

5. Положением о подготовке и утверждении перечня приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов: Постановление Правительства РФ от 23.02.2018 г. № 190. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_291691/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291691/) (дата обращения: 09.08.2018).

6. Петров А.П., Прядилина Н.К. Экономические основы стратегического лесного планирования // Инновации и инвестиции. № 3. 2018. С. 159–165.

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

### **NEW TECHNOLOGICAL DECISIONS IN PREPARATION, PROCESSING AND FINISHING OF WOOD**

УДК 674.055:621

**Ю.И. Ветошкин, М.В. Газеев, О.Н. Чернышев, Д.О. Чернышев**  
(Y.I. Vetoshkin, M.V. Gazeev, O.N. Chernyshev, D.O. Chernyshev)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

## **АБРАЗИВНЫЕ КРУГИ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА**

### **ABRASIVE CIRCLES ON THE BASIS OF FOAMED POLYURETHANE**

*В статье рассматриваются конструкция и технология шлифования древесины шлифовальными кругами на основе пенополиуретана (ППУ). В шлифовальных кругах представлено распределение абразивных зерен и их влияние на процесс шлифования: скорости подачи заготовки, удельного давления, толщины снимаемого слоя. Представлена конструкция и техническая характеристика шлифовального станка, режимы шлифования кругами на основе ППУ.*

*The paper deals with the construction and technology of grinding wood with grinding wheels based on polyurethane foams. In grinding circles, the distribution of abrasive grains and their effect on the grinding process are presented: the feed rate of the workpiece, the specific pressure, and the thickness of the layer to be removed. The design and technical characteristics of the grinding machine, grinding modes on the basis of polyurethane foams are presented.*

Наиболее прогрессивными инструментами для шлифования профильных и погонажных изделий являются абразивные шлифовальные круги. В первую очередь необходимо отметить их самозатачивание, постоянное обновление режущей поверхности за счет отламывания кусков зерен и их полного выкрашивания из связующего – это позволяет сохранять постоянные режущие свойства инструмента.

Во-вторых, обработанная поверхность имеет меньшую шероховатость при обработке инструментом с одинаковой зернистостью чем у шлифовальных шкур. Данные круги легко профилируются и сохраняют заданный профиль до полного износа. Относительно новыми являются абразивные шлифовальные круги на основе жесткого пенополиуретана. Данные материалы выпускаются несколькими фирмами; это ESSEGI

(Италия) и Fishler (Австрия). На кафедре МОД и ПБ УГЛТУ ведутся разработки аналогов данных кругов.

Абразивные шлифовальные круги представляют собой распределенные абразивные зерна в ППУ [1]. Распределение абразивных зерен, в целом, хаотическое. Из-за трудно контролируемого процесса вспенивания, распределение зерен может носить как разрозненный, так и групповой характер. На рисунке 1 представлено фото поверхности шлифовального круга ESSEGI с увеличением 64X.

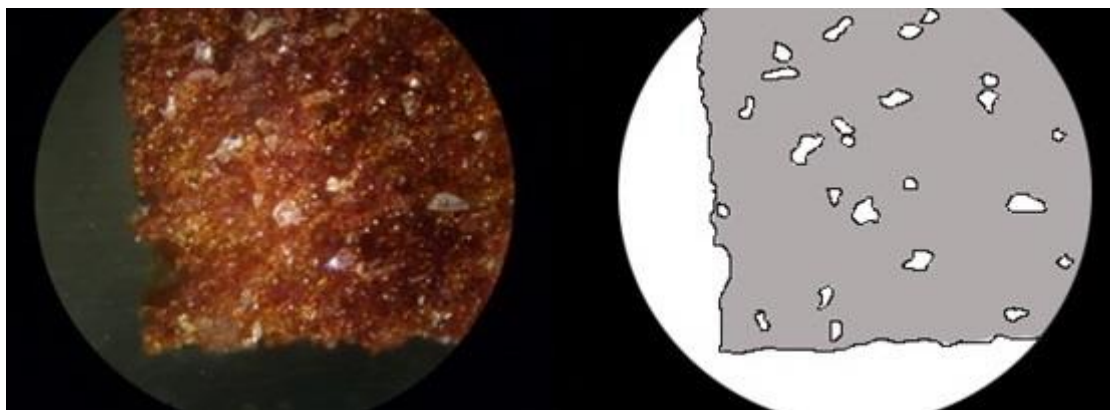


Рис. 1. Схема распределения зерен на поверхности шлифовального круга ESSEGI с увеличением 64X

Как видно на фото, форма и ориентация зерен сильно различаются. Зерна имеют размер меньше 10 мкм и большое количество острых граней. Плотность насыпки зерен составляет до 18 шт на квадрате со стороной 1 мм. Поры в шлифовальном круге создают вентиляционный эффект, что способствует удалению отходов шлифования из зоны резания. ППУ данного круга имеет высокую плотность и мелкопористую структуру, что позволяет хорошо удерживать мелкие зерна на поверхности.

