

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СМЕШАННОГО РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ШПОН

А.Н. Чемоданов, Ренат Х. Гайнуллин, Ришат Х. Гайнуллин

Поволжский государственный технологический университет, 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3.  
chemodanovan@volgatech.net

В литературе часто описывают получение шпона строганием поперек или вдоль волокон. Эти виды строгания достаточно хорошо изучены, экспериментальным путем получены поправочные коэффициенты, необходимые для расчетов энергосиловых параметров резания. Между тем определенный интерес представляет смешанное строгание. Для его обоснования необходим комплекс теоретических и экспериментальных исследований, разработка математической модели процесса смешанного резания, определение поправочных коэффициентов, заключение об эффективности реализации смешанного строгания, выработка предложений по проектированию необходимого оборудования. В статье отражены причины необходимости уточнения результатов исследования продольного и поперечного строгания и их неприменимости к получению шпона смешанным строганием. Описана методика расчета усилий резания при смешанном строгании древесины на шпон. Для разработки математической модели процесса строгания поставлена задача объемным методом определить усилия, возникающие в процессе строгания, а также получить значения поправочных коэффициентов для учета степени обжима и толщины шпона. Для сравнительной оценки способов строгания и выбора лучшего в качестве критериев оценки могут быть использованы качество поверхности (шероховатость) шпона и удельная энергоемкость процесса строгания. Такие данные необходимы по основным, образующим состав насаждений, породам, используемым в качестве сырья для производства шпона. Данные необходимо свести в таблицу для размещения в нормативно-справочной литературе с целью последующего использования.

**Ключевые слова:** древесина, шпон, смешанное строгание, поправочные коэффициенты, математическая модель

**Ссылка для цитирования:** Чемоданов А.Н., Гайнуллин Ренат Х., Гайнуллин Ришат Х. Определение силовых характеристик процесса смешанного резания древесины на шпон // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 1. С. 48–53. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-48-53

Разработка современных технологий механической обработки древесины подразумевает создание и новых видов оборудования. Однако невозможно создать оборудование, не зная закономерностей процессов, происходящих при обработке древесины. Основная часть процессов механической обработки древесины характеризуется энергосиловыми параметрами. Не является исключением и процесс изготовления строганого шпона при смешанном резании вращающимся режущим блоком. В данном случае при проектировании оборудования необходимо отталкиваться от силовых характеристик процесса строгания, которые непосредственно связаны с теорией резания древесины.

Вопросы стружкообразования при строгании древесины на шпон подробно освещены в трудах различных авторов ([1–4] и др.). Однако все они относятся к получению шпона строганием поперек или вдоль волокон. Соответственно, и силовые расчеты процесса, строгания шпона тоже относятся к поперечному и продольному строганию. С появлением технологии и оборудования для смешанного строгания древесины на шпон [5, 6] возникла необходимость в выявлении закономерностей процессов образования стружки, энергозатрат и т. д.

Большинством авторов [2, 3, 7] при поступательно движущемся режущем инструменте усилие резания при строгании древесины на шпон определялось как сумма двух составляющих, действующих со стороны лезвия ножа ( $P_{\Delta}$ ) и прижимной линейки ( $P_{\Pi}$ ), объединенных в одно усилие ( $P_{\text{бл}}$ ) (рис. 1)

$$P_{\text{бл}} = P_{\Delta} + P_{\Pi}$$

Для упрощения расчетов в работах [2, 7] силу  $P_{\text{бл}}$ , действующую на заготовку со стороны блока нож – прижимная линейка, принимают как произведение

