

УДК 674.05:631.06

А. А. Гришкевич, А. Ю. Юдицкий
Белорусский государственный технологический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КРИТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Одним из путей повышения эффективности эксплуатации деревообрабатывающего оборудования является определение критерия потери режущей способности инструмента и назначение мероприятий, позволяющих увеличить период его стойкости. Период стойкости, в частности, зависит от качества подготовки дереворежущего инструмента к работе, в том числе и шлифовального.

При работе на деревообрабатывающем оборудовании при шлифовании древесины и древесных материалов приходится сталкиваться с проблемой потери режущей способности инструмента в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания и неполным их удалением в процессе очистки, что в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления и ухудшение качества обработанной поверхности.

В настоящей работе представлены результаты исследований по определению работы по отрыву продуктов резания из межзернового пространства шлифовальной ленты. Установлены рациональные (критические) режимы резания (для выбранных скоростей подачи V_s и припусков на обработку h), определяющие максимально возможную производительность оборудования при заданных технологических режимах.

Ключевые слова: шлифование, шлифовальная лента, стойкость, производительность, работа, режим резания, очистка.

A. A. Grishkevich, A. Yu. Yuditsky
Belarusian State Technological University

CRITICAL RESEARCH RESULTS WOOD GRINDING MODES

One of the ways to increase the efficiency of operation of woodworking equipment is to determine the criterion for the loss of the cutting ability of the tool and the appointment of measures to increase its durability. The period of resistance, in particular, depends on the quality of preparation of the wood-cutting tool for work, including grinding.

When working on woodworking equipment when grinding wood and wood-based materials, one has to face the problem of loss of cutting ability of the tool as a result of filling the space between grains of cutting products and their incomplete removal during cleaning, which significantly affects the performance of the process, increase in energy consumption and deterioration of the surface quality.

This paper presents the results of studies to determine the work on separation of cutting products from the intergrain space of the grinding belt. Rational (critical) cutting conditions were established (for the selected feed rates V_s and machining allowances h), which determine the maximum possible productivity of the equipment at given technological conditions.

Key words: grinding, sanding belt, durability, productivity, work, cutting mode, cleaning.

Введение. Шлифование является широко используемым технологическим процессом в деревообработке, наибольшее распространение он получил в мебельном производстве, так как именно там требуется получать высокие классы шероховатости поверхности. Он же является одним из самых энергетически затратных режимов обработки.

Затруднительным при оптимизации процесса шлифования является и то обстоятельство, что этот процесс лезвийной механической обработки является особенным и специфическим,

к его описанию не могут быть непосредственно применены закономерности обычного лезвийного резания [1].

Ранее было установлено, что при работе на оборудовании для шлифования потеря режущей способности шлифовального инструмента происходит не в результате округления режущих кромок, а в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания [2]. Это состояние пространства в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления, ухудшение каче-

ства обработанной поверхности. В результате этого существует необходимость в определении таких режимов шлифования, при которых не будет происходить критического заполнения межзернового пространства продуктами резания. Это увеличит режущие характеристики шлифовальной шкурки, и, следовательно, повысит срок ее эксплуатации до следующей замены инструмента. Так как при шлифовании деталей остатки продуктов резания из-за своей мелкой фракции не полностью удаляются, вследствие чего шлифовальная лента теряет свои режущие способности, что значительно сказывается на качестве обработки и ограничивает производительность оборудования.

Дальнейшее изучение таких оценочных показателей, как силы резания, мощность, качество обработанной поверхности, на которые существенно влияют такие технологические характеристики процесса, как скорость подачи, скорость резания, состояние инструмента, будет основано на проведении экспериментальных исследований.

