

УДК 621.934: 674.815

**Т. А. Машорипова, А. Ф. Аникеенко**

Белорусский государственный технологический университет

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ  
ПРИ СВЕРЛЕНИИ НОВЫМ АДАПТИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

Статья описывает необходимость создания новой конструкции сверлильного инструмента для сверления сквозных отверстий в ламинированных древесностружечных плитах. Проведен анализ рекомендуемых режимов сверления ламинированных древесностружечных плит. Рассмотрены дефекты при сверлении ламинированной древесностружечной плиты, связанные со свойствами основных слоев плитного материала. Обоснована необходимость в проектировании нового сверла для повышения эффективности эксплуатации оборудования.

В современных условиях для обработки древесины и древесных материалов используются разнообразные сверла. Проблемы, как и прежде, существуют. Трудности сверления связаны с получением удовлетворительного качества обрабатываемого отверстия.

Авторы провели теоретические и практические исследования влияния технологических параметров на качество получаемых поверхностей. Выполнен обзор научно-технической литературы по режимам сверления древесины и древесных материалов. На основе теоретических исследований сделано предположение о природе образования сколов на поверхности ламинированной древесностружечной плиты. Проведена серия опытов по исследованию качества получаемых отверстий на лабораторной установке на базе промышленной модели многооперационной машины с ЧПУ (числовым программным управлением). При такой организации сверления можно избежать сложных программ для станков с числовым программным управлением, повысить производительность труда.

**Ключевые слова:** сверление, скорость подачи, производительность, качество, древесностружечная плита.

**T. A. Mashoripova, A. F. Anikeenko**

Belarusian State Technological University

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF EQUIPMENT OPERATION  
WHEN DRILLING CHIPBOARDS**

The article describes the need to create a new design of drilling tools for drilling through holes in laminated chipboard. The analysis of recommended drilling modes for laminated chipboard is carried out. Defects in drilling of laminated chipboard related to the properties of the main layers of the slab material are considered. The necessity of designing a new drill to improve the efficiency of equipment operation is justified.

In modern conditions, a variety of drills are used for processing wood and wood materials. Problems still exist. Drilling difficulties are associated with obtaining a satisfactory quality of the processed hole.

The authors conducted theoretical and practical studies of the influence of technological parameters on the quality of the obtained surfaces. The review of scientific and technical literature on drilling modes of wood and wood materials is performed. Based on theoretical research, the authors made an assumption about the nature of the formation of chips on the surface of laminated chipboard. A series of experiments was conducted to study the quality of the obtained holes on a laboratory installation based on an industrial model of a multi-operation CNC machine (numerically controlled). With this organization of drilling, you can avoid complex programs for numerical control machines, and increase labor productivity.

**Key words:** drilling, feed rate, productivity, quality, chipboard.

**Введение.** Особое значение имеет решение проблемы качества обработки древесины. До последнего времени исследование процесса резания древесины заключалось в большинстве случаев в решении силовых зависимостей и в малой степени раскрывало физическую сущность качества обработки и зависимость его от различных факторов. В то же время производи-

тельность обработки диктуется качеством ее – чистотой поверхности. В свою очередь чистота обработки зависит в большой степени от оптимальной геометрии инструмента и качества его подготовки к работе.

Эффективность эксплуатации при сверлении отверстий в древесностружечных плитах заключается в бездефектной обработке.

Таким образом, целью представленной работы является увеличение производительности оборудования при сверлении ламинированных ДСтП, за счет бесперерывного изменения скорости подачи при помощи новой конструкции сверлильного инструмента.

**Основная часть.** При обработке древесины различными видами инструмента в настоящее время используются разные режимы резания.

Интенсификация процессов механической обработки древесины способствует увеличению производительности и уменьшению трудоемкости производства деталей. Решение этой проблемы зависит от оптимальных качеств режущего инструмента, обеспечивающего высокие режимы резания при хорошем качестве и точности обработки.

В связи с тем, что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать технологические режимы, удовлетворяющие качественной обработке всех трех слоев одновременно (рис. 1) [1].

