

УДК 621.934

Т. А. Машорипова, А. Ф. Аникеенко

Белорусский государственный технологический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА
СВЕРЛЕНИЯ ДСтП СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ
С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Статья описывает влияние технологических параметров сверления древесностружечных плит сверлильным инструментом на мощностные характеристики. Исследования показали, что при увеличении диаметра сверла и подачи на резец мощность, затрачиваемая на резание, растет. Чтобы получить технологические режимы, отвечающие современным требованиям к качеству и производительности, было решено провести несколько экспериментов.

Объектами исследования являлись технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит.

Основная цель проводимых исследований в рамках данной работы – выполнение эксперимента на машине с ЧПУ на основе изученных зависимостей технологических режимов от состояния кромки отверстия и энергозатрат процесса сверления древесных материалов, позволяющих обеспечить требуемое качество при неизменно высокой производительности процесса и оптимальном энергопотреблении.

В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, в результате которых были получены реальные зависимости технологических режимов от качества и энергопотребления.

Ряд экспериментов был проведен с использованием методов математического планирования, которые позволяют создать надежную модель процесса сверления с учетом его качества и прочности. Размер скорости подачи, подачи на зуб и диаметр инструмента для каждого резца выбираются как переменные факторы.

Ключевые слова: мощность, параметры, древесностружечная плита, сверление, сверло.

Для цитирования: Машорипова Т. А., Аникеенко А. Ф. Исследование мощностных характеристик процесса сверления ДСтП спиральными сверлами с различными технологическими параметрами // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 178–183.

T. A. Mashoripova, A. F. Anikeenko

Belarusian State Technological University

**INVESTIGATION OF THE POWER CHARACTERISTICS OF THE CHIPBOARD DRILLING
PROCESS WITH SPIRAL DRILLS WITH VARIOUS TECHNOLOGICAL PARAMETERS**

The article describes the influence of the technological parameters of drilling particle boards with a drilling tool on the power characteristics. Studies have shown that with an increase in the diameter of the drill and the feed to the cutter, the power spent on cutting increases.

In order to obtain technological modes that meet modern requirements for quality and performance, it was decided to conduct several experiments.

The objects of the study were the technological modes of drilling laminated chipboard.

The main purpose of the conducted research within the framework of this work is to conduct an experiment on a CNC machine based on the studied dependencies of technological modes on the quality and energy consumption of the drilling process of wood materials, which allow to ensure the required quality with consistently high process performance and optimal energy consumption.

The method of carrying out the work – in the process of carrying out the work, experimental studies were carried out in order to obtain real dependencies of technological modes on quality and energy consumption.

A number of experiments were carried out using mathematical planning methods, which make it possible to create a reliable model of the drilling process taking into account its quality and strength. The size of the feed rate, feed per tooth, and tool diameter for each cutter are selected as variable factors.

Key words: power, parameters, particle board, drilling, drill.

For citation: Mashoripova T. A., Anikeenko A. F. Investigation of the power characteristics of the chipboard drilling process with spiral drills with various technological parameters. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258). pp. 178–183 (In Russian).

Введение. Теоретические исследования всегда являются приближенными и не учитывают всех факторов, которые влияют на переменную величину.

Как правило, экспериментальное решение инженерных задач сводится к нахождению закономерностей влияния входных переменных факторов процесса на выходные показатели. Полученные закономерности позволяют оценить воздействие входных переменных, что дает возможность в дальнейшем управлять технологическим процессом, делая его оптимальным [1].

Важными характеристиками инструмента, влияющими на качество обработки, силу и мощность резания, являются угол наклона винтовой канавки ϵ , угол подъема винтовой канавки τ , диаметр сверла D и угол при вершине 2ϕ (рис. 1). Распределение давления на лезвии сверла представлено на рис. 2 [2].

