

УДК 674.914:674.338

И. К. Клепацкий, В. В. Раповец

Белорусский государственный технологический университет

**ВЛИЯНИЕ ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЗВИЯ НОЖА
ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩЕГО СТАНКА НА КАЧЕСТВО ТОРЦЕВОГО
СРЕЗА ЭЛЕМЕНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ**

Эффективность измельчения круглого древесного сырья зависит от различных факторов, в частности – от износа ножей перерабатывающего оборудования. Износ ножей был определен в ходе долгосрочного исследования, проведенного на лесопильном заводе по переработке древесного сырья ОАО «Борисовский ДОК». Высокое качество древесной щепы позволяет получать целлюлозу высокого и однородного качества, в то время как низкое качество древесной щепы приводит к низкокачественной целлюлозе или даже к дорогостоящим производственным негативным последствиям.

Прямое изучение физического состояния исследуемых проб технологической щепы (микрофотографии торцевого среза) непосредственно свидетельствует о динамическом процессе потери технологической стойкости режущими кромками ножа. Также стоит учесть, что результат исследования может быть принят как эмпирическая модель. Допускаемые к реализации дополнительных исследований эмпирические модели должны в высокой степени охарактеризовать отслеживаемые параметры, а также подходить для прогнозирования выходных технологических параметров.

Данная статья предоставляет возможность непосредственной оценки влияния состояния режущих кромок лезвия ножа на геометрию микроструктуры элемента технологической щепы при фрезеровании древесины сосны малоножевыми торцово-коническими фрезами.

Ключевые слова: технологическая щепка, резание, нож, агрегатная обработка, стойкость, качество, фрезерно-брусующий станок.

Для цитирования: Клепацкий И. К., Раповец В. В. Влияние потери режущей способности лезвия ножа фрезерно-брусующего станка на качество торцевого среза элемента технологической щепы // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. №2 (258). С. 173–177.

I. K. Klepatski, V. V. Rapovets

Belarusian State Technological University

**INFLUENCE OF THE LOSS OF THE CUTTING ABILITY OF THE KNIFE
OF THE MILLING-CUTTER MACHINE ON THE QUALITY OF THE END CUT
OF THE ELEMENT OF TECHNOLOGICAL CHIPS**

The efficiency of grinding round wood raw materials depends on various factors, in particular, on the wear of the knives of the processing equipment. The wear of knives was determined in the course of a long-term study conducted at the sawmill for the processing of wood raw materials of OJSC Borisovskiy DOK. High quality wood chips result in a high and uniform quality pulp, while low quality wood chips result in poor quality pulp or even costly production downsides.

Direct study of the physical state of the studied samples of technological chips (microphotographs of the end cut) directly indicates the dynamic process of loss of technological resistance by the cutting edges of the knife. It is also worth taking into account that the result of the study can be taken as an empirical model. Empirical models allowed for the implementation of additional studies should characterize the monitored parameters to a high degree, and also be suitable for predicting output technological parameters.

This article provides an opportunity to directly assess the effect of the state of the cutting ability of a knife blade on the geometry of the microstructure of an element of technological chips during milling of pine wood with small-blade face-conical cutters.

Key words: technological chips, cutting, knife, aggregate processing, durability, quality, chipper-canter.

For citation: Klepatski I. K., Rapovets V. V. Influence of the loss of the cutting ability of the knife of the milling-cutter machine on the quality of the end cut of the element of technological chips. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258) pp. 173–177 (In Russian).

Введение. При комплексном подходе к переработке сырья на деревоперерабатывающих предприятиях необходимо включать в технологический процесс применение максимального объема древесных ресурсов, не исключая и отходы от основных этапов обработки. Проведенные исследования показали, что полное использование древесного материала напрямую связано с созданием экологических и безотходных производств [1–4]. Важным направлением использования круглого леса является технологическая щепка, которая имеет подходящее качество для переработки с применением варочных котлов и т. п., независимо от времени года, погодных условий и изменений в составе исходного сырья [5, 6]. Качество технологической щепки имеет первостепенное значение как для выхода полуфабриката при химическом производстве целлюлозы, так и для последующих этапов процесса [7, 8].