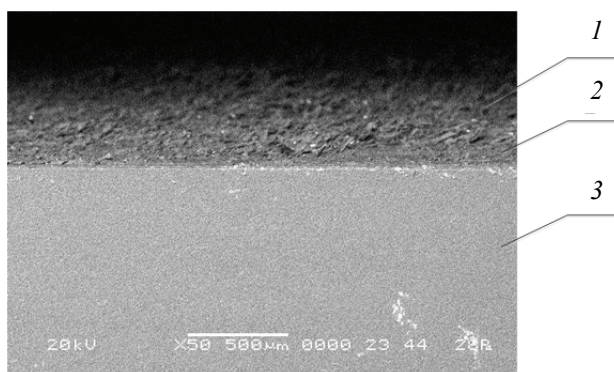


Рис. 1. Структура древесно-стружечной плиты:  
1 – плита ДСтП; 2 – связующее; 3 – ламинат

Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината с двух сторон рассматриваемого материала. Неправильно выбранный режим обработки приводит к появлению сколов, что недопустимо. Использование меньших скоростей подачи и большей частоты вращения сверла позволяет избавиться от такого рода брака, но негативно сказывается на производительности оборудования, периоде стойкости инструмента и энергопотреблении [2].

Существующие рекомендации по повышению эффективности оборудования при сверлении плитных материалов связаны с использованием подкладок под нижнюю пластину и на верхней пластине плитного материала, надежным закреплением и прижимом заготовок. Использование принудительной вытяжной системы во время сверления не исключает появления брака во время механической обработки.

Основными технологическими критериями, влияющими на качество сверления отверстий, выступают правильная геометрия режущего инструмента и грамотное назначение режимов резания. И если геометрические параметры сверл и их влияние на качество обработки изучено предметно, то при назначении режимов резания имеют место существенные трудности. Рекомендуемые производителями базовых материалов и твердосплавных сверл параметры обработки существенно различаются между собой. Поэтому на реальном производстве, как правило, режимы резания назначаются инженером-технологом, исходя из его производственного опыта, что приводит к повышенному расходу режущего инструмента, частым остановкам оборудования и повышенному появлению сколов вокруг кромок, как на входе, так и на выходе сверла из полукруглых отверстий [3].

Обеспечение качественной поверхности ламинированной древесностружечной плиты при сверлении отверстий является актуальной задачей, для решения которой разрабатываются новые алгоритмы программного управления станков, применяются современные инструментальные материалы, оптимизируются режимы обработки, а также проектируются новые конструкции сверлильного инструмента.

Существующие методики расчетов технологических режимов резания сверлением требуют усовершенствования. Устаревшая информация и теоретические изыскания, содержащиеся в научной и технической литературе, отсутствие конкретных практических данных не позволяют выполнять достоверные расчеты периода стойкости сверлильного инструмента и потребности в инструменте для выполнения заданного объема работ.

В связи с этим в данной работе спроектировано сверло спиральное сборное. Конструкция данного сверла состоит из хвостовика, тела сверла и двух пружин. Это сверло позволит, имея систему упругих элементов, с разными коэффициентами жесткости, обрабатывать древесностружечные плиты, в том числе и ламинированные, исключая возможность появления сколов на входе и выходе инструмента. Применение сверл данного типа в первую очередь позволит улучшить качество обработанной поверхности, а также повысить стойкость сверл, за счет уменьшения скорости подачи. Применение такого типа сверл также экономически выгодно, так как закупается только тело сверла, а хвостовики остаются прежние (рис. 2).

Данная конструкция сверла позволит реализовать изменение скорости подачи на этапе

входа и выхода инструмента из обрабатываемого материала.

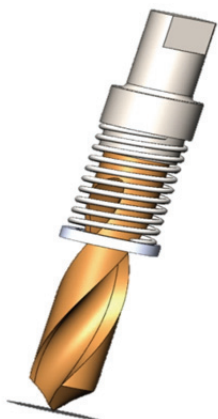


Рис. 2. Прототип предлагаемого инструмента

Изменяя параметры упругих элементов, можно применять данный инструмент для различных плитных материалов с разным покрытием по толщине и плотности.

