

УДК 674.05:631.06

А. А. Гришкевич, О. И. Морозова, В. Т. Швед
Белорусский государственный технологический университет

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ИНСТРУМЕНТА
И ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЕРИОДА ЕГО СТОЙКОСТИ**

В повышении производительности и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования важное значение имеет качество подготовки дереворежущего инструмента к работе, в том числе и шлифовального.

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

В работе представлены результаты исследований влияния режимов резания (скоростей резания и подачи, припуска на обработку) на полную и полезную мощность. Установлено, какие из режимов не рекомендуется применять при шлифовании ввиду того, что на поверхности обработанного материала появлялись прижоги в виде темно-коричневых и черных пятен, что свидетельствует об уменьшении производительности инструмента до критической величины и полной потере его режущей способности.

Рассматривается вариант возможного увеличения периода стойкости шлифовальной ленты, и, как следствие, производительности процесса. Предложено устройство по удалению продуктов резания с пространства между зернами шлифовальной ленты.

Ключевые слова: шлифование, шлифовальная лента, стойкость, производительность, абразив, очистка, устройство.

A. A. Grishkevich, O. I. Morozova, V. T. Shved
Belarusian State Technological University

**RESULTS OF RESEARCHES OF INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL
THE PINE WOOD GRINDING MODES ON PRODUCTIVITY OF THE TOOL
AND THE WAY OF INCREASE IN THE PERIOD OF HIS FIRMNESS**

In increase in productivity and efficiency of use of the woodworking equipment quality of training of the woodcutting tool to work including grinding is important.

During the work on the woodworking equipment when grinding wood and wood materials it is necessary to face a problem of loss of the cutting ability of the woodcutting tool as a result of filling of space between grains cutting products that considerably influences the process productivity, increase in energy consumption and deterioration of the processed surface.

In the real work results of researches of influence of the modes of cutting (speeds of cutting and giving, an allowance for processing) on full and useful power are presented. It is established what of the modes aren't recommended to be used when grinding in view of the fact that on the surface of the processed material there were prishog in the form of dark brown and black spots that demonstrates reduction of productivity of the tool up to the critical size and full loss of his cutting ability.

In article the option of possible increase in the period of firmness of a sanding belt, and, as a result, process productivities is considered. The device on removal of products of cutting from space between grains of a sanding belt is offered.

Key words: grinding, grinding belt, durability, productivity, abrasive, cleaning, device.

Введение. В силу ряда особенностей (непостоянного большого количества участвующих в резании зерен-резцов, неупорядоченности геометрии зерен-резцов и срезаемых ими слоев) шлифование следует рассматривать как специфический процесс резания, к описанию которого не могут быть непосредственно применены закономерности обычного лезвийного

резания [1]. Поэтому дальнейшее изучение факторов, влияющих на выходные (оценочные) показатели процесса шлифования (силы резания, мощность, качество обработанной поверхности), в основном связано с экспериментальными исследованиями. Актуальной остается и задача увеличения периода стойкости шлифовального инструмента (шлифовальной шкурки),

следствием решения которой является увеличение производительности процесса и ресурсосбережение. Это возможно за счет очистки шлифовальной ленты в процессе ее работы, что улучшит режущие характеристики, а следовательно, увеличит срок эксплуатации.

Однако использование для очистки ленты воздушных сопел, применяемых в базовой комплектации станка, не обеспечивает достаточной очистки, так как мощность их невелика, а удаление остатков продуктов резания требует больших усилий для отделения их от основы [2].

Основная часть. Количество активных, т. е. 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 (рис. 1) [4].

Исходя из данных, полученных в результате эксперимента, сделан вывод, что при увеличении давления касательная составляющая силы увеличивается, это связано в первую очередь с увеличением силы трения при взаимодействии древесины с зернами шлифовальной ленты, а также с заполнением пространства между зернами остатками продуктов резания, которые в результате взаимодействия с обрабатываемым материалом приводят к увеличению сил трения, а следовательно, тем самым повышают мощность на резание.

Следует отметить, что эксперимент проведен в *статическом* режиме шлифования с целью определения (выделения) силы резания,

приходящейся на деформацию обрабатываемого материала.

Учитывая ранее полученные данные в работе [4], авторами были проведены экспериментальные исследования по изучению режимов шлифования древесины сосны в реальном *динамическом* режиме на мощность резания и производительность инструмента.

