

УДК 674.05:621.9

**В. Г. Новоселов, Т. В. Полякова, И. Т. Рогожникова**

Уральский государственный лесотехнический университет (Российская Федерация)

**НОРМИРОВАНИЕ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ФРЕЗ  
ПО ПАРАМЕТРАМ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ**

В статье рассмотрено влияние степени износа лезвий режущего инструмента на качество обработки: точность и шероховатость поверхности при продольном фрезеровании древесины. Приведены соответствующие расчетные формулы по определению изменения положения поверхности обработки и ее шероховатости в зависимости от величины радиуса округления режущей кромки лезвия инструмента. Найдены величины средних наработок до отказа технологической системы по критериям качества продукции “точность обработки” и “шероховатость поверхности” как раздельно, так и по их совокупному влиянию. Показано, что средняя наработка до отказа значительно меньше рекомендуемого периода стойкости режущего инструмента и зависит от режимов обработки: толщины срезаемого слоя, скорости резания, а также от допуска на размер детали и рекомендуемой шероховатости поверхности в зависимости от дальнейшего использования. Рекомендовано при нормировании периода стойкости дереворежущих фрез учитывать все существенные факторы, влияющие на величину наработки до отказа по качественным критериям изделия. Данная методика определения периода стойкости может быть использована при расчетах в случае жестких требований по точности и шероховатости обработки деталей.

**Ключевые слова:** дереворежущие фрезы, период стойкости, качество, точность, шероховатость, наработка до отказа, фрезерование, инструмент, древесина.

**V. G. Novoselov, T. V. Polyakova, I. T. Rogozhnikova**

Ural State Forest Engineering University (Russian Federation)

**RATIONING OF THE PERIOD OF FIRMNESS OF WOODCUTTING MILLS IN  
PARAMETERS OF QUALITY OF PROCESSING OF PRODUCTS**

In article, influence of degree of wear of edges of the cutting tool on quality of processing is considered: accuracy and roughness of a surface at longitudinal milling of wood. The corresponding formulas by definition of change of position of a surface of processing and its roughness depending on the size of radius of rounding of the cutting tool edge are given. Sizes of mean operating time to failure technological system by criteria of quality of production “the processing accuracy” and “a surface roughness” both separately, and in total are determined. It is shown that mean operating time to failure to the full is much less, than recommended period of firmness of the cutting tool and depends on the processing modes: thickness of the cut-off layer, cutting speed, and also the admission on the size of a detail and recommended to a surface roughness depending on further use. It is recommended when rationing the period of firmness of woodcutting mills to consider all essential factors influencing size mean operating time to failure by criteria of quality of a product. This technique of definition of the period of firmness can be used at calculations in case of strict requirements for the accuracy and a roughness of processing of details.

**Key words:** woodcutting mills, firmness period, quality, accuracy, roughness, operating time to refusal, milling, tool, wood.

**Введение.** Период стойкости режущего инструмента является важнейшим эксплуатационным показателем, влияющим на технико-экономическую эффективность производства. Он определяет расход инструмента, затраты на его подготовку и обслуживание, а также – качество обработки деталей. В современной технической литературе период стойкости дереворежущего инструмента назначается в зависимости от износостойкости его режущей части и свойств материала обрабатываемой детали [1, 2]. Он устанавливается без учета величины припуска (толщины срезаемого слоя), скорости

резания, допускаемого отклонения размеров обработанной детали и шероховатости получаемой поверхности. Например, стальным ножом цилиндрических сборных фрез для фрезерования массивной древесины период стойкости назначается от 8,0 до 10,4 ч. Это приводит к отклонению показателей качества продукции от установленных требований, к снижению производительности на финишных операциях калибрования и отделки [3]. Нормирование периода стойкости режущего инструмента в соответствии с требованиями к качеству обработки является актуальной задачей.