Основная часть. Промышленные испытания проводились на экспериментальной партии ножей из стали 6ХС, на фрезерно-брусующей линии LINK V25 фрезерно-брусующего станка LINK VS22 (ОАО «Борисовский ДОК», РБ), был получен ряд данных по динамике технологической стойкости лезвия ножа от объема переработанной древесины сосны [9]. Агрегатная линия позволяет попутно получать профилированный брус из сердцевинной зоны бревна и технологическую щепу из обалола. Исходные данные проведенных экспериментальных исследований были следующими: объем обработанной древесины хвойных пород составил 2100 м³ и по составу 95% сосна, 5% ель, частота вращения малоножевых фрез 1090 мин⁻¹, скорость подачи 25 м/мин, время работы ножей без переточки 40 ч (5 рабочих смен). Производственные этапы переработки кругляка с получением технологической щепки представлены на рис. 1.

Цепной транспортер 1 подает окоренное бревно на фрезерно-брусующий узел перво-

го прохода 2, который служит для получения 2-кантного бруса и технологической щепы. Далее цепной транспортер 3 подает 2-кантный брус во фрезерно-брусующий узел второго прохода 4, который используется для получения 4-кантного бруса и технологической щепы. После этого цепной транспортер 5 перемещает брус в профилирующий агрегат 6, предназначенный для увеличения объемного выхода пиломатериалов из пиловочного сырья. Последняя операция происходит после загрузки цепным транспортером 7 пиломатериала в пильный агрегат 8, результатом переработки которого является обрезная доска.

Обе малоножевые сборные торцово-конические фрезы фрезерно-брусующего станка второго прохода (левая и правая, рис. 1 поз. 4) были оснащены тремя сборными модифицированными ножами [10] со следующими геометрическими параметрами: угол заточки длинного лезвия 36°, угол наклона кромки короткого лезвия 36°, угол наклона кромки длинного лезвия ножа +30°, угол наклона кромки короткого лезвия ножа 0°. Сборные ножи были переподготовлены следующим образом: радиус заточки режущих кромок составил 4–6 мкм; ножи установлены с необходимым смещением в корпусе фрезы с использованием специального шаблона и набора концевых мер.

С целью исследования качества торцевого среза щепы [11–13] в зависимости от состояния режущей кромки дереворежущего фрезерного инструмента были собраны образцы щепы из 5 смен работы инструмента. Для проведения работ на микроскопе были отобраны образцы элементов щепы, строго соответствующие ГОСТ 15815–83 [14], линейные размеры контролировались штангенциркулем с точностью ±0,1 мм. На рис. 2 представлена зависимость радиуса округления режущей кромки r , мкм, от пройденного суммарного пути резания $\sum l$, м.