Для проведения эксперимента использовалась фрезерно-шлифовальная машина Bulldog FRC 910, предназначенная для шлифования натуральной древесины, древесно-пластиковых композитов, плитных материалов (ДСП, ДВП, МДФ, фанеры и др.), а также некоторых видов пластика. В эксперименте применялся калибровально-шлифовальный узел машины (рис. 2).

Поверхность вала обрешинена, и на ней расположены спиральные пазы. Регулирование вала по высоте (положения 1 и 2 на корпусе узла поз. 2) на необходимую величину припуска, равного 0,2 и 0,3 мм, удаляемого за один технологический цикл, осуществляется при помощи установленного эксцентрика, который управляется с сенсорной панели; опора узла – поз. 3. Замена шлифовальной ленты производится с помощью рычага, который регулирует положение верхнего направляющего вала.

В движение калибровальный узел приводится при помощи электродвигателя переменного тока мощностью 11 кВт и поликлиноремной передачи. Шлифовальный калибровальный узел оснащен механизмом осцилляции. Осцилляция шлифовальной ленты управляется оптоэлектронным способом, контролирующей датчик работает с тремя инфракрасными лучами: средний осуществляет управление осцилляцией, крайние (правый и левый) выполняют функцию конечных выключателей. Частота осцилляции колеблется от 30 до 60 импульсов в минуту.

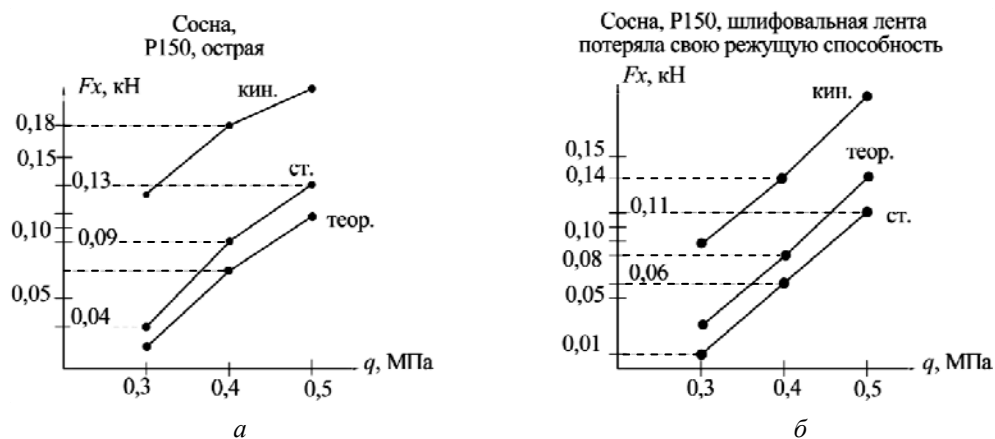


Рис. 1. Зависимость влияния зернистости шлифовальной шкурки и удельного давления на касательную составляющую силы резания при шлифовании древесины сосны: а – P150, острая; б – P150, лента потеряла свою режущую способность

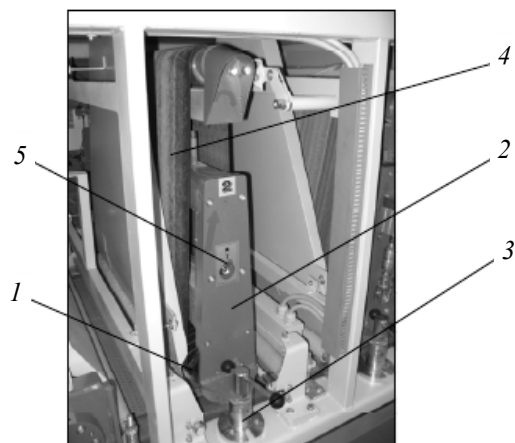


Рис. 2. Калибровально-шлифовальный узел:
1 – вал; 2 – корпус; 3 – опора узла;
4 – шлифовальная лента;
5 – регулировка положения вала

Процесс задания режимов шлифования (рис. 3) и снятия результатов [5]:

1) на сенсорном экране управления фрезерно-шлифовальным станком высота положения стола по отношению к окружности шлифования устанавливается нажатием на соответствующую ячейку 1 экрана, и на распложенную справа кнопку «Подтвердить»;