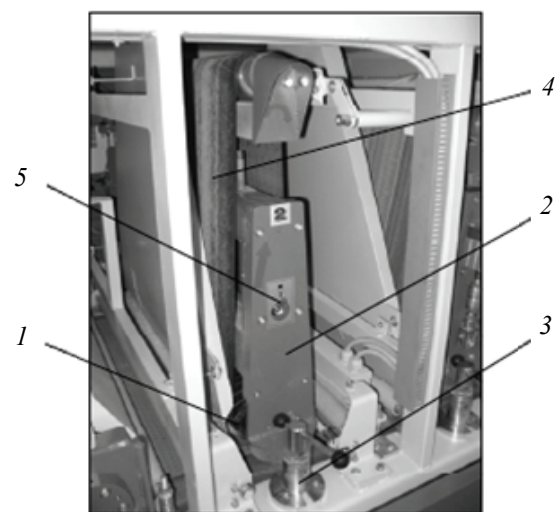
Основная часть. На эффективность работы шлифовальной шкурки существенное влияние оказывает состояние межзернового пространства, которое в процессе работы инструмента заполняется продуктами резания (стружка-волокно, разрушенные зерна инструмента и другое). Они не полностью удаляются существующими средствами очистки. С целью обеспечения требуемой степени очистки шлифовальной шкурки от продуктов резания, при создании для этого новых механизмов, требуется знать или усилие, или работу, или энергию отрыва продуктов резания из пространства

между зернами. Количество активных, то есть взаимодействующих с обрабатываемой поверхностью зерен зависит от зернистости инструмента, степени округления абразивных зерен, площади контакта с обрабатываемым материалом [3]. Известны ранее проводимые экспериментальные исследования по изучению влияния касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины и древесных материалов на мощность резания, путем статического нагружения на материал шлифовальной шкуркой, описанные в работе [4]. Учитывая ранее полученные данные в работе [4], авторами были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния режимов шлифования древесины сосны в реальном, динамическом режиме на мощность резания и производительность инструмента. Определены возможные пути увеличения периода стойкости шлифовальной шкурки.

Для проведения эксперимента использовалась широколенточная фрезерно-шлифовальная машина с числовым программным управлением Bulldog FRC 910 (рис. 1). В эксперименте использовался калибровально-шлифовальный узел машины Bulldog FRC 910 (рис. 1, б), куда была установлена новая шлифовальная шкурка зернистостью 150. Шлифовально-калибровальный узел оснащен механизмом осцилляции. Осцилляция шлифовальной ленты 4 управляется оптоэлектронным способом, контролирующийся датчик работает с тремя инфракрасными лучами: средний осуществляет управление осцилляцией, крайние (правый и левый) выполняют функцию концевых выключателей. Частота осцилляции колеблется от 30 до 60 импульсов в минуту.



а



б

Рис. 1. Экспериментальная установка:
а – фрезерно-шлифовальная машина Bulldog FRC 910;
б – калибровально-шлифовальный узел