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количество брака, увеличить производительность вместе со снижением энергопотребления.

Были проведены экспериментальные исследования, с целью выявления оптимальных скоростей подачи с получением качественной поверхности обработки, для трех различных диаметров сверл с конической заточкой [4].

Для выполнения опытов на многооперационной машине с числовым программным управлением Rover B 4.35 была написана специальная программа, которая включала в себя высверливания по два отверстия на каждый режим.

После выполнения испытательных запусков по проверке правильности программы в рабочую зону машины устанавливалась испытуемая заготовка и начиналась обработка (рис. 3).

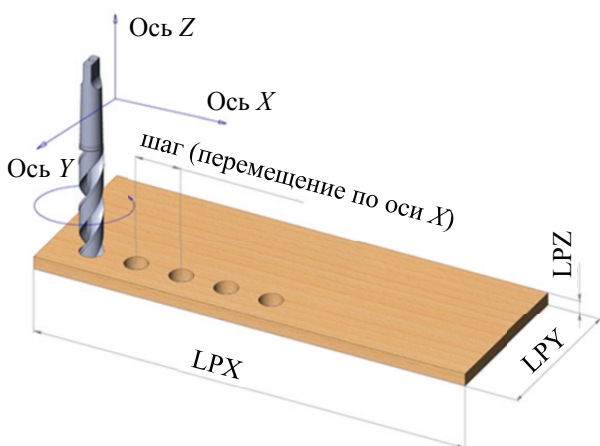


Рис. 3. Схема обработки испытуемой заготовки

На рис. 3 показано прямолинейное движение адаптивного инструмента, которое позволяет регулировать пятикоординатный шпиндельный узел обрабатывающего центра.

В программе реализована возможность настраивать значения требуемых переменных факторов, за исключением толщины стружки, которая изменялась косвенно через значение скорости подачи  $V_S$ .

Получение выходных данных и их обработка осуществляется с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) [5]. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис. 4.

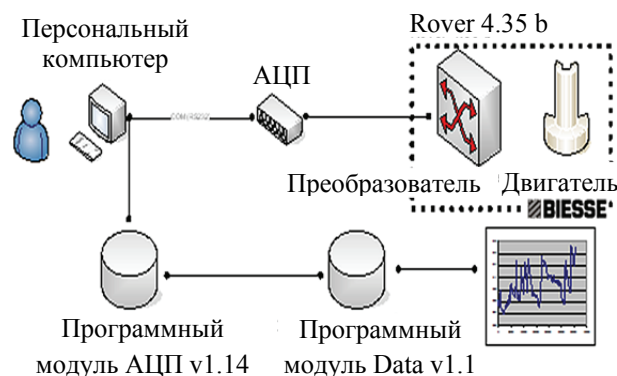


Рис. 4. Принципиальная схема

АЦП позволяет с точностью  $\pm 5$  Вт регистрировать в реальном режиме времени энергозатраты процесса.

Выходным показателем определялось значение потребляемой мощности на резание при работе адаптивного инструмента.

Экспериментальные опыты проводились с использованием винтовых сверл трех диаметров ( $D = 7, 8, 10$  мм) с конической заточкой, которые наиболее часто применяются на предприятиях, при следующих скоростях подачи  $V_S = 1-7$  м/мин. Частота вращения инструмента была выбрана от  $4000 \text{ мин}^{-1}$ , хотя в литературе рекомендуется использовать до  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . Такой выбор связан с тем, что в основном на предприятиях работают на высоких оборотах инструмента.

Для более удобного восприятия результатов эксперимента исследования мощности резания при вышеописанных переменных факторах будут представлены в графическом виде.

На рис. 5 дан график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 1$  м/мин.

На рис. 6 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 2$  м/мин.