**Основная часть.** Для изделий из древесины и древесных материалов, получаемых различными видами обработки, ГОСТ 7016-82 [4] определяет две группы требований к качеству изделий: требования по состоянию исходного материала (наличие пороков, влажность древесины) и требования по качеству обработки (геометрическая точность размеров и формы изделия и шероховатость обработанной поверхности). В процессе механической обработки древесины происходит изнашивание режущего инструмента, которое определяется постепенным изменением начальной микрогеометрии реза, образованной в процессе заточки. Изнашивание может быть разных видов: механическое, абразивное, тепловое, окислительное, электрохимическое (коррозия), электрическое (эрозия). Происходит изменение структуры металла, которое приводит к уменьшению его прочности и твердости. Лезвие режущего инструмента затупляется, т. е. изменяется начальная микрогеометрия реза, за счет выкрашивания и сминания режущих кромок и стирания тех участков, которые соприкасаются древесиной.

Во время работы реза от его тела в зоне как передней, так и задней грани, отрываются частицы металла, в результате чего поперечное сечение реза плоскостью нормальной к режущей кромке представляет собой клин с округленной вершиной и изношенными до той или иной степени задней и передней гранями.

В процессе фрезерования деревянных заготовок в результате монотонного изнашивания, затупления лезвия радиус вписанной окружности увеличивается, а ее центр перемещается по биссектрисе угла заточки. Соответственно смещается и поверхность обработки. При превышении предельного значения смещения поверхности обработки наступает отказ технологической системы по параметру «точность». Нарботка до данного отказа определяется по формуле [5]

$$T_{1T} \approx \frac{16,7 \cdot d}{\gamma_{\Delta} \cdot n \cdot l \cdot (e - \varepsilon_0)}, \quad (1)$$

где  $d$  – величина допускаемого смещения поверхности обработки;  $\gamma_{\Delta}$  – интенсивность изнашивания лезвия – величина затупления режущей кромки (мкм/м);  $n$  – частота вращения инструмента ( $\text{мин}^{-1}$ );  $l$  – длина дуги контакта лезвия с древесиной за время срезания одной стружки (мм);  $\varepsilon_0$  – относительная остаточная деформация под поверхностью резания;  $e$  – вспомогательная величина:

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta / 2)}{\sin(\beta / 2)}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – задний угол лезвия;  $\beta$  – угол заточки лезвия.

В результате изнашивания инструмента и увеличения радиуса закругления режущей кромки изменяется и характер разрушения древесины: при остром лезвии инструмента (радиус закругления режущей кромки  $\rho_0$ ) происходит перерезание волокон древесины с минимальными неровностями разрушения, мшистостью и ворсистостью получаемой поверхности, с высотами микронеровностей  $R_0$ ; затупленное лезвие сминает и разрывает волокна, что приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности. Опытные данные Н. А. Кряжева [6] показывают, что шероховатость обработанной поверхности древесины существенно зависит от радиуса закругления режущей кромки лезвия инструмента. Она достаточно хорошо описывается экспонентой

$$R(\rho) = R_0 \cdot e^{k\rho}, \quad (3)$$

где  $R_0$  – параметр шероховатости поверхности, обработанной остро заточенным лезвием режущего инструмента (мкм);  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Шероховатость является одним из главных показателей качества деталей из древесины, определяющим основные эксплуатационные свойства – эстетические: отражающую и поглощающую способность, конструктивно-технологические: адгезию к лакокрасочным покрытиям и клеевым составам, прочность клеевого соединения при скалывании и технико-экономические: трудоемкость операции отделки и расход лакокрасочных материалов. ГОСТ 8242-88 [7] дает рекомендуемые предельные значения параметров шероховатости поверхности, получаемых продольным фрезерованием профильных деталей  $R_{\text{lim}}$ . При превышении предельного значения шероховатости поверхности обработки наступает отказ технологической системы по параметру «шероховатость». Нарботка до данного отказа определяется по формуле [8]

$$T_{1Ш} = \frac{16,7}{k \cdot \gamma_{\Delta} \cdot n \cdot l} \ln \frac{R_{\text{lim}}}{R_0}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $h$  – толщина срезаемого слоя;  $D_p$  – диаметр окружности резания.

