до его измельчения отпиливают горбыль. Пилы позволяют улучшить качество поверхности бруса и устранить боковые составляющие сил резания, возникающие при коническом фрезеровании древесины [4, 5].

Фрезерование малоножевыми торцово-коническими фрезами характеризуется тем, что лезвие ножа наклонено к оси вращения под углом  $\varphi_n$ . Переработка выполняется при подаче бревна между парой фрез, расположенных на одной оси вращения и совершающих вращательное движение с частотой  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  (рис. 3) [6, 7].

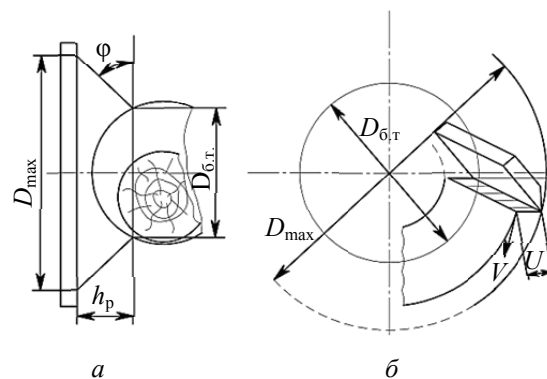


Рис. 3. Параметры фрезерования малоножевыми торцово-коническими фрезами:

$D_{\max}$  – максимальный диаметр обработки;

$D_{\text{б.т}}$  – диаметр базового торца фрезы;

$\varphi$  – угол наклона ножа к оси вращения;  $h_p$  – ширина обработки;  $V$  – направление вектора скорости резания;

$U$  – толщина формируемого элемента щепы

В процессе резания древесины точки на режущей кромке ножа проходят различный путь резания. Это приводит к тому, что затупление кромки ножа носит неравномерный характер (рис. 4) [8].

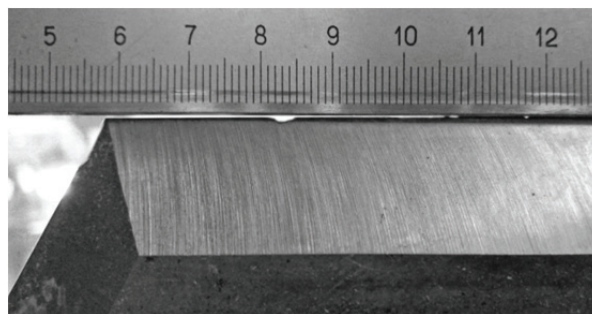


Рис. 4. Наглядный износ длинной кромки ножа после 40 ч эксплуатации

Затупление кромки дереворежущего инструмента является сложным процессом (складывается из механического, теплового, химического, электрохимического и других воздействий) и в качестве одной из особенностей выделяют развитие его в локальных зонах, расположенных у режущей кромки инструмента [9, 10, 11]. Это предопределяет необходимость упрочнения поверхностей режущего инструмента в зонах с активным износом, так как за их границами свойства материала не играют особую роль в затуплении инструмента. С точки зрения экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов упрочняющей обработке следует подвергать только локальную зону или поверхность инструмента, непосредственно участвующую в резании [12].

Для определения динамической интенсивности потери режущей способности ножей ма-

лоножевых торцово-конических фрез на предприятии ОАО «Борисовский ДОК» были проведены экспериментальные исследования на фрезерно-брусующем станке второго ряда LINK V25. Методом слепков определялся радиус округления  $\rho$ , мкм, режущей кромки ножа (рис. 5) с момента заточки (при  $\rho_{\min} = \rho_0$ ), далее после каждой рабочей смены (через 8 ч) до последующей переподготовки инструмента (по прошествии 5 смен или 40 ч, соответственно значения  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ ) [13]. Исследуемый нож изготовлен из легированной стали 40XB2C.