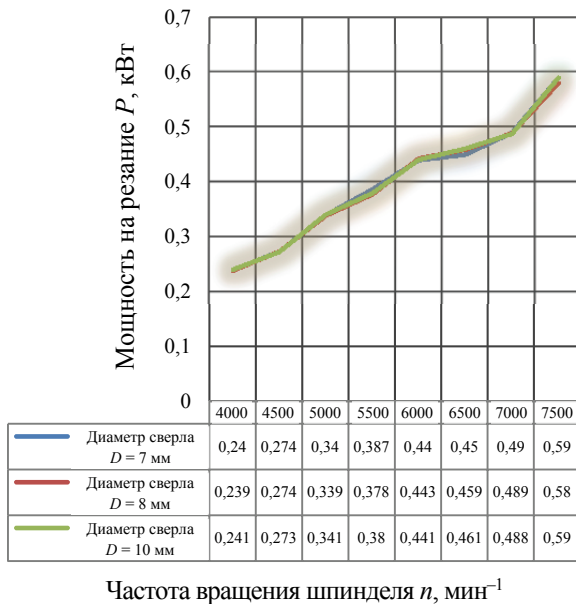


Рис. 5. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 1$  м/мин

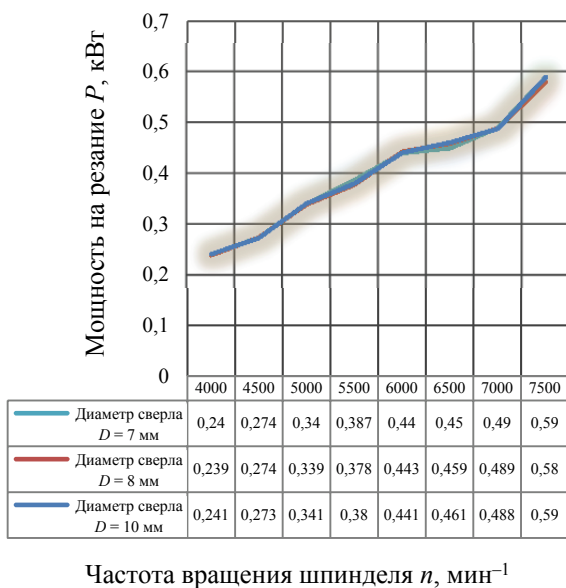


Рис. 6. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 2$  м/мин

На рис. 7 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 3$  м/мин.

На рис. 8 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 4$  м/мин.

10 мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 4$  м/мин.