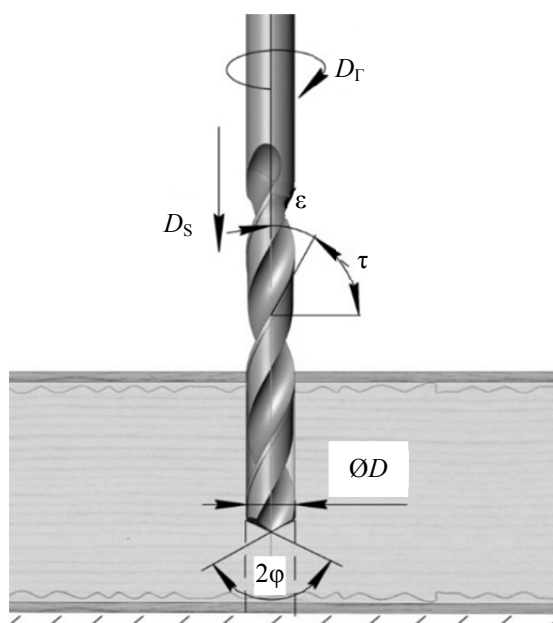


Рис. 1. Схема обработки сверлением

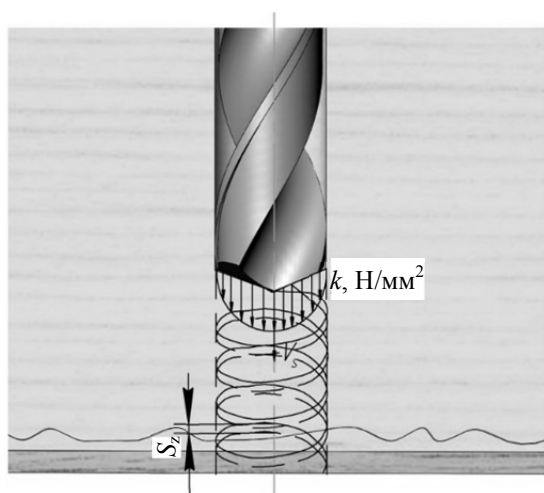


Рис. 2. Распределение давления на лезвии сверла

Основная часть. Цель исследования – определение мощности, затрачиваемой на резание при сверлении ДСтП спиральными сверлами различного диаметра с различной подачей на резец.

Основополагающими технологическими режимами, влияющими на качество обработки и энергетические показатели, являются: скорость подачи и скорость главного движения, которые напрямую влияют на кинематический угол η , определяющий кинематические задний и передний углы. В связи с этим одной из наиболее вероятных причин появления сколов является изменение заднего угла, который уменьшается от края к оси вращения и становится нулевым на оси вращения [3]. Согласно источнику [4], при применении средних диаметров можно добиться снижения мощности за счет уменьшения заднего кинематического угла на 5° .

Технологические режимы сверления должны составлять (по Цуканову Ю. А. и Грубе А. Э. [2, 5]):

- при обработке древесины и древесных материалов спиральными сверлами из инструментальных сталей $S_z = 0,15\text{--}0,8$ мм;
- при сверлении спиральными сверлами, оснащенными пластинами из твердого сплава, $S_z = 0,8\text{--}1,2$ мм;
- при обработке сверлами других типов $S_z = 1,0\text{--}2,0$ мм.

Технологические режимы сверления, согласно Глебову И. Т. [6], заключаются в следующем:

- для получения при сверлении поверхностей с шероховатостью $R_{z\text{max}} = 60\text{--}320$ мкм (по ГОСТ 7016-82) подача на один зуб $S_{об} = 0,7\text{--}2,2$ мм при сверлении мягких пород древесины и $S_{об} = 0,1\text{--}0,5$ мм при сверлении твердых пород;
- допустимая глубина сверления за один проход $t \leq (1\text{--}5)D$.

Исследования по технологическим режимам эксплуатации машин с числовым программным управлением являются актуальными в настоящее время и востребованными на деревообрабатывающих производствах нашей республики.