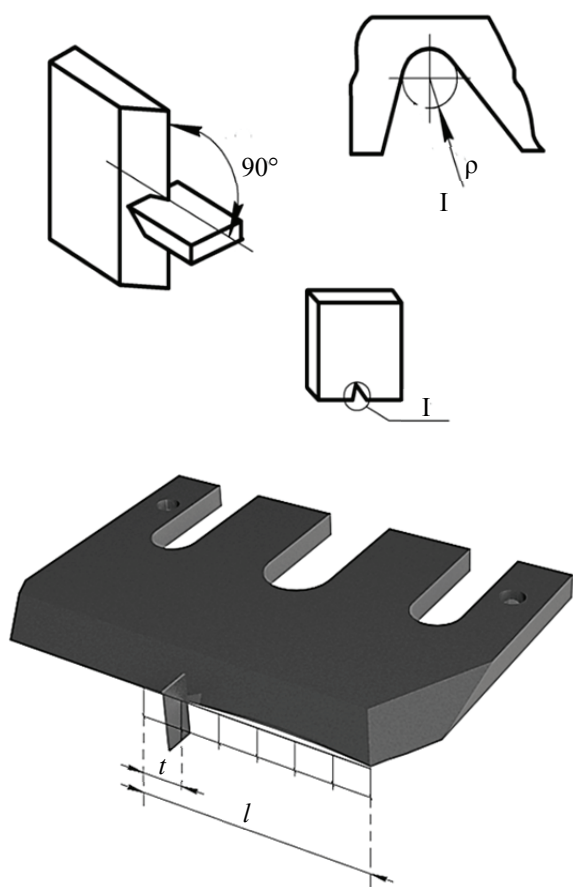


Рис. 5. Метод слепков

Измерения радиуса округления режущей кромки ножа фрезерно-брусующего станка проводились на длине кромки  $l = 72$  мм с шагом  $t = 6$  мм.

Для получения достоверного отпечатка режущий инструмент механически фиксировался, и свинцовая пластинка надвигалась на лезвие по концевым мерам, которые использовались как направляющие. Полученный отпечаток – радиус округления кромки – измерялся на универсальном световом микроскопе МИ-1 производства ОАО «Планар-ТМ» (Беларусь) с программным обеспечением ЗАО «Спектроскопические системы» (рис. 6).

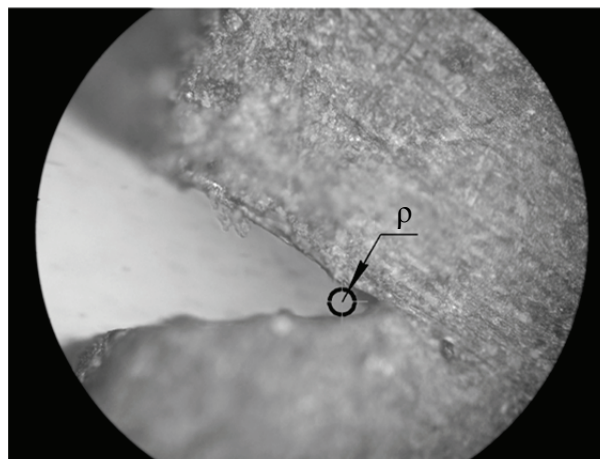


Рис. 6. Фотография свинцового слепка режущей кромки ножа: увеличение 200-кратное,  $\rho = 17$  мкм

Результаты измерения радиуса округления режущей кромки методом слепков после проведенных производственных испытаний показали характер изменения радиуса округления режущей кромки ножа (на примере точки пересечения длинной и короткой режущих кромок ножа) в промежутке времени между переподготовками ножа. Начальный радиус режущей кромки ножа составил  $\rho_0 = 17$  мкм, конечный  $\rho_5 = 156$  мкм (рис. 7).

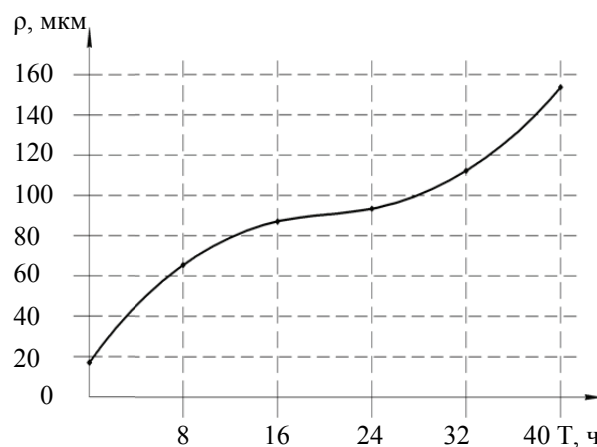


Рис. 7. Характер изменения радиуса округления режущей кромки ножа

Характер прироста радиуса округления резца близок к теоретической закономерности кривой износа лезвий ножей, показанной в литературе [14, 15].