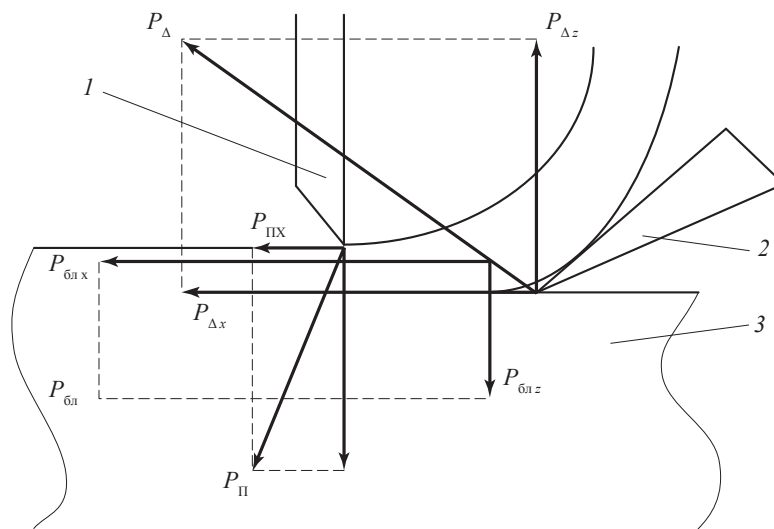
$$P_{\text{бл}} = P_1 b,$$

где  $P_1$  — единичная сила резания гидротермически обработанной древесины с обжимом стружки прижимной линейкой, Н;  
 $b$  — ширина стружки, равная длине заготовки, м.

Для определения единичной силы резания авторы [3, 7] воспользовались формулой

$$P_1 = P_{1 \text{ табл}} a_{\Pi} a_t a_p a_{\phi},$$

где  $P_{1 \text{ табл}}$  — табличное значение единичной силы резания гидротермически обработанной древесины, Н;



**Рис. 1.** Схема сил, действующих на заготовку со стороны реза и прижимной линейки при строгании шпона поперек волокон древесины: 1 — прижимная линейка, 2 — резец, 3 — заготовка

**Fig. 1.** Diagram of the forces acting on the workpiece by the tool and the hold-down device when planing across the grain of the wood veneer 1 — a hold-down device, 2 — a cutter, 3 — a workpiece

$a_{п}, a_{р}, a_{p}, a_{ф}$  — поправочные коэффициенты для учета соответственно: породы древесины, температуры древесины, затупления ножа и линейки, угла наклона лезвия ножа к направлению волокон древесины.

Численные значения  $P_{1\text{ бл табл}}$  определяются экспериментальным путем для различных условий. Данный метод очень трудоемок ввиду большого количества опытов.

В работах [8, 9] усилие резания при строгании определяется как сумма сил  $P_p$  резания древесины и силы  $P_T$  трения от обжима,

$$P_{\text{бл}} = P_p + P_T. \tag{1}$$

В свою очередь, силы  $P_p$  резания и  $P_T$  трения определяются по зависимостям

$$P_p = Kbe, P_T = pbf,$$

где  $K$  — удельное сопротивление резанию древесины,  $\text{H/m}^2$ ;

$b$  — ширина стружки, м;

$e$  — толщина стружки, м;

$p$  — интенсивность обжима на единицу длины прижимной линейки,  $\text{H/m}$ ;

$f$  — коэффициент трения прижимной линейки по древесине.

Значения  $p$  и  $f$  определяют экспериментальным путем. Однако указанные величины изменяются в широких пределах, что затрудняет их определение при различных условиях.

Зависимость (1) подробно рассмотрена в работе [4] с точки зрения механико-математического метода исследования процессов резания древесины применительно к продольному строганию шпона. Данная методика справедлива

исключительно для прямолинейного движения режущего суппорта.

Авторами [1, 10, 11] для определения усилия резания при строгании предложена формула

$$P_{\text{бл}} = Kel, \tag{2}$$

где  $K$  — удельное сопротивление резанию при строгании,  $\text{H/m}^2$ ;

$e$  — толщина шпона, м;

$l$  — длина заготовки, м.

При дальнейших расчетах удельного сопротивления резанию при строгании авторы [1, 11] на основании экспериментальных данных получили уравнение

$$K = 0,118V^{-0,266}e^{-0,314t-0,173\Delta}0,4+0,5S+1,1/\Delta,$$

где  $V$  — скорость резания, м/с;

$e$  — толщина шпона, м;

$t$  — температура заготовки,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta$  — степень обжима древесины.

Вычисление удельного сопротивления  $K$  резанию при строгании затрудняется без наличия вычислительной техники ввиду сложных степенных зависимостей.

Для упрощения расчетов указанная зависимость автором [10] представлена в виде

$$K = K_0 a_{п} a_{v} a_{h} a_{р} a_{\Delta}, \tag{3}$$

где  $K_0$  — основное удельное сопротивление резанию,  $\text{H/m}^2$ ;

$a_{п}, a_{v}, a_{h}, a_{р}, a_{\Delta}$  — поправочные коэффициенты для учета соответственно: породы древесины, скорости резания, толщины шпона, температуры древесины, степени обжима древесины.