Количество оборотов сверла значительно влияет на температурный режим сверления, т. е. при максимальном числе оборотов возможен перегрев и даже прижигание стенок внутри отверстия. Это нежелательно, поскольку снижает износостойкость инструмента и ухудшает качество сверления. Согласно специальному исследованию, с этой точки зрения наилучшим числом оборотов является 2880 мин^{-1} .

Рациональные режимы резания при сверлении, рекомендуемые ведущими производителями дереворежущего инструмента [7–13], можно выбрать из диаграммы (рис. 3).

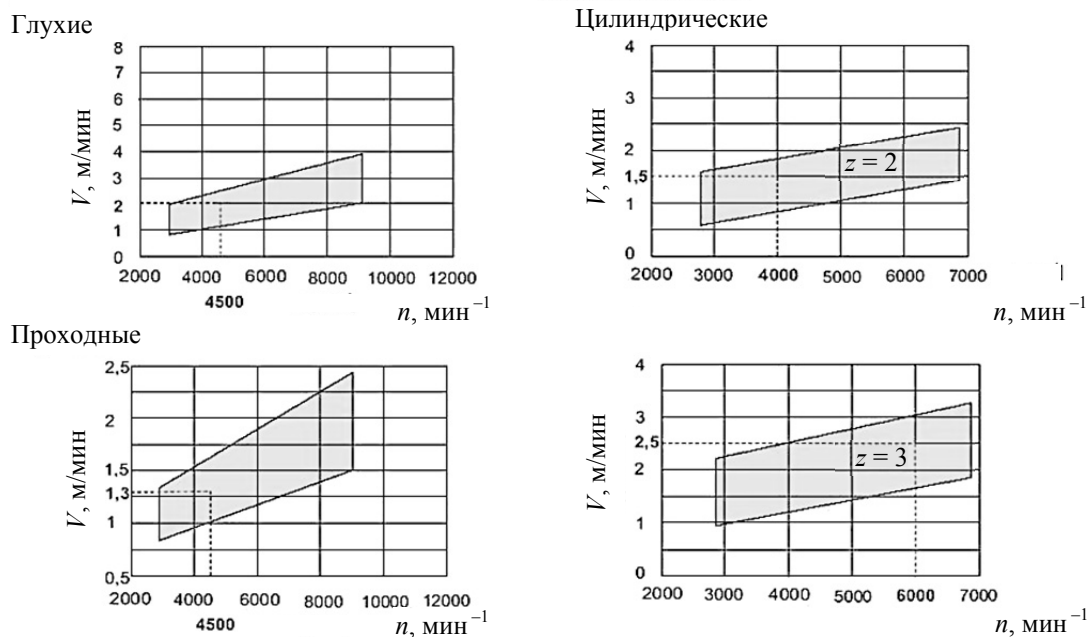


Рис. 3. Диаграмма числа оборотов

Мощность P , кВт, затрачиваемую на резание при сверлении ДСтП, определим по формуле [14]

$$P = K \frac{D \cdot \Delta \cdot V}{4 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где K – среднее условное давление резания, Дж/см³; D – диаметр сверла, мм; Δ – подача на один оборот, мм; V – скорость резания, м/с.

Подачу на один оборот определим по формуле

$$\Delta = S_z \cdot z, \quad (2)$$

где S_z – подача на резец, $S_z = 0,2$ мм; z – число резцов, $z = 2$.

Тогда подача на один оборот составит

$$\Delta = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ мм.}$$

Скорость резания определим по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (3)$$

где D – диаметр сверла, $D = 25$ мм; n – частота вращения вала, $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ [15].

Таким образом, можем найти скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 3,925 \text{ м/с.}$$

По таблице 17.3 [14] для сверла диаметром $D = 25$ мм и подачи на резец $S_z = 0,2$ мм выбираем значение среднего условного давления резания $K = 35,1$ Дж/см³. И тогда мощность составит

$$P = \frac{35,1 \cdot 25 \cdot 0,4 \cdot 3,925}{4 \cdot 1000} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Результаты расчета мощности, затраченной на резание при различных подачах на резец, представлены в табл. 1.