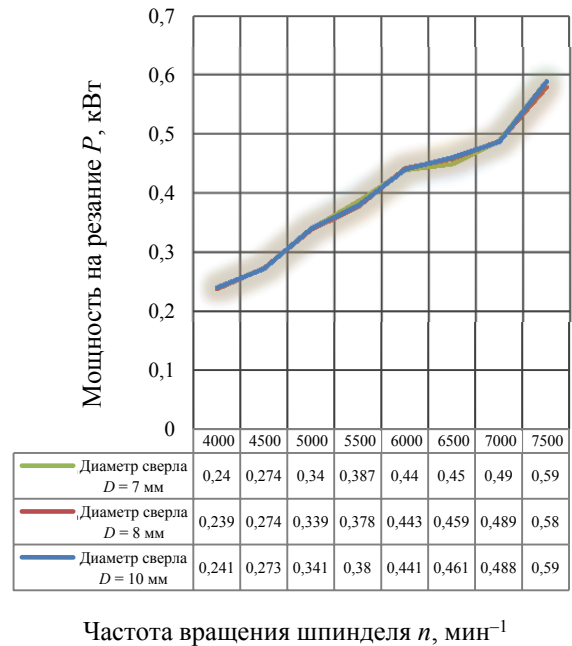


Рис. 7. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 3$  м/мин

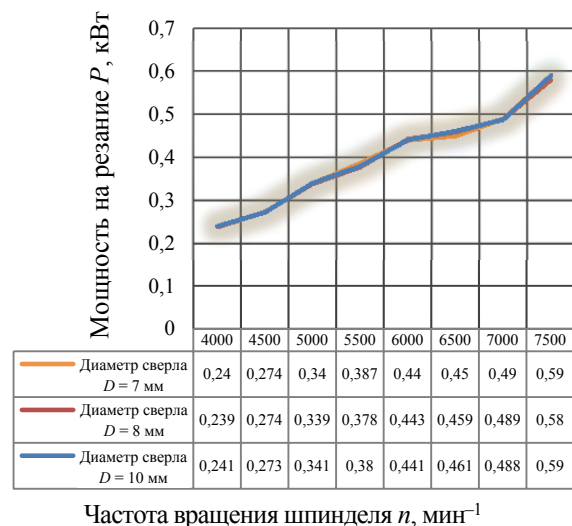
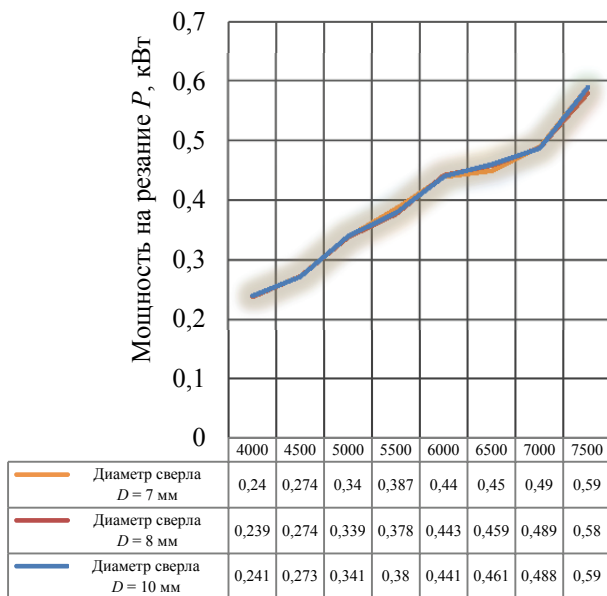


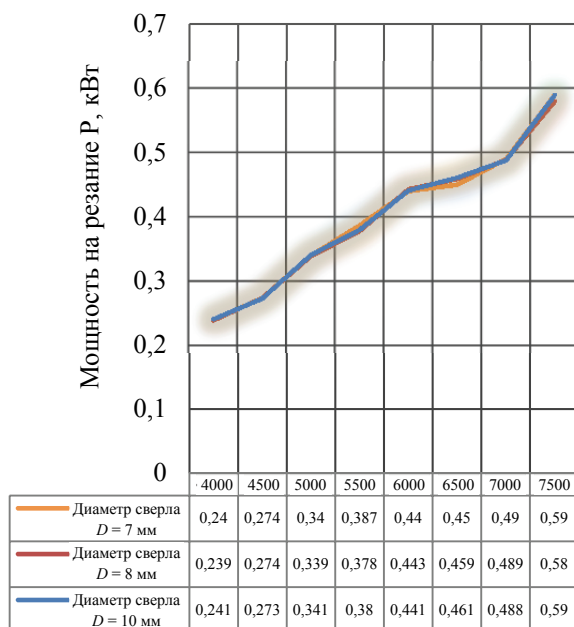
Рис. 8. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 4$  м/мин

На рис. 9 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 5$  м/мин.

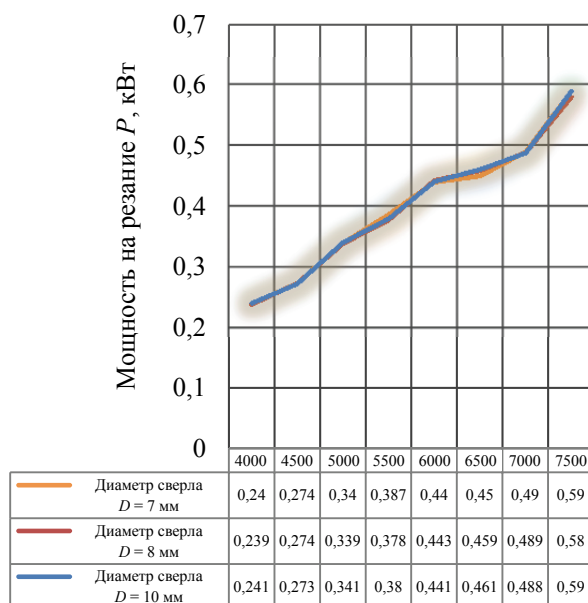


Частота вращения шпинделя  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$   
 Рис. 9. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 5$  м/мин

На рис. 10 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 6$  м/мин.