Результаты эксперимента

L, пог. м	V _s , м/мин							
	4	6	8	10	4	6	8	10
	h = 0,3 мм				h = 0,4 мм			
	B = 200 мм							
1	1,71	2,63	3,81	4,75	2,54	3,36	4,84	6,2
2	1,79	2,71	3,88	4,88	2,65	3,38	4,89	6,23
3	1,92	2,74	3,93	4,94	2,71	3,35	4,95	6,31
4	2,01	2,81	4,05	5,11	2,77	3,4	4,99	6,54
5	2,13	2,88	4,19	5,16	2,81	3,52	5,04	6,66
6	2,26	2,95	4,27	5,26	2,95	3,59	5,19	6,65
7	2,38	2,97	4,34	5,31	3,04	3,78	5,33	6,8
8	2,47	2,98	4,49	5,45	3,2	3,86	5,43	6,87
9	2,59	3,09	4,54	5,51	3,29	3,89	5,57	6,93
10	2,77	3,2	4,62	5,66	3,35	3,9	5,59	7,07
11	2,71	3,25	4,66	5,72	3,49	3,97	5,69	7,11
12	2,88	3,33	4,71	5,88	3,51	4,02	5,73	7,27
13	3,02	3,45	4,79	6,03	3,58	4,18	5,76	7,41
14	3,04	3,53	4,82	6,17	3,75	4,3	5,9	7,59
15	3,1	3,58	4,91	6,33	3,84	4,45	5,98	7,66
16	3,18	3,5	4,99	6,44	3,92	4,51	6,1	7,81
17	3,09	3,61	4,9	6,58	4,08	4,53	6,37	7,95
18	3,2	3,68	5,02	6,71	4,16	4,65	6,43	8,1*
19	3,23	3,8	5,08	6,72	4,18	4,78	6,57	8,25*
20	3,33	3,91	5,11	6,91	4,25	4,87	6,71	8,34*
21	3,36	3,95	5,15	6,98	4,38	4,93	6,79	8,44*
22	3,54	4,08	5,28	7,1*	4,41	5,08	6,86	8,58*
23	3,67	4,2	5,23	7,19*	4,45	5,11	6,94	8,63*
24	3,74	4,33	5,31	7,34*	4,68	5,13	7,09	8,79*
25	3,6	4,36	5,47	7,41*	4,75	5,28	7,14	8,81*
26	3,8	4,49	5,51	7,47*	4,84	5,43	7,26	8,83*
27	3,85	4,48	5,68	7,56*	4,9	5,54	7,39	8,79*
28	3,98	4,51	5,75	7,69*	5,09	5,7	7,53	8,88*
29	4,09	4,58	5,89	7,77*	5,16	5,83	7,6*	8,91*
30	4,12	4,6	6,11	7,8*	5,28	5,9	7,81*	8,98*

Примечание. * – образование прижогов.

Поверхность вала 1 обрезаена. Регулирование вала по высоте (положения 1 и 2 на корпусе узла (поз. 2)) на необходимую величину припуска, равного 0,3 и 0,4 мм, удаляемого за один технологический цикл, осуществляется при помощи установленного эксцентрика, который управляется с сенсорной панели. Опора узла 2, (поз. 3), обеспечивает его жесткость и фиксацию. Замена шлифовальной ленты 4 производится с помощью рычага 5, который регулирует положение верхнего направляющего вала.

Процесс задания режимов шлифования и снятия результатов описаны в методическом пособии [5].

Движение образцов материала происходит с одинаковой скоростью подачи и с установленным припуском. Шлифуемый материал подается на один и тот же участок ленты до появления прижогов. Одновременно происходит запись по-

требляемой мощности. После появления прижогов процесс прекращается. На последующем этапе эксперимента скорость подачи увеличивается, и исследование начинается заново, но уже на новом участке шлифовальной ленты. Изменения технологических режимов повторяются до тех пор, пока прижогов на шлифуемой поверхности не появятся в начале обработки. Далее происходит уменьшение припуска и исследования проводятся по выше описанной последовательности.

В таблице представлены результаты проведенных экспериментов по определению критических режимов шлифования. Критерием критического режима будет являться образование прижогов на поверхности древесины.

На рис. 2 и 3 показаны графики зависимости полезной мощности $P_{\text{пол}}$, кВт, от длины обрабатываемого материала L , пог. м, при различных режимах шлифования.