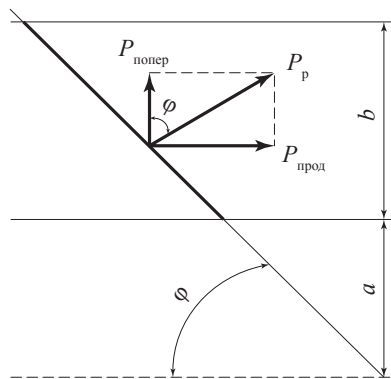


Рис 2. Схема направления сил резания при смешанном строгании древесины

Fig. 2. The scheme of the direction of cutting forces in combined wood planing

Вышеупомянутые поправочные коэффициенты определены экспериментально и широко используются для технологических расчетов.

Смешанное резание древесины при вращающемся движении диска с ножами происходит в рубительных машинах. Однако сходство со строганием шпона заключается только во вращательном движении режущего органа. Конструкция режущего суппорта рубительных машин не имеет прижимной линейки, а плоскость резания не параллельна волокнам древесины, в результате чего получается щеп, а не шпон. Соответственно, и методика силовых расчетов не подходит для строгания шпона.

Наиболее близкой по технической сути является конструкция дощестрогального станка дискового (ротационного) типа [9]. Для определения силовых характеристик работы данной конструкции используется выражение (1).

Все описанные методики расчета усилий резания справедливы для поперечного и продольного строгания древесины на шпон. Ни в одной из методик не учитываются изменения характеристик при строгании древесины вращающимся механизмом резания. Таким образом, рассмотренные методики не позволяют определять усилия резания при смешанном строгании.

**Целью** настоящей работы является создание математической модели процесса смешанного строгания древесины на шпон вращающимся механизмом резания. Для этого необходимо решить следующие задачи: объемным методом определить усилия, возникающие в процессе смешанного строгания; аналитико-экспериментальным методом получить численные значения поправочных коэффициентов для учета толщины и степени обжима шпона.

### Аналитическое моделирование

Наиболее подходящей для расчета усилий резания при смешанном строгании шпона вращаю-

щимся механизмом резания является формула (2) предложенная авторами [10, 11]. Необходимо оговориться, что выражение (2) для нашего случая будет выглядеть следующим образом

$$P_{\text{вл}} = kbh,$$

где  $k$  — удельное сопротивление резанию при строгании древесины с обжимом, Н/м<sup>2</sup>;

$b$  — ширина заготовки, м;

$h$  — толщина шпона, м.

Рассмотрим каждую из составляющих в отдельности.

Величина  $b$  — ширина заготовки — является постоянной. Толщина шпона  $h$  варьируется в зависимости от нужд производства. Основной интересующей нас величиной является  $k$  — удельное сопротивление резанию при строгании. Рассмотрим случай резания древесины вращающимся ножом без обжима (рис. 2).

Для этого случая усилие  $P_p$  резания в алгебраической форме примет вид

$$P_p = \sqrt{P_{\text{попер}}^2 + P_{\text{прод}}^2}, \tag{4}$$

где  $P_{\text{попер}}$  и  $P_{\text{прод}}$  — усилия резания, направленные соответственно перпендикулярно и вдоль волокон древесины, определяются по выражениям

$$P_{\text{попер}} = k_{\text{попер}} h b \cos \varphi, \tag{5}$$

$$P_{\text{прод}} = k_{\text{прод}} h b \sin \varphi, \tag{6}$$

где  $k_{\text{попер}}$  и  $k_{\text{прод}}$  — удельное сопротивление резанию соответственно поперек и вдоль волокон древесины, Н/м<sup>2</sup>;

$b \cos \varphi$  — ширина срезаемой стружки в поперечном направлении, м;

$b \sin \varphi$  — ширина срезаемой стружки в продольном направлении, м.

С учетом (5) и (6) выражение (4) примет вид

$$P_p = \sqrt{(k_{\text{попер}} h b \cos \varphi)^2 + (k_{\text{прод}} h b \sin \varphi)^2}. \tag{7}$$

Выделив из подкоренного выражения (7) величины  $h$  и  $b$ , получим

$$P_p = hb \sqrt{(k_{\text{попер}} \cos \varphi)^2 + (k_{\text{прод}} \sin \varphi)^2}, \tag{8}$$

где  $\sqrt{(k_{\text{попер}} \cos \varphi)^2 + (k_{\text{прод}} \sin \varphi)^2}$  — удельное сопротивление резанию при вращательном движении ножа.