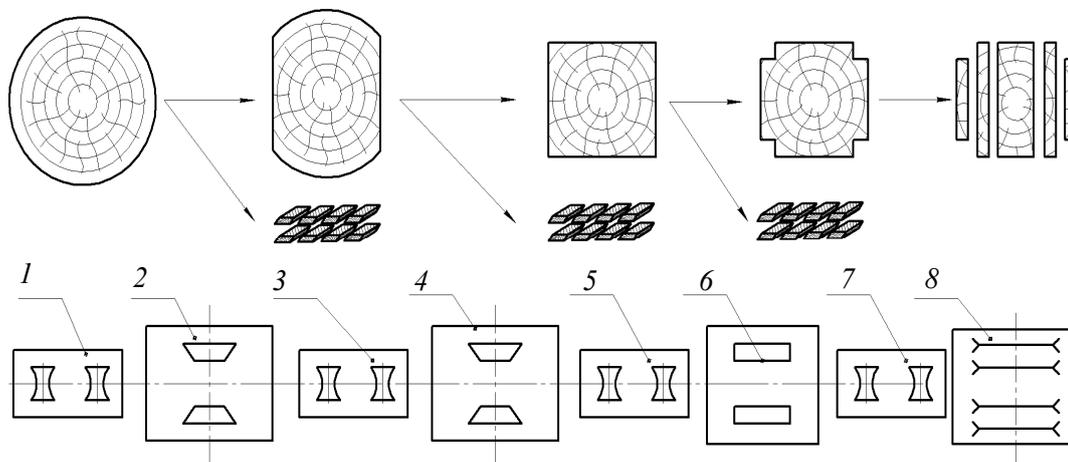


Рис. 1. Технологическая схема получения щепы на фрезерно-брусующей линии LINK V25

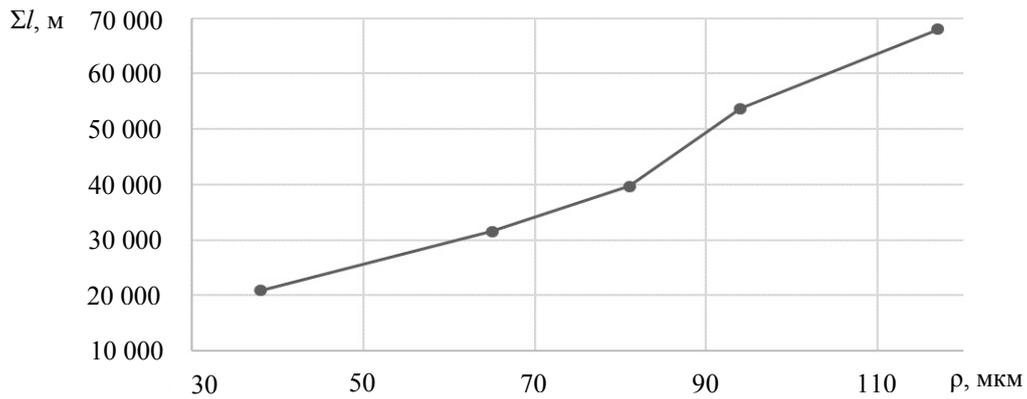


Рис. 2. Зависимость радиуса округления режущей кромки ρ , мкм, от пройденного суммарного пути резания Σl , м

Фотографии состояния образцов торца элементов технологической щепы в зависимости

от радиуса округления режущей кромки представлены на рис. 3–7.

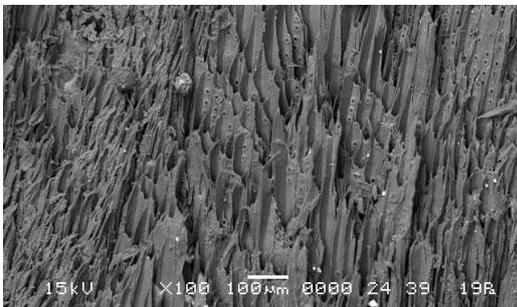


Рис. 3. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 38$ мкм)



Рис. 5. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 81$ мкм)

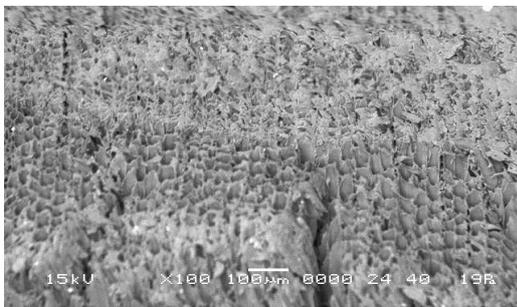


Рис. 4. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 65$ мкм)