2) в ячейку 2 на сенсорном экране устанавливается скорость подачи, при проведении эксперимента скорость подачи меняется от 4 до 8 м/мин;

3) кнопка 3 предназначена для включения фрезерного вала;

4) включается калибровально-шлифовальный узел 6 нажатием на кнопку 7 на сенсорном экране. Кнопка 7 загорается оранжевым цветом, а по истечении 10 с станет зеленой, что свидетельствует о номинальном режиме работы электродвигателя;

5) включается механизм подачи нажатием на кнопку 4 сенсорного экрана. При этом начнется движение ленты конвейера с установленной ранее скоростью подачи;

6) на рабочий стол подается заготовка и начинается процесс обработки;

7) остановка осуществляется нажатием на кнопку 5.

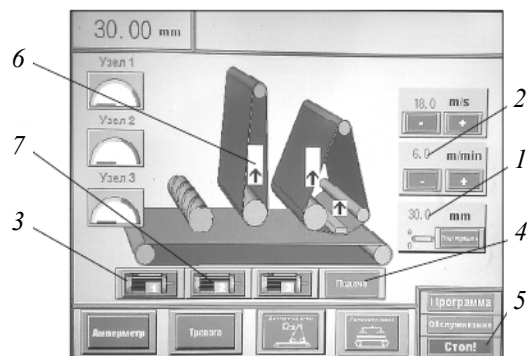


Рис. 3. Расположение ячеек управления на сенсорном экране:

- 1 – настройка припуска;
- 2 – задание скорости подачи;
- 3 – включение 1-го двигателя;
- 4 – включение подачи; 5 – остановка станка;
- 6 – калибровально-шлифовальный узел;
- 7 – включение калибровально-шлифовального узла

В то время как заготовка обрабатывается калибровально-шлифовальным узлом, от установленного на электродвигателе датчика идет сигнал на персональный компьютер и при помощи программного обеспечения происходит измерение потребляемой мощности.

Панель параметров программного обеспечения (рис. 4) позволяет вносить любую текстовую информацию, которая будет дополнять или пояснять данные при формировании отчета [5].



Рис. 4. Панель программного обеспечения

Отчет			
HOUFEK BULLDOG BRISK FRC 910.			
2.02.2018 14:43:39			
	Обрабатываемое изделие	Параметры ШГ1	Параметры ШГ2
2	Материал Сосна	зернистость 150	зернистость 150
3	Ширина 150	скорость резания 18 м/с	скорость резания 18 м/с
4	Толщина 20	давление 4 атм	давление 4 атм
5	Влаж 10	скорость подачи 4 м/мин	скорость подачи 4м/мин
6	напр. волокна вдоль	порода Сосна	порода Сосна
7			
8			
9	Время	Мощность ШГ1, кВт	Мощность ШГ2, кВт
10	14:43:22	0,77	0,00
11	14:43:23	0,79	0,00
12	14:43:24	0,78	0,00
13	14:43:25	1,47	0,00
14	14:43:26	1,92	0,00
15	14:43:27	1,93	0,00

Рис. 5. Отчет

Дополнительные пояснения можно вносить и после непосредственных измерений перед нажатием на кнопку «Отчет» панели анимации. Зона управления измерением параметров позволяет задавать интервал измерения (в секундах, например 5 с), дискретность (шаг) измерений, отображает время начала и окончания измерений. Кнопка «Измерение» на панели анимации запускает регистрацию параметров. В процессе измерения осуществляется индикация времени до окончания процесса регистрации выходной мощности. Во время измерения можно изменять параметр «Интервал измерения». Цветные стрелочные индикаторы отображают текущие мгновенные значения потребляемой мощности электродвигателем калибровально-шлифовального узла;

8) нажать кнопку «Измерение» на панели программного обеспечения;

9) по окончании измерения генерируется отчет (рис. 5). Для этого необходимо нажать на кнопку «Отчет». Откроется окно с отчетом в виде текстового файла;

10) после просмотра отчет сохраняется. Для этого необходимо выбрать команду «Сохранить» на панели инструментов, выбрав нужный формат отчетного документа, нажать «ОК», выбрав директорию и обозначив имя файла. Нажать кнопку «Сохранить».

Режимы для проведения эксперимента: скорости резания и подачи, номер зернистости шлифовальной ленты, параметры заготовки были выбраны исходя из того, какие наиболее используются на деревообрабатывающих предприятиях.