При идеальных условиях  $k_{\text{попер}} = k_0^\# = 4,9$  МПа;  $k_{\text{прод}} = k_0^// = 6,9$  МПа.

Обозначим через  $k_0^\varphi$  основное значение удельного сопротивления резанию древесины при различных углах  $\varphi$ . Тогда

$$k_0^\varphi = \sqrt{(k_0^\# \cos \varphi)^2 + (k_0^// \sin \varphi)^2}. \tag{9}$$

**Сравнение экспериментальных и теоретических данных  
о силе резания при строгании шпона**

The comparison of the experimental and theoretical data on the strength of the cutting planing veneer

Опыт	Толщина шпона $h$ , мм	Степень обжима $\Delta$ , %	Сила резания, Н		Отклонение (ошибка), %
			экспериментальная	теоретическая вычисленная по (11) с учетом (10), (12–14)	
1	1,0	10	365	362,25	0,75
2	1,0	15	378	379,5	0,4
3	1,0	20	395	396,75	0,44
4	1,5	10	409	407,5	0,37
5	1,5	20	443	446,3	0,74
6	2,0	10	526	521,64	0,83
7	2,0	15	544	546,5	0,46
8	2,0	20	575	571,3	0,64

Значения удельного сопротивления  $k_0^\phi$  резанию древесины при различных углах  $\phi$

$\phi,^\circ$ .....	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$k_0^\phi$ , МПа.....	4,9	5,06	5,47	5,98	6,45	6,78	6,90

Аналогично (3), удельное сопротивление резанию при смешанном строгании шпона вращающимся механизмом резания можно записать как

$$k^\phi = k_0^\phi a_{\text{попр}},$$

где  $a_{\text{попр}}$  — коэффициент поправки на различные условия.

Значение  $a_{\text{попр}}$  будет представлять собой произведение различных коэффициентов для учета толщины строгаемого шпона, степени обжима, породы, влажности, температуры древесины и т. д. Основными интересующими нас коэффициентами являются  $a_\Delta$  — коэффициент поправки на степень обжима шпона,  $a_h$  — коэффициент поправки на толщину срезаемого шпона. Произведение оставшихся поправочных коэффициентов обозначим как  $a_{\text{попр}}$  — коэффициент пропорциональности.

Таким образом, удельное сопротивление резанию при смешанном строгании шпона

$$k^\phi = k_0^\phi a_\Delta a_h a_{\text{попр}}. \tag{10}$$

Поскольку в формуле (8) не учитывается обжим древесины, с помощью формулы (10) определим усилие на блоке нож–прижимная линейка как

$$P_{\text{бл}} = k^\phi hb. \tag{11}$$

Исходя из условий проведения эксперимента и его результатов [12], определим численные

значения вышеуказанных коэффициентов. Коэффициент  $a_\Delta$  находим из выражения

$$a_\Delta = k^\phi / k_0^\phi. \tag{12}$$

Здесь необходимо внести ясность. Величина  $k^\phi$  будет рассчитываться не по выражению (10), а исходя из экспериментальных данных по формуле

$$k^\phi = P_{\text{бл}} / hb.$$

Коэффициент  $a_\Delta$  не зависит от толщины строгаемого шпона.

Численные значения коэффициента поправки на степень обжима

Степень обжима, %.....	10	15	20
Значение коэффициента $a_\Delta$ .....	1,05	1,10	1,15

Таким образом, коэффициент поправки на толщину срезаемого шпона

$$a_h = (P_{\text{бл}}^h / h) / P_{\text{бл}}^{1,0}, \tag{13}$$

где  $P_{\text{бл}}^h$  — усилие резания при строгании шпона толщиной, отличной от 1 мм, Н;

$P_{\text{бл}}^{1,0}$  — усилие резания при строгании шпона толщиной 1 мм, Н.

Численные значения коэффициента  $a_h$ , определенные для разных толщин шпона, полученного при одинаковых степенях обжима

Толщина шпона, мм.....	1	1,5	2,0
Значение коэффициента $a_h$ .....	1,0	0,75	0,72

Оставшийся коэффициент  $a_{\text{проп}}$ , вероятнее всего, будет представлять собой произведение

некоторых коэффициентов, влияние которых не принято во внимание. Однако численное значение данного коэффициента приблизительно равно отношению

$$a_{\text{проп}} = k_0^\varphi / k_0^{\prime\prime}. \quad (14)$$

Значение данного коэффициента справедливо при  $\varphi \geq 60^\circ$  (из условий эксперимента). Таким образом, удельное сопротивление резанию при смешанном строгании шпона

$$k^\varphi = k_0^\varphi a_{\Delta} a_h (k_0^\varphi / k_0^{\prime\prime}).$$

Для определения степени соответствия расчетных значений усилия резания, найденных по выражению (11), сравним их с экспериментальными данными, как показано в таблице.