На рисунке 2 представлена окрашенная кромка экспериментального абразивного шлифовального круга, разработанного на кафедре МОД и ПБ УГЛТУ. Плотность данного образца выше предыдущего за счет высокого содержания абразивных зерен. Большой размер зерен (достигает 25 мкм) по сравнению с вышеописанным кругом и более плотная насыпка привели к резкому падению величины используемого ППУ, выступающего в роли связующего.

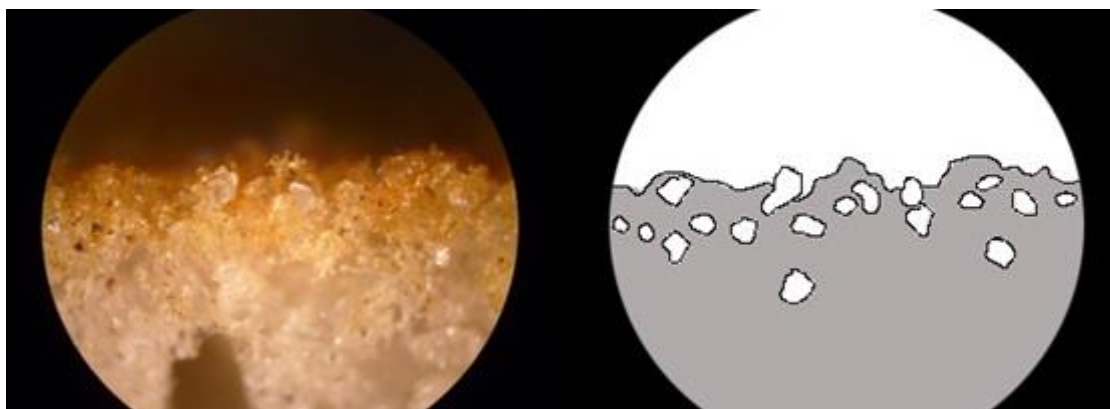


Рис. 2. Схема расположения абразивных зерен в опытном образце шлифовального круга, разработанного кафедрой МОД и ПБ УГЛТУ, с увеличением 64X

Уменьшение количества ППУ и повышение размера пор привело к незначительному увеличению хрупкости абразивного шлифовального круга. Правда природа применяемых компонентов ППУ, обладающих большей адгезией к абразивным зернам, позволяет удерживать зерна в круге менее чем за половину поверхности зерна. Процесс шлифования такими кругами сводится к срезанию каждым абразивным зерном (резцом) с поверхности древесины микростружки, их количество и размер непосредственно влияют на качество шлифуемой поверхности. В результате резания кромки зерен скругляются, вызывая затупления, в случае если зерно удерживается в ППУ; в противном случае оно полностью выкрашивается. Затупление кромки приводит к увеличению угла резания, и, соответственно, срезание стружки становится невозможным. Увеличение угла также приводит к резкому повышению сил, действующих на зерно, и, соответственно, к его вырыву.

Применение более мелкого зерна приводит к получению мелких неровностей (рис. 3), а увеличение количества зерен ведет к получению более ровной поверхности.

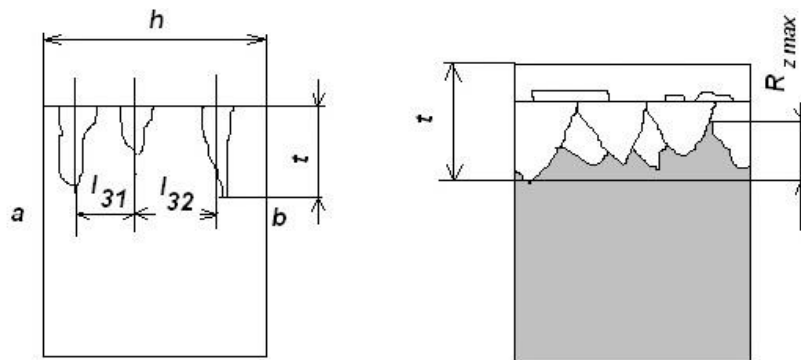


Рис. 3. Схемы образования шлифованной поверхности

Необходимое соотношение величины абразивных зерен и его распределения в круге, плотность ППУ и его способность удерживать в себе абразивные зерна – вот наиболее важные задачи, которые необходимо решать. Применяемые в настоящее время технологии для шлифования профильных погонажных деталей из древесины не отвечают требованиям, необходимым для их последующей отделки лакокрасочными материалами или имеют низкую производительность вследствие отсутствия механизации труда. Одним из направлений механизации процесса шлифования профильных поверхностей является применение абразивных самозатачивающихся в процессе работы кругов на основе пенополиуретана [2]. Особенностью этих абразивных кругов является постоянное обновление режущей кромки, в результате чего нет засаливания рабочей поверхности круга, и не требуется его периодическая правка.