Эксперимент состоял из двух частей. При проведении первой части (при каждом режиме

шлифование производилась новой частью ленты) были измерены мощность холостого хода $P_{х.х}$, кВт и мощность рабочего хода $P_{р.х}$, кВт, а также рассчитана полезная мощность шлифования $P_{пол}$, кВт. Результаты первого этапа эксперимента представлены в виде табл. 1. По итогам эксперимента были построены графики зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт, от длины обрабатываемого материала, м пог. График зависимости по результатам первого этапа эксперимента представлен на рис. 6, а график зависимости по результатам второго этапа эксперимента – на рис. 7.

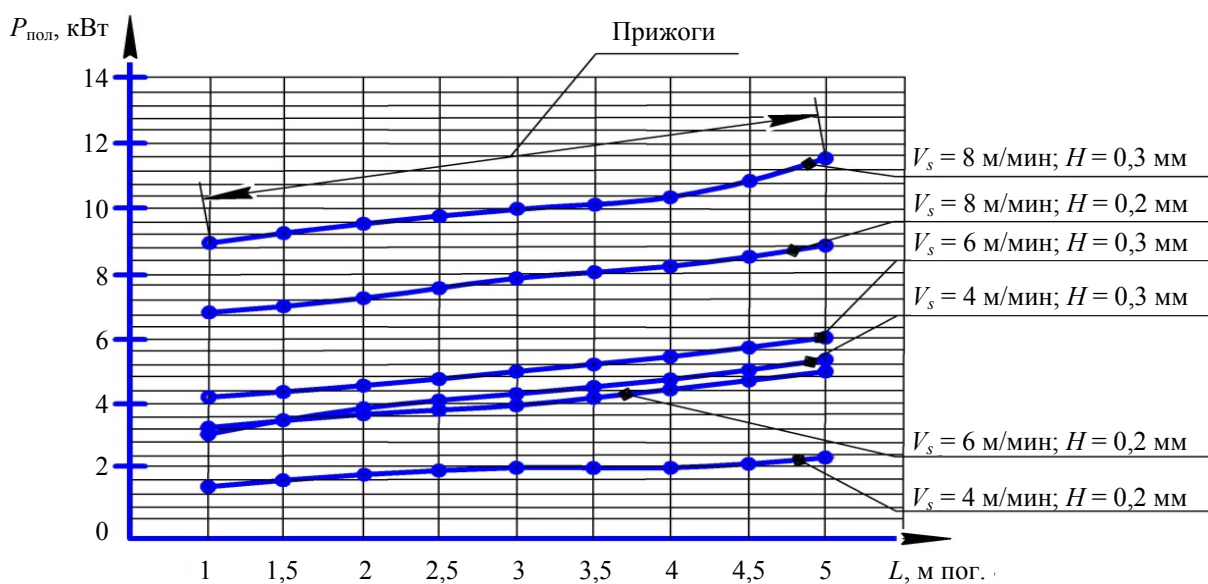
Вторая часть эксперимента заключалась в измерении потребляемой мощности при шлифовании материала определенной длины погонных метров, т. е. не новым инструментом, как в предыдущем случае, а постепенно теряющей свою режущую способность лентой. При изменении технологических режимов (скорости подачи V_s , припуска H) шлифовальная лента не менялась. Результаты второго этапа эксперимента представлены в виде табл. 2.

Как показано на графике (рис. 6), построенном по данным первого этапа эксперимента, где каждый режим обработки воспроизводился острым абразивным зерном ленты, увеличение скорости подачи до $V_s = 8$ м/мин и припуска на обработку $H = 0,3$ мм ведет к увеличению полезной мощности с $P_{пол} = 8,96$ кВт до $P_{пол} = 11,52$ кВт. При этом на поверхности материала образовались прижоги за счет больших сил трения между обрабатываемым материалом и оставшимися продуктами резания в пространстве между зернами ленты, что связано с неэффективностью работы базовой системы аспирации.