Экспериментальные исследования проводились на базе обрабатывающего центра с числовым программным управлением Rover В 4.3. Результаты представлены в табл. 2.

При выполнении экспериментальной части работ проведено четыре серии опытов с применением спиральных сверл разного диаметра и сверлением с различными подачами на резец.

Таблица 1

Расчетные значения мощности, затрачиваемой на резание

Подача на резец S_z , мм	Мощность P , кВт, при диаметре сверла D , мм			
	25	20	15	10
0,2	0,34	0,28	0,18	0,10
0,3	0,41	0,32	0,21	0,12
0,4	0,48	0,37	0,26	0,15
0,5	0,56	0,44	0,31	0,18
0,6	0,63	0,50	0,36	0,21

Таблица 2

Экспериментальные значения мощности, затрачиваемой на резание

Подача на резец S_z , мм	Мощность P , кВт, при диаметре сверла D , мм			
	25	20	15	10
0,2	0,31	0,25	0,15	0,10
0,3	0,39	0,30	0,20	0,11
0,4	0,44	0,34	0,24	0,13
0,5	0,54	0,42	0,30	0,16
0,6	0,63	0,48	0,34	0,20

Исследования показали, что при увеличении диаметра сверла и подачи на резец мощность, затрачиваемая на резание, растет. В свою очередь, значения мощности, полученные в результате расчета и экспериментальным путем, различаются не существенно. Поэтому для расчета мощности при сверлении ДСтП можно воспользоваться существующей методикой, изложенной в пособии [14], с которой довольно

точно можно определить мощности при сверлении.

Для наглядного сравнения на рис. 4 приведены графики изменения энергозатрат на мощность резания в зависимости от подачи на зуб при использовании сверл разного диаметра. Графики построены на основании значений, полученных по результатам расчетов и установленных экспериментально.