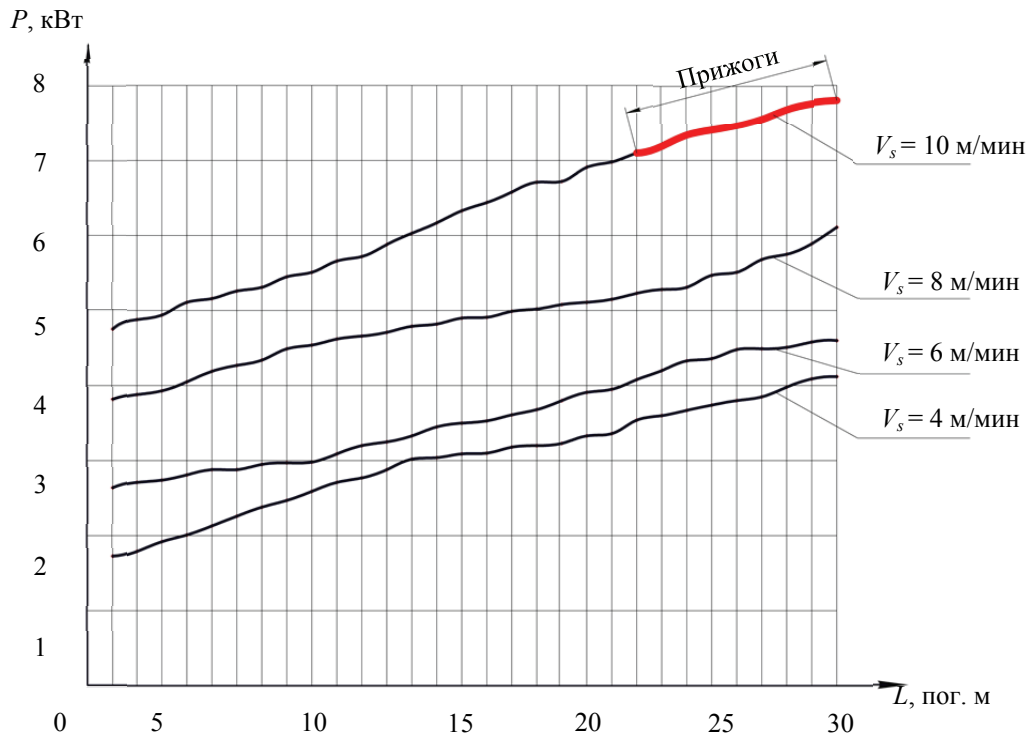


Рис. 2. График зависимости полезной мощности шлифования от длины обрабатываемого материала при припуске 0,3 мм