Частота вращения шпинделя  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$   
 Рис. 10. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 6$  м/мин



Частота вращения шпинделя  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$   
 Рис. 11. Изменение мощности на шпинделе при сверлении ламинированной древесностружечной плиты сверлами с различными диаметрами при постоянной скорости подачи  $V_S = 7$  м/мин

На рис. 11 представлен график зависимости мощности от частоты вращения шпинделя при трех разных диаметрах сверла ( $D = 7, 8, 10$  мм) при постоянной скорости подачи  $V_S = 7$  м/мин.

**Заключение.** Исходя из вышеприведенных графиков, можно установить, что зависимость мощности от частоты вращения шпинделя носит практически линейный характер или слабо-выраженные зависимости второго порядка. Анализ графиков на рис. 5–11 показывает, что потребление мощности на резание не особо отличается при трех разных диаметрах. И с увеличением частоты вращения и скорости подачи возрастает энергопотребление. На основании проведенных экспериментальных исследований по изучению зависимости качества обрабатываемой поверхности от изменения скорости подачи, а также частоты вращения можно сделать вывод, что изменение технологических режимов на скоростях подачи свыше 3 м/мин и частоте вращения до 5000  $\text{мин}^{-1}$  не обеспечивает получения поверхности высокого качества.

Одной из вероятных причин появления сколов является уменьшение заднего угла. Как показали расчеты, уменьшение заднего угла уже на среднем диаметре составляет порядка  $5^\circ$ .

Применение сверл данного типа в первую очередь позволит улучшить качество обработанной поверхности, а также повысить стойкость сверл за счет уменьшения скорости пода-

чи. Применение такого типа сверл также экономически выгодно, так как закупается только тело сверла, а хвостовики остаются прежние.

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количество брака.

### Список литературы

1. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесная промышленность, 1971. 339 с.
2. Цуканов Ю. А., Амалицкий В. В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1966. 94 с.
3. Бершадский А. Л. Резание древесины. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
4. Аникеенко А. Ф. Технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит, обеспечивающие установленное качество // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XII Международного евразийского симпозиума, 19–22 сент. 2017 г. / Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург, 2017. С. 197–201.
5. Волынский В. Н. Технология древесных плит и композитных материалов: учебно-справочное пособие. СПб.: Лань, 2010. 336 с.

### References

1. Grube A. E. *Derevorezhushchiye instrumenty* [Wood cutting tools]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 339 p.
2. Tsukanov Yu. A., Amalitskiy V. V. *Obrabotka rezaniyem drevesnostruzhechnykh plit* [Cutting processing of particle boards]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1966. 94 p.
3. Bershadskiy A. L. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1975. 303 p.
4. Anikeenko A. F. Technological modes of drilling laminated chipboard, ensuring the established quality. *Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovaiye, menedzhment XXI veka: Trudy XII Mezhdunarodnogo evraziyskogo simpoziuma* [Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century: proceedings of the XII International Eurasian Symposium]. Ural'skiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskiy universitet. Ekaterinburg, 2017, pp. 197–201 (In Russian).
5. Volynski V. N. *Tekhnologiya drevesnykh plit i kompozitnykh materialov* [Technology wood stoves and composite materials]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2010. 336 p.

### Информация об авторах

**Машорипова Татьяна Александровна** – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

**Аникеенко Андрей Федорович** – кандидат технических наук, доцент 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

**Mashoripova Tatiana Aleksandrovna** – PhD 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

**Anikeenko Andrey Fedorovich** – 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: dosy@belstu.by

Поступила 07.04.2020