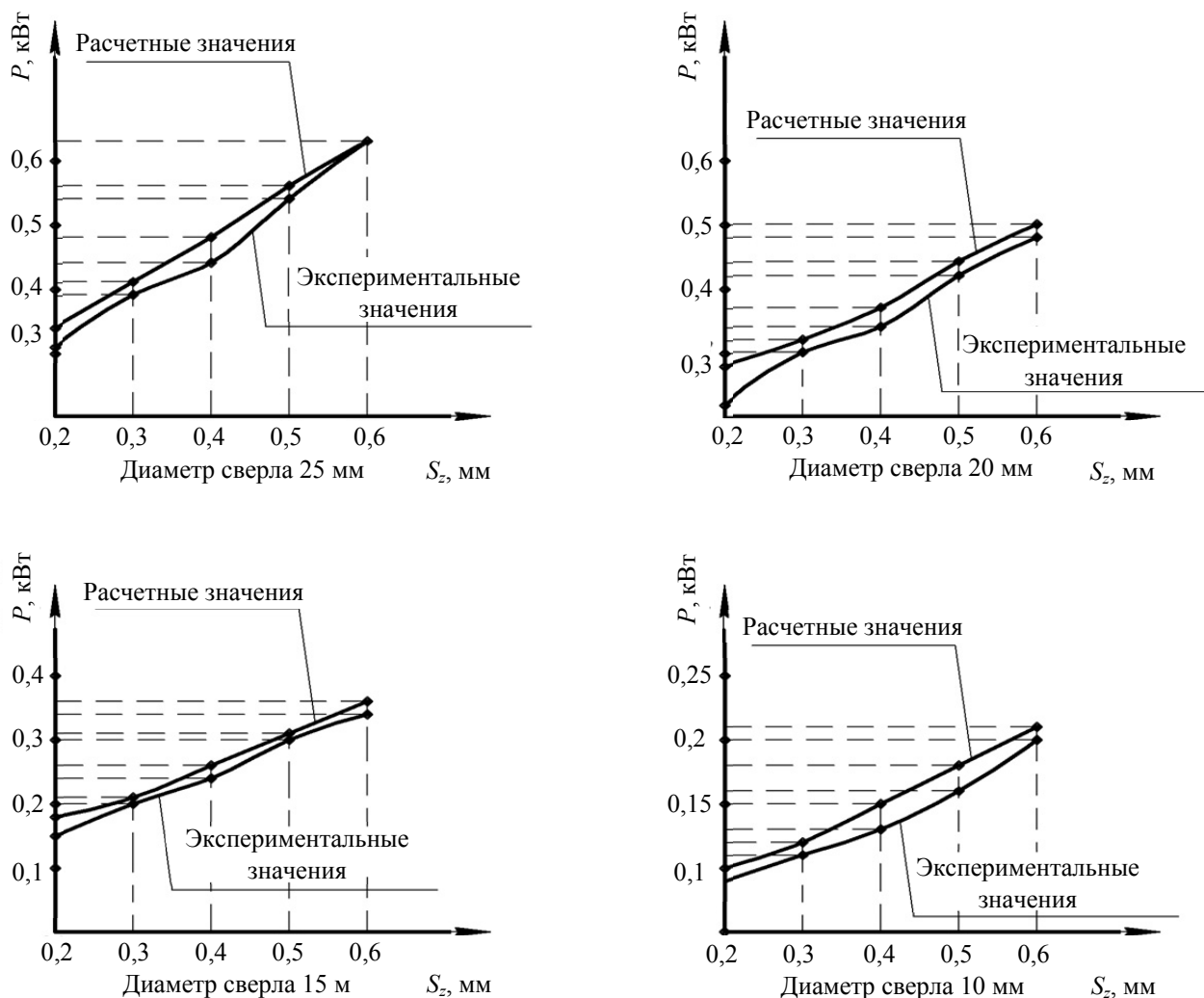


Рис. 4. Графики изменения энергозатрат на мощность резания в зависимости от подачи на зуб при использовании сверл разного диаметра

Заключение. При проведении научно-исследовательской работы были исследованы технологические режимы сверления ламинированных ДСтП с целью определения зависимости их влияния на качество получаемых отверстий с учетом энергоемкости процесса. Также при проведении экспериментальных исследований были получены фактические зависимости технологических режимов от качества и энергопотребления, на основе которых возможно разработать специальные алгоритмы управления машин с ЧПУ, позволяющие обеспечить требуемое качество при неизменно высокой производительности процесса и оптимальном энергопотреблении. К настоящему времени проведен ряд исследований по вопросам разработок новых конструкций сверл для обработки древесины и древесных материалов. Однако с созданием новых машин с числовым программным управлением и усовершенствованных конструкций сверлильного инструмента появляется необходимость проведения новых исследований, свя-

занных с рациональным и экономным использованием материальных и энергетических ресурсов, совершенствованием технологических режимов работы оборудования. Это позволяет экономить валютные средства предприятий и, как следствие, осуществлять импортозамещение, повышать конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Получение выходных данных и их обработка осуществляются с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Существующие сверлильные инструменты, предназначенные для обработки древесины твердых и мягких пород, плитных материалов, имеют один существенный недостаток: они предназначены для обработки только конкретного вида материала на определенных технологических режимах.

Исследования по технологическим режимам эксплуатации машин с числовым программным управлением являются актуальными в настоящее время и востребованными на деревообрабатывающих производствах нашей республики.