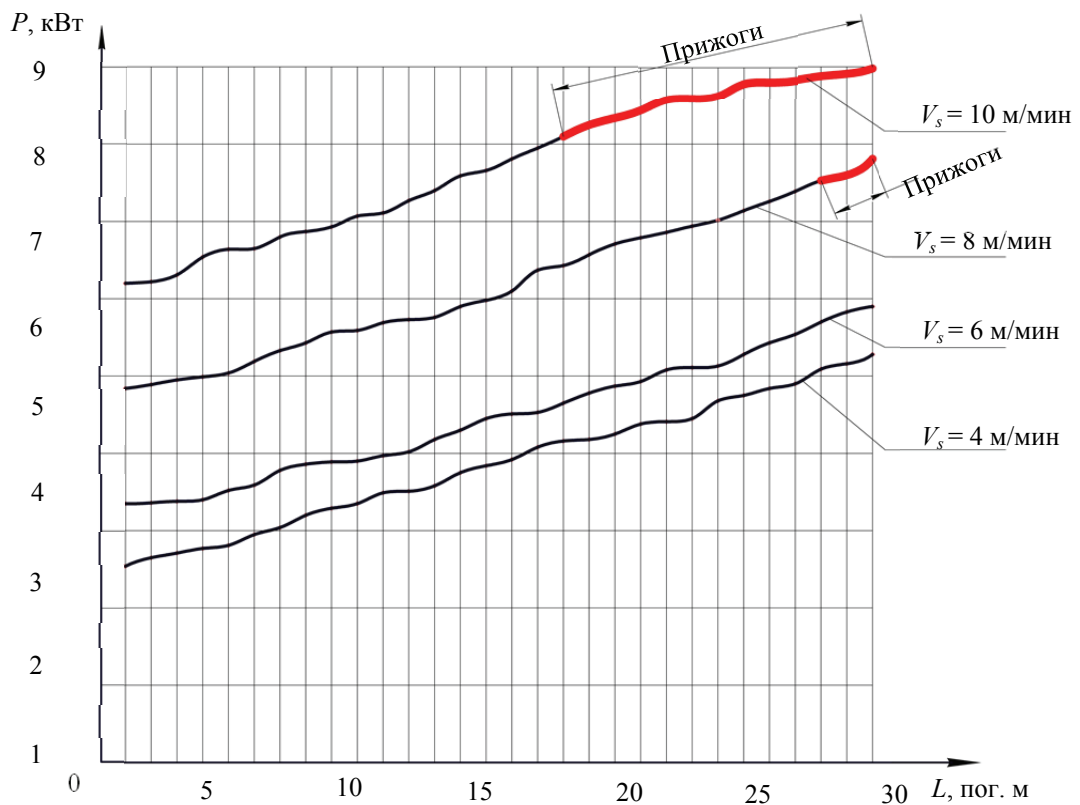


Рис. 3. График зависимости полезной мощности шлифования от длины обрабатываемого материала при припуске 0,4 мм

Как видно из графиков, при изменении скорости подачи с 4 м/мин до 6 м/мин не происходит существенного увеличения полезной мощности, а при изменении скорости подачи с

6 м/мин до 8 м/мин и более происходит значительное увеличение полезной мощности. Это свидетельствует о том, что пространство между зернами заполнено до критической величины

продуктами резания и в результате трения их о поверхность материала заготовки увеличивается потребляемая мощность и в критических случаях образуются прижоги. Прижоги при припуске $h = 0,3$ мм начинаются на 22 пог. м при скорости подачи 10 м/мин, а при припуске $h = 0,4$ мм прижоги появились уже на 28 пог. м при скорости подачи 8 м/мин и на 18 пог. м при скорости подачи 10 м/мин.

На рис. 4 показаны виды дефекта шлифования в виде прижогов.



Рис. 4. Дефекты на поверхности шлифования в виде прижогов

Это свидетельствует о том, что режимы резания являются критическими.

Методика определения работы по отрыву продуктов резания из шлифовальной ленты в настоящей работе была следующей.

В разрывную машину MTS Insight (рис. 5) устанавливается специально разработанное и установленное в машину приспособление 6 для крепления образца 7. Само приспособление представлено на рис. 6. Образец 7 (рис. 5) состоит из шлифовальной шкурки 4 (рис. 2) с заполненным пространством между зернами продуктами резания, к ней с двух сторон при помощи клея 3 закрепляются две основы 2 размером 40×40 мм, изготовленные из фанеры.

Далее данный образец при помощи восьми винтов механически крепится в стойке 1 и устанавливается в разрывную машину. На стойки 1 прикладывается сила F , которая постепенно увеличивается. При помощи датчиков записывается прикладываемое усилие F и путь перемещения стойки в виде графиков.



Рис. 5. Разрывная машина MTS InsightTM:
1 – персональный компьютер; 2 – рама;
3 – подвижная балка; 4 – неподвижная балка;
5 – зажимы; 6 – крепление образца;
7 – исследуемый образец

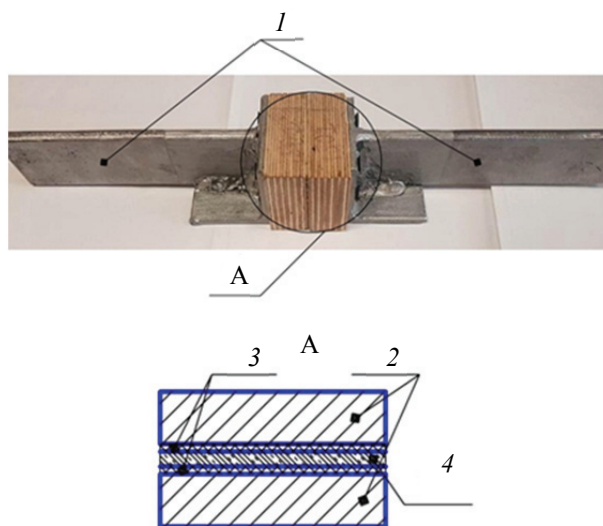


Рис. 6. Приспособление для крепления образца:
1 – стойки; 2 – основа (фанера);
3 – слой клея ПВА;
4 – шлифовальная шкурка

Для определения работы необходимо просуммировать площадь под полученной графической зависимостью (рис. 7). Так как работа – это физическая величина, численно равная произведению модуля силы, действующей на тело, на модуль перемещения, которое совершает тело под действием этой силы, и на косинус угла между направлением силы и направлением движения тела.