## Выводы

1. Аналитическим методом определено основное значение удельного сопротивления резанию древесины при различных углах  $\varphi$  (см. формулу (9)).

2. Сопоставлением экспериментальных и теоретических данных получены численные значения поправочных коэффициентов:

—  $a_{\Delta}$  при строгании шпона разными степенями обжима;

—  $a_h$  при строгании шпона различной толщины;

—  $a_{\text{проп}}$  — коэффициент пропорциональности (см. формулу (14)).

3. Разработана математическая модель (см. формулу (11)) процесса смешанного резания древесины на шпон вращающимся механизмом резания с учетом поправочных коэффициентов.

4. Сравнение теоретических и экспериментальных данных показало высокую степень их согласованности (см. таблицу).

## Список литературы

- [1] Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесная пром-сть, 1971. 344 с.
- [2] Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесная пром-сть, 1986. 296 с.
- [3] Михеев И.И., Воронов В.А., Любченко В.И. Производство лущеного и строганого шпона. М.: Высш. шк., 1970. 246 с.
- [4] Гайнуллин Ренат Х. Обоснование технологических параметров продольного резания древесины на шпонострогальном станке. Дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01, 05.21.05; защищена 27.12.10; утв. 06.05.11. Йошкар-Ола, 2010. 153 с.
- [5] Гайнуллин Ренат Х., Гайнуллин Ришат Х. Патент 2373047 Россия. МПК В27Л5/00. Способ изготовления строганого шпона. (РФ) № 2008140549/12; заявл. 13.10.2008; опубл. 20.11.2009, бюл. № 32.
- [6] Патент 2484952 Россия. МПК В27Л5/06. Шпонострогальный станок. / Гайнуллин Ришат Х., Гайнуллин Ренат Х., Чемоданов А.Н., Анисимов С.Е., Царев П.Е. (РФ) № 2011147949/13; заявл. 24.11.2011; опубл. 20.06.2013, бюл. № 17.
- [7] Плахов В.Н. Производство строганого шпона. М.: Лесная пром-сть, 1975. 128 с.
- [8] Дешевой М.А. Механическая технология дерева. Л.: Кубуч, 1934. Ч. I. 550 с.
- [9] Манжос Ф.М. Дереворежущие станки. 2-е изд., перераб. М.: Лесная пром-сть., 1974. 456 с.
- [10] Бершадский А.Л. Резание древесины. М.: Гослесбуиздат, 1955. 328 с.
- [11] Ивановский Е.Г. Станки и инструменты по механической обработке древесины. Л.: ВЗЛТИ, 1959. 63 с.
- [12] Чемоданов А.Н., Гайнуллин Ренат Х., Гайнуллин Ришат Х. Результаты исследования процесса смешанного резания древесины на шпон // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2016. Т. 20. № 6. С. 67–72.

## Сведения об авторах

**Чемоданов Александр Николаевич** — канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой деревообрабатывающих производств ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», e-mail: chemodanovan@volgatech.net

**Гайнуллин Ренат Харисович** — канд. техн. наук, доцент кафедрой деревообрабатывающих производств ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», e-mail: gainylinrh@yandex.ru

**Гайнуллин Ришат Харисович** — аспирант ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», e-mail: rishat\_000@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.11.2016 г.