Учитывая независимость обоих видов отказов, можно определить среднюю наработку до отказа по обоим критериям качества

$$T_1 = \frac{T_{1T} \cdot T_{1Ш}}{T_{1T} + T_{1Ш}}. \quad (5)$$

Результаты расчетов средней наработки до отказа по формулам (1), (4), (5) для станков с двухсторонней обработкой под прозрачную ( $R_{m\max} = 80$  мкм) и непрозрачную ( $R_{m\max} = 200$  мкм) отделку при интенсивности изнашивания лезвия инструмента  $\gamma_{\Delta} = 0,001$  мкм/м (инструментальные стали DS, 8Х6НФТ), заднем угле  $\alpha = 20^\circ$ , угле заточки  $\beta = 60^\circ$ , частоте вращения фрезы  $n = 6000$  мин<sup>-1</sup>, диаметре окружности резания  $D_p = 130$  мм, толщине срезаемого слоя  $\Pi = 2,5$  мм, порода – сосна приведены в таблице.

**Средняя наработка до отказа по критериям качества обработки, ч.**

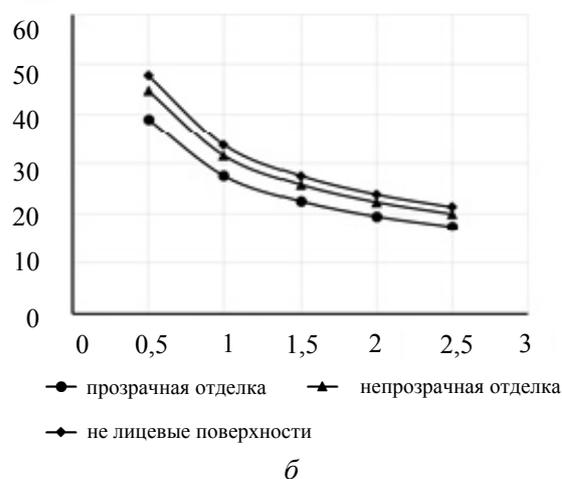
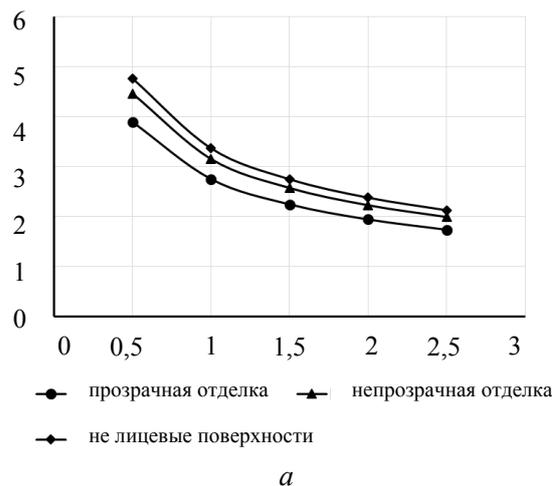
Средняя наработка до отказа под прозрачную отделку $T_1$	1,75
Средняя наработка до отказа под непрозрачную отделку $T_1$	2,00

Как видно из данных таблицы, средняя наработка до отказа по совокупным критериям качества обработки значительно ниже рекомендуемого периода стойкости. Это значит, что большую часть времени работы без подналадки станка изделия будут иметь отклонения размеров, превышающие допустимые значения, а без правки или заточки лезвий инструмента значительную часть установленного периода стойкости инструмента изделия будут не соответствовать требованиям по шероховатости поверхности. Причем эта часть существенно зависит от допустимых значений высот микронеровностей  $R_{m\max}$ .

Очевидно, что наработка до отказа будет также зависеть и от таких факторов, как толщина срезаемого слоя древесины и интенсивность изнашивания лезвий. Графики этих зависимостей, приведенные на рисунке, показывают, что наработка до отказа по критериям качества существенно зависит как от режимных факторов, так и от износостойкости материала лезвий инструмента, и может отличаться для одного и того же материала в несколько раз, а для различных материалов – в несколько десятков раз.

### Литература

1. Справочное пособие по деревообработке // В. В. Кислый [и др.]. Екатеринбург: БРИЗ, 1995. 558 с.
2. Глебов И. Т., Неустроев Д. В. Справочник по дереворежущему инструменту. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 253 с.
3. Попов Ю. П. Расчет оптимальных режимов работы шлифовальных станков // Деревообрабатывающая промышленность. № 4. 1965. С. 12–14.
4. Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности: ГОСТ 7016-82. М.: Изд-во стандартов, 1983. 5 с.
5. Полякова Т. В., Новоселов В. Г. Гамма-процентный период стойкости дереворежущего инструмента по критерию «точность обработки» // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–6. С. 1257–1261.