Таблица 1

Результаты первого этапа эксперимента

Зернистость	P150					
V_s , м/с	18	18	18	18	18	18
V_s , м/мин	4	4	6	6	8	8
Порода	Сосна					
Припуск h , мм	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Ширина b , мм	150	150	150	150	150	150
Длина l , мм	1000					
Мощность х. х. $P_{хол}$, кВт	0,92	0,85	0,91	0,88	0,85	0,91
	0,95	0,88	0,85	0,83	0,87	0,83
	0,89	0,82	0,95	0,92	0,88	0,82
	0,92	0,89	0,84	0,81	0,82	0,87
	0,87	0,88	0,88	0,94	0,81	0,86
Потребляемая мощность $P_{рез}$, кВт	2,34	3,96	4,24	5,10	7,70	9,87
	2,72	4,53	4,54	5,36	8,15	10,35
	2,84	5,02	4,97	5,86	8,76	10,84
	2,96	5,57	5,35	6,22	9,05	11,26
	3,15	6,13	5,98	6,97	9,69	12,38
Полезная мощность $P_{пол}$, кВт	1,42	3,11	3,33	4,22	6,85	8,96
	1,77	3,65	3,69	4,53	7,28	9,52
	1,95	4,2	4,02	4,94	7,88	10,02
	2,04	4,68	4,51	5,41	8,23	10,39
	2,28	5,25	5,1	6,03	8,88	11,52
Примечания						Прижоги

Рис. 6. График зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт, от длины обрабатываемого материала, м пог., по результатам первого этапа эксперимента

Анализ графика зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт, от длины обрабатываемого материала L , м пог. по результатам второго этапа эксперимента (рис. 7), где обработка на всех режимах производилась лентой, постепенно теряющей свою режущую способность, показывает, что при скорости подачи $V_s = 8$ м/мин и припуске на обработку $H = 0,2$ мм начинается обугливание материала (прижоги). При

этом полезная мощность заметно выше чем полезная мощность по результатам первого этапа эксперимента при таком же режиме и составляет $P_{пол} = 10,25$ кВт. При скорости подачи, равной $V_s = 8$ м/мин, и припуске на обработку $H = 0,3$ мм, полезная мощность стремительно возрастает от $P_{пол} = 11,12$ кВт до $P_{пол} = 13,20$ кВт с увеличением длины обрабатываемого материала.

Таблица 2

Результаты второго этапа эксперимента

Зернистость	P150					
V_s , м/с	18	18	18	18	18	18
V_{s2} , м/мин	4	4	6	6	8	8
Порода	Сосна					
Припуск h , мм	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Размеры						
Ширина b , мм	150	150	150	150	150	150
Длина l , мм	1000					
Мощность х. х. $P_{хол}$, кВт	0,93	0,86	0,90	0,88	0,85	0,92
	0,92	0,88	0,89	0,85	0,83	0,83
	0,9	0,85	0,86	0,90	0,90	0,85
	0,91	0,86	0,86	0,88	0,83	0,87
	0,91	0,88	0,87	0,90	0,75	0,81
Потребляемая мощность $P_{рез}$, кВт	2,45	4,90	5,24	5,91	9,56	10,02
	2,75	5,64	5,54	6,36	9,74	10,30
	2,88	6,10	5,83	6,97	10,56	11,12
	2,98	6,41	6,05	7,57	10,63	12,32
	3,10	6,97	6,48	7,92	11,11	13,56
Полезная мощность $P_{пол}$, кВт	1,52	4,04	6,34	8,03	10,25	11,12
	1,83	4,76	6,65	8,51	10,34	11,47
	1,98	5,25	6,97	9,07	10,66	12,27
	2,07	5,55	7,19	9,69	10,8	12,45
	2,19	6,09	7,61	10,02	10,96	13,20
Примечания					Прижоги	Прижоги