## THE DETERMINATION OF THE MIXED WOOD CUTTING PROCESS POWER CHARACTERISTICS IN VENEER-SAWING INDUSTRY

A.N. Chemodanov, Ren.Kh. Gainullin, Rish.Kh. Gainullin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Volga State University of Technology»  
Lenin Sq., 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russia

chemodanovan@volgatech.net

The remarkable thing is that the scientific works by most of the authors are about veneer production with planing across or along grain. These types of planing are rather well-studied, there have also been found some correction factors which are necessary to calculate the cutting fuel cell indexes. Meanwhile, the mixed planing is of a particular interest. It is necessary to get the complex of both theoretical and experimental research to develop a mathematical model of the mixed cutting process, to determine the correction factors, to make the conclusion about the efficiency of implementation of mixed planing, and to suggest some offers on designing the necessary equipment. The article deals with the reasons which make it necessary to precise the results of longitudinal and transversal planing studies and to show the inapplicability of these results in the mixed planing veneer production. It describes the method of the cutting efforts calculation in the case of mixed wood planing. To develop a mathematical model of the planning process it is useful to determine the planing efforts during the volumetric procedure and to get the correction factors taking into account the crimp degree and the veneer thickness. The surface quality (veneer roughness) and energy intensity of the planning process can be used to make a comparative evaluation and a planing way choice. It is necessary to get such data on the composition forming species used as raw materials in the veneer production. The data need to be tabulated and published in regulatory reference books for the subsequent use.

Keywords: wood, veneer, mixed planing, correction factors, a mathematical model

**Suggested citation:** Chemodanov A.N., Gainullin Ren.Kh., Gainullin Rish.Kh. *Opreделение silovykh kharakteristik protsessy smeshannogo rezaniya drevesiny na shpon* [The determination of the mixed wood cutting process power characteristics in veneer-sawing industry]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 1, pp. 48–53. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-48-53

### References

- [1] Grube A.E. *Derevrezhushchie instrumenty* [Woodworking tools]. Moscow. Lesnaya promyshlennost' Publ, 1971, 344 p.
- [2] Lyubchenko V.I. *Rezanie drevesiny i drevesnykh materialov* [Cutting of wood and wood materials], Moscow. Lesnaya promyshlennost' Publ, 1986, 296 p. (in Russian)
- [3] Mikheev I.I., Voronov V.A., Lyubchenko V.I. *Proizvodstvo lushchenogo i stroganogo shpona* [Production of peeled and sliced veneer], Moscow, 1970. 246 p. (in Russian)
- [4] Gaynullin R.Kh. *Obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov prodol'nogo rezaniya drevesiny na shponostrogal'nom stanke* [Substantiation of technological parameters of the longitudinal wood cutting on the slicing machine], Yoshkar-Ola, 2010, 153 p. (in Russian)
- [5] Gaynullin Ren.Kh., Gaynullin Rish.Kh. *Sposob izgotovleniya stroganogo shpona* [Sliced veneer manufacturing method], Patent RF, no. 2373047, 2009. (in Russian)
- [6] Gaynullin Rish.Kh., Gaynullin Ren.Kh., Chemodanov A.N., Anisimov S.E., Tsarev P.E. *Shponostrogal'nyy stanok* [Slicing machine], Patent RF, no. 2484952, 2013. (in Russian)
- [7] Plakhov V.N. *Proizvodstvo stroganogo shpona* [Production of veneer]. Moscow. Lesnaya promyshlennost' Publ, 1975, 128 p. (in Russian)
- [8] Deshevoy M.A. *Mekhanicheskaya tekhnologiya dereva* [Mechanical wood technology], Leningrad, 1934, 550 p.
- [9] Manzhos F.M. *Derevrezhushchie stanki* [Wood-cutting machines]. Moscow. Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1986, 296 p. (in Russian)
- [10] Bershadskiy A.L. *Rezanie drevesiny* [Wood cutting], Moscow, 1955, 328 p. (in Russian)
- [11] Ivanovskiy E.G. *Stanki i instrumenty po mekhanicheskoy obrabotke drevesiny* [Machines and tools for mechanical wood processing], Leningrad, 1959, 63 p. (in Russian)
- [12] Chemodanov A.N., Gainullin Renat Kh., Gainullin Rishat Kh. *Rezultaty issledovaniya protsessy smeshannogo rezaniya drevesiny na shpon* [The results of the mixed wood cutting process research in veneer-sawing industry]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2016, v. 20, no. 6, pp. 67–72. (in Russian)

### Author's information

**Chemodanov Aleksandr Nikolaevich** — Cand. Sci. (Tech.), Professor, Head of the woodworking Volga State University of Technology, e-mail: chemodanovan@volgatech.net

**Gaynullin Renat Kharisovich** — Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of woodworking Volga State University of Technology, e-mail: gainyllinrh@yandex.ru

**Gaynullin Rishat Kharisovich** — pg. Volga State University of Technology, e-mail: rishat\_000@mail.ru

Received 11.11.2016