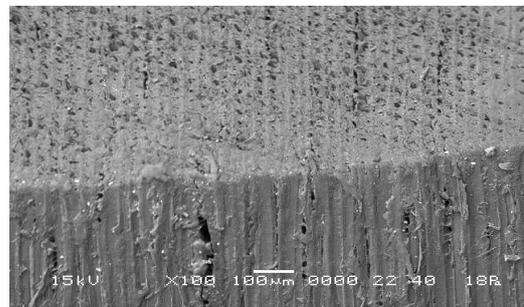


Рис. 6. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 94$ мкм)

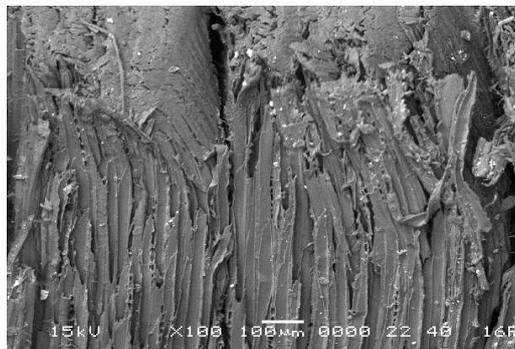


Рис. 7. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 117$ мкм)

На представленных фотографиях показано, что радиус округления режущей кромки ножа во многом определяет качество торцевого среза элемента технологической щепы. С увеличением радиуса округления режущей кромки ножа структура среза торца щепы становится более заглаженной (закрытой), и при достижении критического ее значения торцевой срез получается полностью закрыт.

Заключение. Необратимость динамического процесса потери режущей способности [15] ножей приводит ко множеству негативных последствий, таких как увеличение сил резания и мощности, потребляемой на переработку древесного сырья, потеря потребительских качеств получаемой пилопродукции.

Технологическая щепка как полуфабрикат для большинства производств должна соответствовать определенным требованиям, предъяв-

ляемым к ней конечным переработчиком. Наиболее существенное влияние на выходные характеристики получаемой продукции, производимой из щепы, оказывают качество ее среза и геометрические размеры. Согласно ГОСТ 15815, торцы щепы должны быть без мятых кромок. В рамках данного исследования была возможность визуально оценить (рис. 3–7), какое влияние оказывает изменение радиуса округления режущей кромки на качество технологической щепы.

Повышение производительности фрезерного инструмента и улучшение качества производимой пилопродукции связано с совершенствованием его конструкции, оптимизацией режимов фрезерования, повышением износостойкости ножей и созданием новых современных методов контроля качества.

Список литературы

1. Коробов В. В. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии). М.: Экология, 1991. 288 с.
2. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 246 с.
3. Федоренчик А. С. Технология и оборудование комплексного использования древесины. Минск: БГТУ, 2003. 134 с.
4. Rezaei H., Lim C. Size, shape and flow characterization of ground wood chip and ground wood pellet particles // Powder Technology. 2016. Vol. 301. P. 137–146.
5. Kuptz D., Hartmann H. Influence of tree species and machine settings on chip quality and specific energy consumption of a stationary drum chipper // Biomass and Bioenergy. 2021. Vol. 155. P. 296–305.
6. Facello A., Cavallo E. The effect of knife wear on chip quality and processing cost of chestnut and locust fuel wood // Biomass and Bioenergy. 2013. Vol. 59. P. 468–476.
7. Ding F. Wood chip physical quality definition and measurement // Pulp and Paper Canada. 2005. Vol. 106. P. 23–32.
8. Timmerfors J. The impact of using different wood qualities and wood species on chips produced using a novel type of pilot drum chipper // Nordic Pulp & Paper Research. 2021. Vol. 36. P. 214–226.
9. Клепацкий И. К., Раповец В. В. Динамика потери режущей способности лезвий малоножевых фрез при агрегатной переработке древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2019. № 2. С. 298–303.
10. Сборный нож для деревообработки: патент ВУ 12435 / И. К. Клепацкий, В. В. Раповец. Оpubл. 24.01.2020.
11. 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 л.
12. Spinelli R., Eliasson L. Increasing wood fuel processing efficiency by fine-tuning chipper settings // Fuel Processing Technology. 2016. Vol. 151. P. 126–130.
13. Spinelli R., Glushkov S. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 62. P. 117–122.
14. Щепка технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. М.: Изд-во стандартов, 1983. 14 с.
15. Lev J., Křepčík V. Electrical Capacitance Characteristics of Wood Chips at Low Frequency Ranges: A Cheap Tool for Quality Assessment // Sensors. 2021. Vol. 21. P. 17–21.