Проекция профиля реальной режущей кромки ножа после 40-часовой работы (обработано  $2132,5 \text{ м}^3$  древесины хвойных пород: 93% – сосна, 7% – ель, влажность древесины 78%, частота вращения фрез  $1090 \text{ мин}^{-1}$ , скорость подачи  $25 \text{ м/мин}$ ) с указанием радиусов округления по двум режущим кромкам представлена на рис. 8.

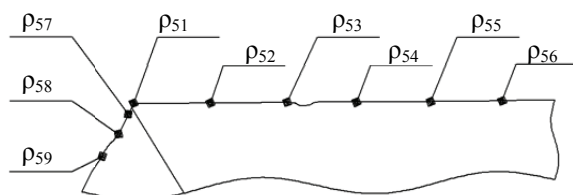


Рис. 8. Характер изменения радиуса округления режущей кромки ножа:

$\rho_{51} = 148$  мкм;  $\rho_{52} = 156$  мкм;  $\rho_{53} = 136$  мкм;  
 $\rho_{54} = 94$  мкм;  $\rho_{55} = 66$  мкм;  $\rho_{56} = 40$  мкм;  
 $\rho_{57} = 178$  мкм;  $\rho_{58} = 164$  мкм;  $\rho_{59} = 112$  мкм

Дугообразный профиль на участке между  $\rho_{53}$  и  $\rho_{54}$  свидетельствует о попадании в рабочую зону ножа твердого включения (металлического или иного происхождения, значительно

превосходящего твердость древесины), что привело к аварийному износу режущей кромки.

**Заключение.** Полученные экспериментальные данные значений радиусов округления позволили графически отобразить динамику износа лезвий ножей фрез малоножевого фрезерно-брусующего оборудования. Неравномерный характер механического диспергирования поверхностей ножа из легированной стали 40ХВ2С указывает на необходимость совершенствования конструкции ножа путем применения локальной упрочняющей обработки, модификации участков поверхностей износостойкими тугоплавкими соединениями или разработки составных и сборных конструкций ножей со сменными участками из материалов повышенной износостойкости.

### Литература

1. Щепа технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. Введ. 01.01.85. М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1983. 12 с.
2. Раповец В. В., Гриневиц С. А., Бурносов Н. В. Конструкция и расчеты фрезерно-брусующих станков. Минск: БГТУ, 2015. 82 с.
3. Кучеров И. К., Пашков В. К. Станки и инструменты лесопильно-деревообрабатывающего производства. М.: Лесная пром-сть, 1970. 560 с.
4. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1979. 200 с.
5. Боровиков Е. М., Фефилов В. В., Шестаков Л. А. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная пром-сть, 1985. 216 с.
6. Таратин В. В., Фефилов Л. А., Боричев Ю. А. Совершенствование малоножевых торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования // Межвузовский сборник научных трудов СПбЛТА. Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. СПб., 1993. С. 93–97.
7. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 264 с.
8. Раповец В. В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат: дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2011. 206 с.
9. Клепацкий И. К. Эффективные методы повышения технологической стойкости ножей для агрегатной переработки древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 1 (204). С. 190–195.
10. Зотов Г. А., Памфилов Е. А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М.: Экология, 1991. 304 с.
11. Петренко М. Н. Повышение стойкости дереворежущего инструмента технологическими методами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Химки, 1984. 18 с.
12. Повышение эксплуатационных свойств дереворежущих ножей комбинированным методом нанесения вакуумных упрочняющих покрытий и магнитно-импульсной обработки / А. В. Алифанов [и др.] // Литье и металлургия. 2014. № 2. С. 95–100.
13. Глебов И. Т., Абдулов А. Р. Оборудование отрасли: исследование микрогеометрии режущих кромок лезвий. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 9 с.
14. Партон В. З. Механика разрушения. М.: Наука, 1990. 240 с.
15. Пижурин А. А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 2004. 376 с.