Проведенные исследования в лаборатории УГЛТУ позволили установить зависимость шероховатости шлифованной поверхности и износа абразивного круга от скорости подачи заготовки и удельного давления. Определена стойкость круга и силы резания. Зависимость шероховатости поверхности от скорости подачи заготовки представлена на рисунке 4.

Зависимость шероховатости шлифованной поверхности от величины удельного давления абразивного круга на обрабатываемую заготовку приведена на рисунке 5. Увеличение толщины снимаемого слоя происходит при увеличении удельного давления инструмента на заготовку и уменьшении скорости подачи (рис. 6). С увеличением величины удельного давления и скорости подачи заготовки удельная производительность шлифования увеличивается за счет увеличения объема снимаемого материала в единицу времени (рис. 7).

В результате проведенной работы были выявлены оптимальные режимы шлифования древесины сосны. Минимальная шероховатость обработанной поверхности  $R_{m \max} = 16,7$  мкм при минимальном износе круга 0,01 мм/м и максимально возможной длине обработки 10 км получается при следующих параметрах режима шлифования:

- скорость резания (м/с) = 12;
- скорость подачи заготовки (м/мин) = 12;
- удельное давление (МПа) = 0,125.



Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности от скорости подачи заготовки

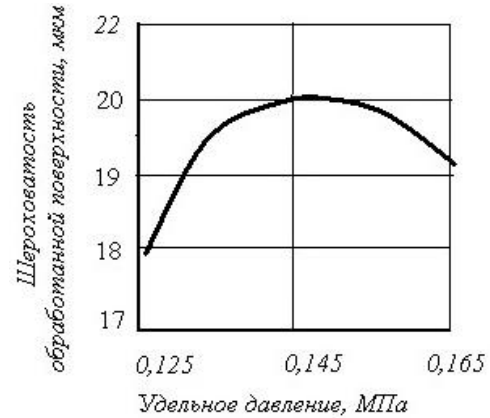


Рис. 5. Зависимость шероховатости поверхности от удельного давления

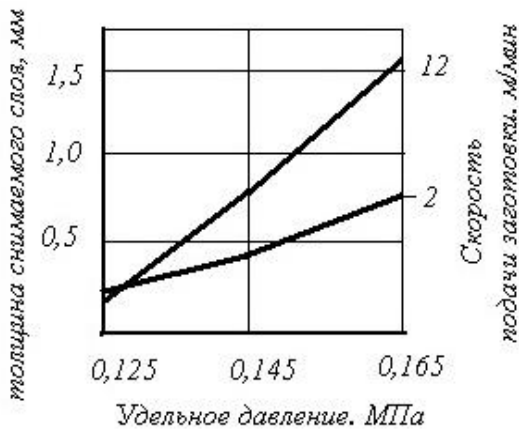


Рис. 6. Зависимость толщины снимаемого слоя от скорости подачи заготовки и удельного давления

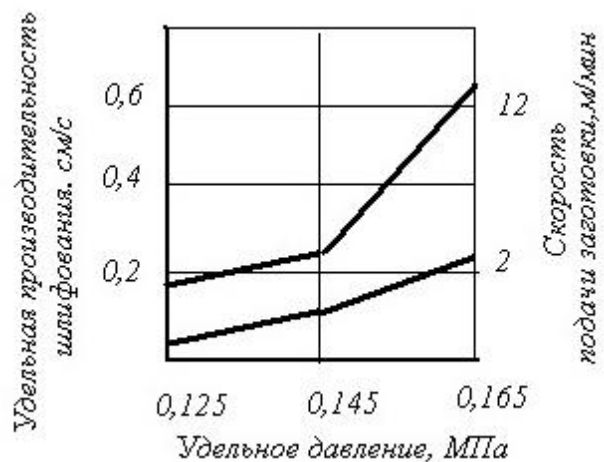


Рис. 7. Зависимость удельной производительности шлифования от удельного давления и скорости подачи заготовки

Шлифование профильных погонажных деталей абразивными кругами на основе пенополиуретана (рис. 8) производилось на станке модели ШЛПР (рис. 9) [3].