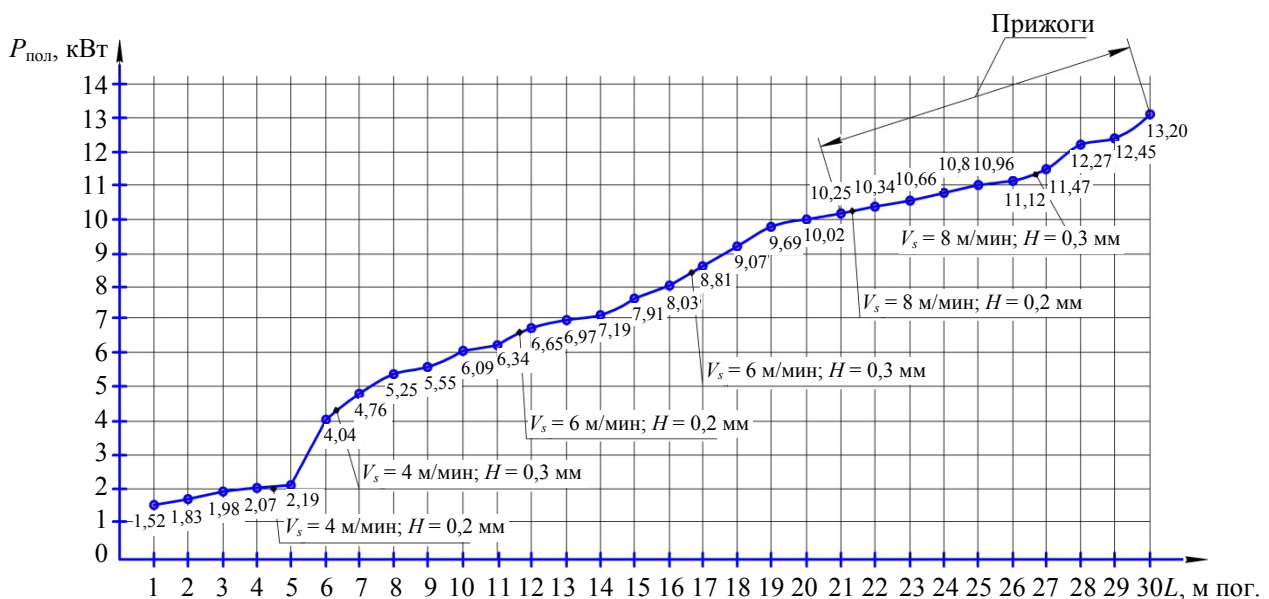


Рис. 7. График зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт, от длины обрабатываемого материала, м пог., по результатам второго этапа эксперимента

Из полученных результатов следует, что сила трения между продуктами резания и поверхностью шлифуемого материала, возникающая в результате недопустимой величины заполнения пространства между зернами, оказывает существенное влияние на увеличение полезной мощности.

Предлагается механизм очистки шлифовальной ленты от остатков продуктов ре-

зания, который превосходит предыдущие конструкции по качеству удаления и эффективности.

Суть его заключается в удалении продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время ее работы путем механического воздействия (ударами) на нее с рабочей стороны (рис. 8).