Для экспериментов были выбраны два образца шлифовальных шкурок зернистостью P150 и P80 соответственно.

Построены зависимости $F = f(L)$ (рис. 7, а, б).

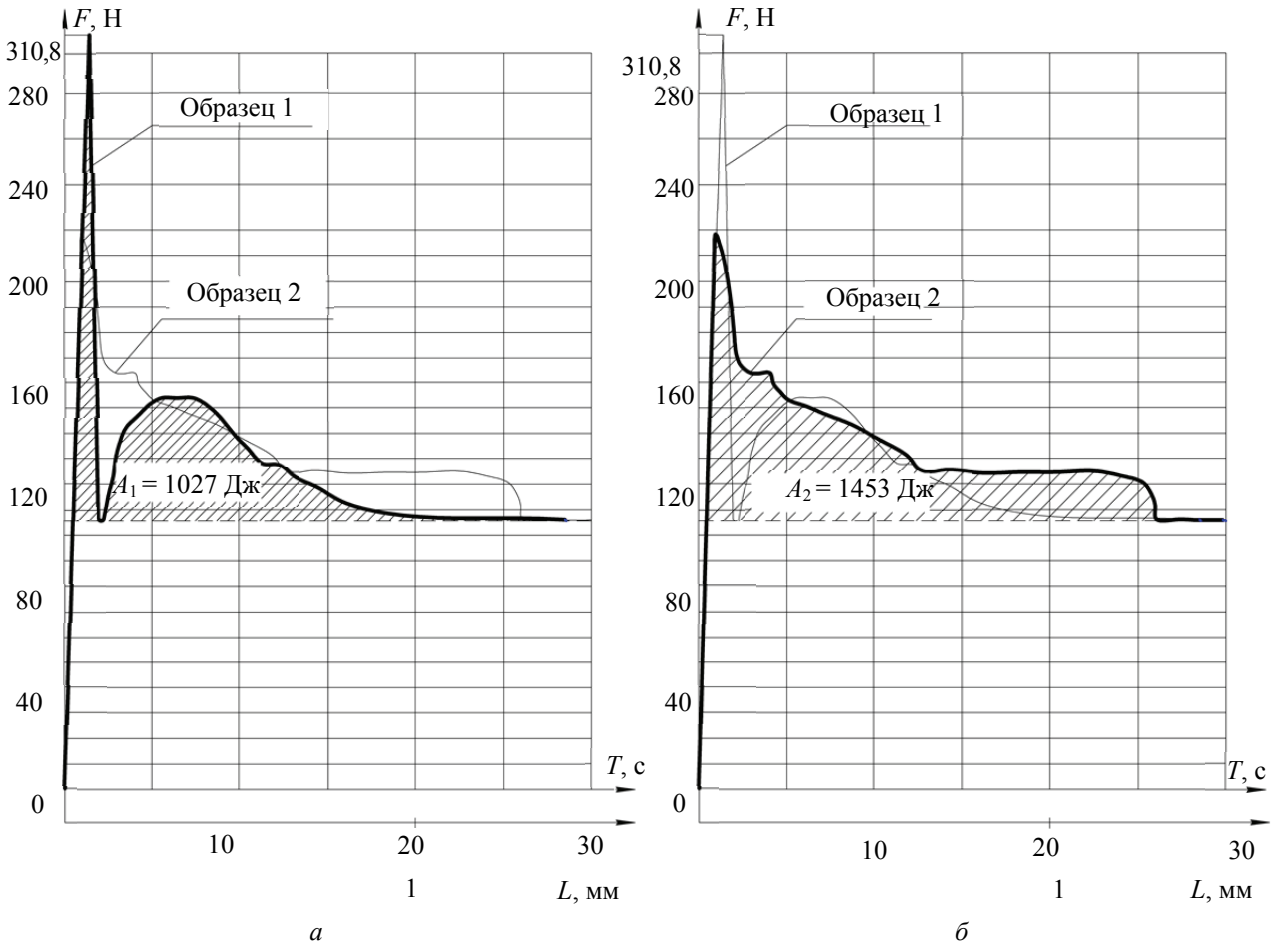


Рис. 7. Результаты эксперимента:
 а – работа первого образца; б – работа второго образца