### References

1. GOST 15815–83. Wood chips. Technical conditions. Moscow, State Committee of the USSR on standards, Standart publishing house Publ., 1983. 12 p. (In Russian).
2. Rapovets V. V., Grinevich S. A., Burnosov N. V. *Konstruktsiya i raschety frezerno-brusuyushchikh stankov* [Construction and calculations of chipper cutter machines]. Minsk, BSTU Publ., 2015. 82 p.
3. Kucherov I. K., Pashkov V. K. *Stanki i instrumenty lesopil'no-derevoobrabatyvayushchego proizvodstva* [Machine tools and sawmill-woodworking production]. Moscow, Lesn. prom-st' Publ., 1970. 560 p.

4. Kryazhev N. A. *Frezerovaniye drevesyiny* [Wood milling]. Moscow, Lesn. prom-st' Publ., 1979. 200 p.
5. Borovikov E. M., Fefilov L. A., Shestakov V. V. *Lesopileniye na agregatnom oborudovanii* [Sawmilling on aggregate equipment]. Moscow, Lesn. prom-st' Publ., 1985. 216 p.
6. Taratin V. V., Fefilov L. A., Borichev Yu. A. Improvement of low-blade butt-and-conic cutters of aggregate sawing equipment. *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov SPbLTA. Stanki i instrumenty* [Interuniversity collection of scientific works of SPbLTA. Woodworking machinery and tools]. St. Peterburg, 1993. 93–97 p. (In Russian).
7. Nikishov V. D. *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesyiny* [Complex use of wood]. Moscow, Lesn. prom-st' Publ., 1985. 264 p.
8. Rapovets V. V. *Kompleksnaya obrabotka drevesyiny frezami so spiral'nym raspolozheniyem sbornnykh dvukhlezyvnykh nozhey, obespechivayushchaya kachestvo produktsii i snizheniye energozatrat: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Complex processing of wood with mills with a spiral arrangement of prefabricated two-blade knives, ensuring product quality and reducing energy costs. Diss. PhD (Engineering)]. Minsk, 2011. 206 p.
9. Klepatskiy I. K. Effective methods for improving the technological stability of knives for aggregate wood processing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], Issue 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, 2018, no. 1 (204), pp. 190–195 (In Russian).
10. Zotov G. A., Pamfilov Ye. A. *Povysheniye stoykosti derevorezhushchego instrumenta* [Enhancing the durability of wood-cutting tools]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 384 p.
11. Petrenko M. N. *Povysheniye stoykosti derevorezhushchego instrumenta tekhnologicheskimi metodami: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Increasing the durability of wood-cutting tools by technological methods. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Khimki, 1984. 18 p.
12. Alifanov A. V., Demyanchik A. S., Lyah A. A., Milukova A. M. Improving the performance properties of wood-cutting knives by the combined method of applying vacuum hardening coatings and magnetic-pulse processing. *Lit'ye i metallurgiya* [Casting and metallurgy], 2014, no. 2, pp. 95–100 (In Russian).
13. Glebov I. T., Abdulov A. R. *Oborudovaniye otrasli: issledovaniye mikrogeometrii rezhushchikh kromok lezviy* [Equipment of the industry: investigation of microgeometry of cutting edges of blades]. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2013. 9 p.
14. Parton V. Z. *Mekhanika razrusheniya* [Fracture mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 240 p.
15. Pizhurin A. A. *Modelirovaniye i optimizatsiya protsessov derevoobrabotki* [Modeling and optimization of woodworking processes]. Moscow, Lesn. prom-st' Publ., 2004. 375 p.

#### Информация об авторах

**Клепацкий Игорь Казимирович** – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lucky-35@mail.ru.

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

#### Information about the authors

**Klepatski Ihar Kazimirovich** – PhD student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lucky-35@mail.ru.

**Rapovets Vyacheslav Valeryevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slavyan\_r@mail.ru.

Поступила 11.03.2019