Зависимости средней наработки до отказа по критериям качества (ч) от толщины срезаемого слоя (мм) для лезвий из инструментальных сталей типа 8Х6НФТ, DS (а) и из твердого сплава ВК15 (б)

**Заключение.** Период стойкости дереворежущих фрез должен нормироваться не только с учетом материала лезвий и вида (породы) обрабатываемого материала, но и, обязательно, с учетом таких факторов режима обработки, как толщина срезаемого слоя, угловые параметры лезвия, скорость (частота вращения) фрезы, а также требований к точности размеров и шероховатости поверхности изделий.

6. Кряжев Н. А. Цилиндрическое и коническое фрезерование древесины. М.: Гослесбумиздат, 1963. 184 с.
7. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. Технические условия: ГОСТ 8242-88. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 9 с.
8. Рогожникова И. Т., Новоселов В. Г. Гамма-процентный период стойкости фрезерных ножей по критерию «шероховатость обработанной поверхности» // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX международного евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 23–25 сент. 2014 г. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2014. С. 198–202.

### References

1. Kislyy V. V., Shcheglov N. N., Bratenkov Yu. I., Smolyakova V. I., Tkachenko A. V., Farenjuk I. O., Shvedov N. V. *Spravochnoe posobie po derevoobrabotke* [The handbook on a woodworking]. Ekaterinburg, Briz Publ., 1995. 558 p.
2. Glebov I. T., Neustroyev D. V. *Spravochnik po derevorezhushchemu instrumentu* [Reference book on the woodcutting tool]. Ekaterinburg, Ural gos. lesotetekh. akad. Publ., 2000. 253 p.
3. Popov Yu. P. The calculation of the optimal operating modes of grinders. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking industry], 1965, no. 4, pp. 12–14 (In Russian).
4. GOST 7016-82. Products from wood and wood materials. Surface roughness parameters. Moscow, Izd-vo standartov Publ., 1983. 5 p. (In Russian).
5. Polyakova T. V., Novoselov V. G. The gamma percent period of firmness of the woodcutting tool by criterion “the processing accuracy”. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental researches], 2014, no. 11–6, pp. 1257–1261 (In Russian).
6. Kryazhev N. A. *Tsilindricheskoe i konicheskoe frezerovanie drevesiny* [Cylindrical and conic milling of wood]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1963. 184 p.
7. GOST of 8242-88. Details profile from wood and wood materials for construction. Specifications. Moscow, IPK Izd-vo standartov, 2002. 9 p. (In Russian).
8. Rogozhnikova I. T. The gamma percent period of firmness of milling knives by criterion “a roughness of the processed surface”. *Trudy IX Mezhdunarodnogo evraziyskogo simposiuma (Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzment XXI veka)* [Proceeding IX of the International euroasian symposium (Woodworking. Technologies. Equipment. Management of the XXI century)]. Ekaterinburg, 2014, pp. 198–202 (In Russian).

### Информация об авторах

**Новоселов Владимир Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инновационных технологий оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: stanki-in@yandex.ru

**Полякова Татьяна Валентиновна** – старший преподаватель кафедры инновационных технологий оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: nauka-les@yandex.ru

**Рогожникова Ирина Тихоновна** – доцент кафедры инженерной графики и начертательной геометрии. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: nauka-les@yandex.ru

### Information about the authors

**Novoselov Vladimir Gennad'yevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Innovative Technologies and Equipment of a Woodworking. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, 620100, Ekaterinburg, Russian Federation). E-mail: stanki-in@yandex.ru

**Polyakova Tat'yana Tikhonovna** – Senior Lecturer, the Department of Innovative Technologies and Equipment of a Woodworking. Ural State Forestry University (37, Sibirskiy trakt, 620100, Ekaterinburg, Russian Federation). E-mail: nauka-les@yandex.ru

**Rogozhnikova Irina Tikhonovna** – Assistant Professor, the Department of Engineering Graphics and Descriptive Geometry. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, 620100, Ekaterinburg, Russian Federation). E-mail: nauka-les@yandex.ru

Поступила 16.02.2016