Список литературы

1. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 1984. 232 с.
2. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесная пром-сть, 1971. 339 с.
3. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины. Минск: Выш. шк., 1966. 176 с.
4. Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А., Гаранин В. Н. Влияние элементов режима сверления ламинированных древесностружечных плит на качество поверхности // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2017. № 2 (198). С. 391–394.
5. Цуканов Ю. А., Амалицкий В. В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесная пром-сть, 1966. 94 с.
6. Глебов И. Т. Сверление древесины и древесных материалов. СПб.: Лань, 2018. 112 с.
7. Сверлильный инструмент // Инструменты, дерево и пластик. URL: https://www.leuco.com/RU/RU/Boring_Bits (дата обращения: 22.03.2021).
8. Сверла // Деревообрабатывающий инструмент LEITZ. URL: <https://leitz.by/index.pl?act=SECTION§ion=sverla> (дата обращения: 10.03.2022).
9. Сверла // Дереворежущий инструмент FABA. URL: <https://faba78.ru/products/category/sverla> (дата обращения: 10.03.2022).
10. Сверла для присадочных станков // Деревообрабатывающий инструмент Freud-catalog. URL: <http://freud-catalog.ru/catalog/376/692/index.htm> (дата обращения: 10.03.2022).
11. Сверла для деревообработки // КАМИ – металлообрабатывающее, деревообрабатывающее оборудование, станки для мебельного производства, запасные части и инструмент. URL: <https://www.stanki.by/catalog/svyerla/> (дата обращения: 10.03.2022).
12. Сверла спиральные дереворежущие. Технические условия: ГОСТ 22057–76. М.: Изд-во стандартов, 1978. 21 с.
13. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Технические условия: ГОСТ 10902–77*. М.: Изд-во стандартов, 1979. 23 с.
14. Гришкевич А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Минск: БГТУ, 2012. 109 с.
15. Руководство по эксплуатации программного обеспечения Biesse Application for XNC 2. Пересмотр: 2.2. Русский экз. Пезаро: Завод деревообрабатывающего оборудования «BIESSE», 1999. 221 с.

References

1. Pizhurin A. A., Rozenblit M. S. *Issledovaniya protsessov derevoobrabotki* [Studies of woodworking processes]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 232 p. (In Russian).

2. Grube A. E. *Derevozhezhuschchye instrumenty* [Woodworking tools]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 339 p. (In Russian).
3. Bershadskiy A. L. *Raschet rezhimov rezaniya drevesiny* [Computation of cutting wood]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1966. 176 p. (In Russian).
4. Anikeenko A. F., Grishkevich A. A., Garanin V. N. The influence of the elements of the mode of drilling laminated chipboard on the surface quality. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2 (198), pp. 391–394 (In Russian).
5. Tsukanov Yu. A., Amalitskiy V. V. *Obrabotka rezaniyem drevesnostruzhechnykh plit* [Chipboard cutting]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1966. 94 p. (In Russian).
6. Glebov I. T. *Sverleniye drevesiny i drevesnykh materialov* [Drilling of wood and wood materials]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2018. 112 p. (In Russian).
7. Drilling tools. Available at: https://www.leuco.com/RU/RU/Boring_Bits (accessed 10.03.2022) (In Russian).
8. Drills. Available at: <https://leitz.by/index.pl?act=SECTION§ion=sverla> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
9. Drills. Available at: <https://faba78.ru/products/category/sverla> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
10. Drill bits for filler machines. Available at: <http://freud-catalog.ru/catalog/376/692/index.htm> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
11. Drills for woodworking. Available at: <https://www.stanki.by/catalog/svyerla/> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
12. GOST 22057–76. Wood-cutting spiral drills. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1978. 21 p. (In Russian).
13. GOST 10902–77. Spiral drills with a cylindrical shank. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1979. 23 p. (In Russian).
14. Grishkevich A. A. *Mekhanicheskaya obrabotka drevesiny i drevesnykh materialov, upravleniye protsessami rezaniya* [Mechanical processing of wood and wood materials, control of cutting processes]. Minsk, BGTU Publ., 2012. 109 p. (In Russian).
15. *Rukovodstvo po ekspluatatsii programmnogo obespecheniya "Biesse Application for XNC 2"* [Operating manual of the Biesse Application for XNC 2 software]. Revision: 2.2. Pesaro, BIESSE Woodworking Equipment Factory, 1999. 221 p. (In Russian).

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: t.a.mashoripova@mail.ru

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: t.a.mashoripova@mail.ru

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 16.03.2022