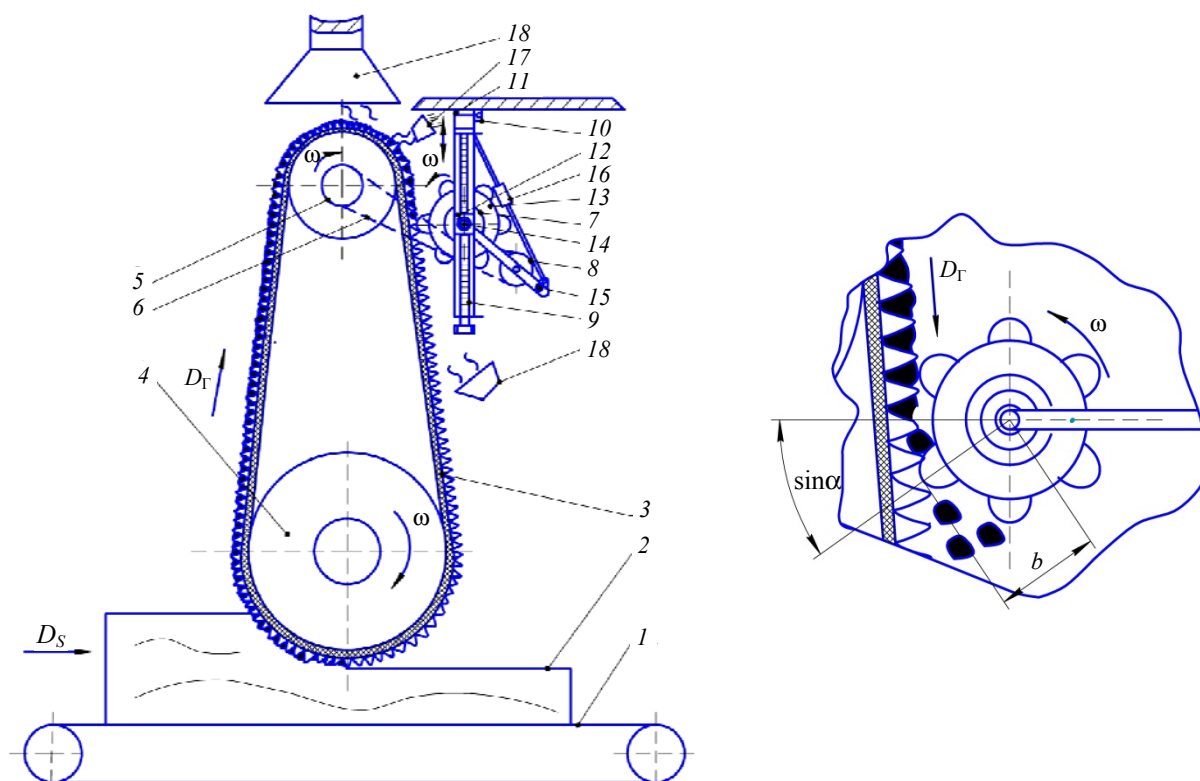


Рис. 8. Процесс очистки шлифовальной ленты:

- 1 – подающий конвейер; 2 – заготовка; 3 – шлифовальная лента; 4 – приводной барабан; 5 – ведущий шкив механизма; 6 – ремень; 7 – натяжной шкив; 8 – ведомый шкив; 9 – винтовая передача; 10 – поворотный механизм; 11 – отверстия фиксации устройства в рабочем положении; 12 – ползун; 13 – барабан; 14 – рукоятка для отвода устройства; 15 – рукоятка для натяжения ремня; 16 – винтовая передача; 17 – воздушное сопло; 18 – приемник для удаления продуктов резания

Выводы. 1. Эффективность процесса шлифования зависит от состояния шлифовальной ленты, величины заполнения пространства между зернами продуктами резания.

2. Увеличение скорости подачи до 8 м/мин изменяет мощность на резание при припуске $H = 0,2$ мм с $P_{\text{пол}} = 6,85$ кВт до $P_{\text{пол}} = 8,96$ кВт при припуске $H = 0,3$ мм, т. е. полезная мощность увеличилась на 30,8%.

3. Очистка ленты улучшит качество обработанной поверхности (отсутствие прижогов) и уменьшит энергопотребление.

4. Использование предлагаемого способа очистки будет способствовать:

а) быстрой очистке шлифовальной ленты во время ее работы, что не уменьшит производительность процесса шлифования;

б) увеличению периода стойкости инструмента.

Литература

1. Любченко В. Н. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие. М.: Лесная пром-сть, 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 симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 156–162.
3. Бершадский А. Л., Цветкова Н. И. Резание древесины: учеб. пособие. Минск: Выш. шк., С. 75–304.
4. Костюк О. И. Результаты экспериментальных исследований по определению касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины // Труды БГТУ. 2016. № 2 (184): Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 281–284.
5. Гришкевич А. А., Гаранин В. Н. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2014. 90 с.

References

1. Lyubchenco V. N. *Rezaniye drevesiny i drevesnykh materialov* [Wood cutting and wood materials]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1986. 296 p.
2. Grishkevich A. A., Kostyuk O. I. [Methods and results of researches on removal of products of cutting from a surface of a grinding skin]. *Trudy X Mezhdunar. evraziyskogo simpoziuma (" Derevoobrotka: tekhnologii, oborudovaniye, menedzhment XXI")* [Works of X Intern. Eurasian symposium ("Woodworking: technologies, the equipment. Management of XXI century")]. Ekaterinburg, 2015, pp. 156–162 (In Russian).
3. Bershadskiy A. L., Tsvetkova N. I. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Minsk, Vysh. shk. Publ., pp. 75–304.
4. Kostyuk O. I. The results of experimental studies to determine the tangential component of the cutting force in grinding wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2 (184): Forest and Woodworking Industry, pp. 281–284 (In Russian).
5. Grishkevich A. A., Garanin V. N. *Mekhanicheskaya obrabotka drevesiny i drevesnykh materialov, upravleniye protsessami rezaniya* [Mechanical processing of wood and wood materials, cutting process control]. Minsk, BGTU 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

Морозова Ольга Игоревна – инженер кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: olga_kostiyk13@mail.ru

Швед Виталий Тадеушевич – магистрант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. 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

Morozova Ol'ga Igorevna – engineer, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: olga_kostiyk13@mail.ru

Shved Vitaliy Tadeushevich – Master's degree student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Поступила 14.03.2018