До силы $F = 106 \text{ Н}$ происходит работа по деформированию в соединении, и в работу по удалению продуктов резания она не включалась. В первом случае работа составила $A_1 = 1027 \text{ Дж}$, во втором случае $A_2 = 1453 \text{ Дж}$. В зависимости от зернистости шлифовальной шкурки удельная работа составляет $A_1 = 62 \text{ Дж/см}^2$ и $A_2 = 90,8 \text{ Дж/см}^2$.

Заключение. Существующие системы очистки шлифовальной шкурки от продуктов резания не являются совершенными и достаточно эффективными, что подтверждается результатами исследования, когда с увеличением пути резания увеличивается мощность шлифования.

Потеря режущей способности шлифовальной шкурки происходит в результате заполнения межзернового пространства, а не в результате округления режущей кромки зерна.

Как видно из графиков, при повышении скорости подачи с 4 м/мин до 6 м/мин не происходит существенного увеличения полезной мощности на резание, а при изменении скорости подачи с 6 м/мин до 8 м/мин и более происходит значительное увеличение полезной мощности. Это свидетельствует о том, что пространство между зернами полностью заполнено продуктами резания, и в результате трения их о поверхность материала заготовки повышается потребляемая мощность, и в критических случаях образуются прижоги.

В зависимости от зернистости шлифовальной шкурки удельная работа составляет $A_1 = 62 \text{ Дж/см}^2$ и $A_2 = 90,8 \text{ Дж/см}^2$ для шлифовальных шкурок зернистостью Р150 и Р80 соответственно. Величину этой работы следует учитывать при проектировании систем для очистки шлифовальных инструментов от продуктов резания.

Список литературы

1. Любченко В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесная промышленность, 1986. 296 с.
2. Гришкевич А. А., Костюк О. И. Методика и результаты исследований по удалению продуктов резания с поверхности шлифовальной шкурки // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междунар. евразийского симпоз. Екатеринбург, 2015. С. 156–162.

3. Бершадский А. Л. Резание древесины. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
4. Костюк О. И. Результаты экспериментальных исследований по определению касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2016. № 2. С. 281–284.
5. Гришкевич А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для вузов. Минск: БГТУ, 2014. 90 с.

References

1. Lyubchenko V. I. *Rezaniye drevesiny i drevesnykh materialov* [Cutting wood and wood material]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1986. 296 p.
2. Grishkevich A. A., Kostyuk O. I. Methodology and results of studies on the removal of cutting products from the surface of the grinding skin. *Trudy X Mezhdunar. yevraziyskogo simpoz. Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovaniye, menedzhment XXI veka*. [Woodworking: technologies, equipment, management of the 21st century. Proceedings of the X Intern. Eurasian symposium], 2015, pp. 156–162 (In Russian).
3. Bershadskiy A. L. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1975. 303 p.
4. Kostyuk O. I. The results of experimental studies to determine the tangential component of the cutting force when grinding wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 1, Forestry and Woodworking Industry, 2016, no. 2, pp. 281–284 (In Russian).
5. Grishkevich A. A. *Mekhanicheskaya obrabotka drevesiny i drevesnykh materialov, upravleniye protsessami rezaniya. Laboratornyy praktikum* [Machining of wood and wood materials, cutting process control. Laboratory practice]. Minsk, BSTU Publ., 2014. 90 p.

Информация об авторах

Гришкевич Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Юдицкий Александр Юрьевич – студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Information about the authors

Grishkevich Aleksandr Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Yuditsky Alexandr Yur'yevich – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Поступила 07.04.2020