References

1. Korobov V. V. *Pererabotka nizkokachestvennogo syr'ya (problemy bezotkhodnoy tekhnologii)* [Processing of low-quality raw materials (problems of non-waste technology)]. Moscow, Ecology Publ., 1991. 288 p. (In Russian).
2. Nikishov V. D. *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny* [Comprehensive use of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985. 246 p. (In Russian).

3. Fedorenchik A. S. *Tekhnologiya i oborudovaniye kompleksnogo ispol'zovaniya drevesiny* [Technology and equipment for the integrated use of wood]. Minsk, BGTU Publ., 2003. 134 p. (In Russian).
4. Rezaei H., Lim C. Size, shape and flow characterization of ground wood chip and ground wood pellet particles. *Powder Technology*, 2016, vol. 301, pp. 137–146.
5. Kuptz D., Hartmann H. Influence of tree species and machine settings on chip quality and specific energy consumption of a stationary drum chipper. *Biomass and Bioenergy*, 2021, vol. 155, pp. 296–305.
6. Facelloa A., Cavalloa E. The effect of knife wear on chip quality and processing cost of chestnut and locust fuel wood. *Biomass and Bioenergy*, 2013, vol. 59, pp. 468–476.
7. Ding F. Wood chip physical quality definition and measurement. *Pulp and Paper Canada*, 2005, vol. 106, pp. 23–32.
8. Timmerfors J. The impact of using different wood qualities and wood species on chips produced using a novel type of pilot drum chipper. *Nordic Pulp & Paper Research*, 2021, vol. 36, pp. 214–226.
9. Klepatskiy I. K., Rapovets V. V. Dynamics of the loss of the cutting ability of the blades of small-knife cutters during the aggregate processing of wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2019, no. 2, pp. 298–303 (In Russian).
10. Klepatskiy I. K., Rapovets V. V. Combined knife for woodworking. Patent BY 12435, 2020 (In Russian).
11. Rapovets V. V. *Kompleksnaya obrabotka drevesiny frezami so spiral'nym raspolozheniyem sbornykh dvukhlezviyuykh nozhey, obespechivayushchaya kachestvo produktsii i snizheniye energozatrat. Dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk* [Complex processing of wood with cutters with a spiral arrangement of prefabricated two-blade knives, ensuring product quality and reducing energy costs. Dissertation Phd (Engineering)]. Minsk, 2011. 206 p. (In Russian).
12. Spinelli R., Eliasson L. Increasing wood fuel processing efficiency by fine-tuning chipper settings. *Fuel Processing Technology*, 2016, vol. 151, pp. 126–130.
13. Spinelli R., Glushkov S. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost. *Biomass and Bioenergy*, 2014, vol. 62, pp. 117–122.
14. GOST 15815-83. Technological chips. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1983. 14 p. (In Russian).
15. Lev J., Křepčík V. Electrical Capacitance Characteristics of Wood Chips at Low Frequency Ranges: A Cheap Tool for Quality Assessment. *Sensors*, 2021, vol. 21, pp. 17–21.

Информация об авторах

Клепашкий Игорь Казимирович – ассистент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники. 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 Kazimiravich – assistant lecturers, the Department of Automation of Industrial Processes and Electrical Engineering. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lucky-35@mail.ru

Rapovets Vyacheslav Valer'yevich – 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 10.03.2022