Частота вращения шлифовальной головки станка составляет не более 1 000 мин<sup>-1</sup>. Мощность привода – 0,55 кВт. Скорость подачи – 2 м/мин. Масса – 60 кг; габариты: 860×450×940 мм. Техническая характеристика кругов: наружный диаметр – от 150 до 300 мм; посадочное отверстие диаметром 32 мм. Рабочая скорость – 12 м/с. Ресурс круга диаметром 150 мм составляет 8–10 км погоняжа, при этом круг сохраняет заданный профиль до полного износа. Качество обработки поверхности ≤ 16 мкм.

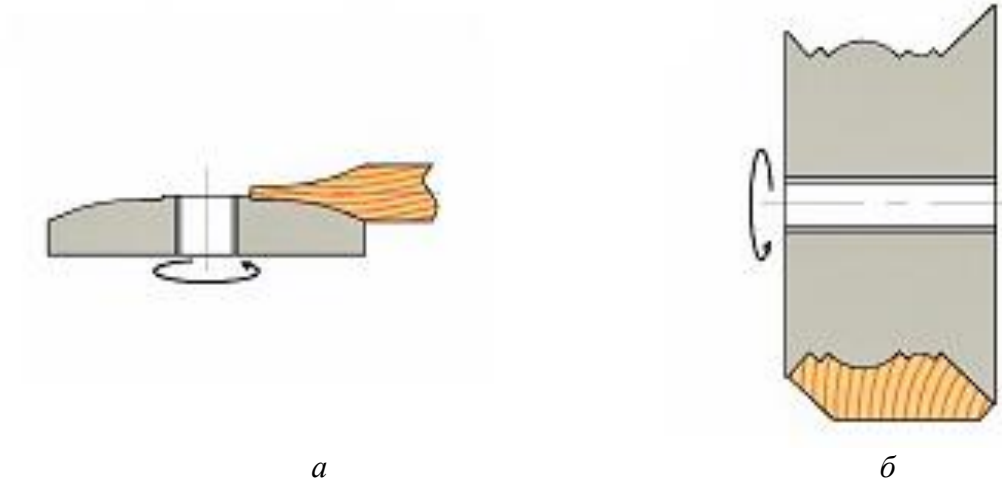
Основные схемы шлифования сборочных единиц и деталей из древесины представлены на рисунке 10.



Рис. 8. Шлифовальные круги на основе пенополиуретана



Рис. 9. Шлифовальный станок ШЛПР и его технические характеристики



*а*

*б*

Рис. 10. Схемы шлифования:

*а* – схема шлифования фигурей филенки; *б* – схема шлифования плитуса

Для испытания использовались шлифовальные круги на основе пенополиуретана (табл. 1). Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика шлифовального круга  
на основе пенополиуретана и режим обработки

Характеристика круга	Режим обработки
Плотность $\rho = 0,4-0,44 \text{ г/см}^3$ . Зернистость № 6. Материал – карбид кремния	Скорость подачи = 14 м/мин. Частота вращения = $942,5 \text{ мин}^{-1}$ . Скорость резания = 10 м/с. Удельное давление = $0,1-0,15 \text{ МПа}$

Таблица 2

Результаты испытаний шлифовального круга на основе пенополиуретана

Параметры	Порода древесины			
	Сосна	Береза	Бук	Дуб
Шероховатость обработанной поверхности, $R_{m \text{ max}}$ , мкм	14–17	13–16	12–16	7
Толщина снимаемого слоя, мм	0,2	0,16	0,13	0,11
Износ круга по диаметру на 10 метров, мм	2	2,5	4,5	5
Длина обработки поверхности при диаметре круга 230 мм, м	90–100	70	40	36

Внедрение в производство новой технологии позволит исключить использование ручного труда и снизить себестоимость изделий при подготовке под отделку профильных деталей из древесины.

**Библиографический список**

1. Корелин Д.В., Ветошкин Ю.И. Абразивные шлифовальные круги на основе ППУ // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы VII Всероссийск. научн.-технич. конф. Ч. 2. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2011. С. 212–216.
2. Шлифование древесины и древесных материалов: учеб. пособие / Ю.И. Ветошкин, В.И. Сулинов, Л.Д. Кузнецов, А.К. Гороховский. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. 148 с.
3. А.с. 10133. Российская Федерация. МПК<sup>6</sup> В24В27/04 (1995.01). Станок для шлифования профильных погонажных изделий / В.И. Сулинов, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, Д.А. Табуркин. Заявитель: Уральская государственная лесотехническая академия; патентообладатель Олег Николаевич Чернышев. № 98116575/20. Заявл. 31.08.1998, опубл. 16.06.1999. 4 с.