

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/15>

УДК 674.047.3; 674-416



## Продолжительность сушки березового шпона в фанерном производстве

Егор М. Разиньков<sup>1</sup>, [rasinkov50@mail.ru](mailto:rasinkov50@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0002-4057-4645>

Владимир А. Шамаев<sup>1</sup>, [drevstal@mail.ru](mailto:drevstal@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0002-1762-7956>

Екатерина В. Кантиева<sup>1</sup>, [ekantieva@mail.ru](mailto:ekantieva@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>

Татьяна Л. Ищенко<sup>1</sup>, [tl\\_ischenko@mail.ru](mailto:tl_ischenko@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0002-2118-2160>

Елена В. Томина<sup>1,2</sup>, [tomina-e-v@yandex.ru](mailto:tomina-e-v@yandex.ru) <https://orcid.org/0000-0002-5222-0756>

Алексей С. Чуйков<sup>3</sup>, [offlex88@belstu.by](mailto:offlex88@belstu.by) <https://orcid.org/0000-0002-6923-7212>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Университетская площадь, 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

<sup>3</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь

Несмотря на то, что в настоящее время существует ряд расчетных формул для определения продолжительности сушки лущеного шпона, для работников фанерных предприятий такой расчет вызывает сложности. Связано это с тем, что в ряд расчетных формул входят величины, которые необходимо выбирать из различных источников применительно к конкретной технологии фанеры. Мы пришли к выводу, что эти формулы можно значительно упростить. Кроме того, целесообразно было выяснить как изменяется качество поверхности шпона при его сушке по сравнению с качеством поверхности сырого шпона. Таким образом, цель работы состояла: в аналитических расчетах продолжительности сушки березового шпона различных толщин в технологии фанеры применительно к отечественному сушильному оборудованию с упрощением формул, облегчающих расчеты работниками фанерных предприятий; в изучении влияния продолжительности сушки шпона на производственную мощность предприятия; в исследовании качества поверхности сырого и сухого шпона при сушке его на отечественном оборудовании в роликовых сушилках. В результате исследований: получили простые формулы для расчета продолжительности сушки березового шпона различных толщин при разных условиях поставки фанерного сырья, которые вместе с наглядными графическими зависимостями могут оказать существенную помощь работникам фанерных предприятий; показана тесная взаимосвязь между продолжительностью сушки шпона и производственной мощностью фанерного завода; приведены результаты исследований изменения качества поверхности сырого шпона после его сушки в роликовых сушилках.

**Ключевые слова:** фанера, березовый шпон, продолжительность сушки шпона, паровые и газовые сушилки

**Финансирование:** данное исследование не получало внешнего финансирования.

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Продолжительность сушки березового шпона в фанерном производстве / Е. М. Разиньков, В. А. Шамаев, Е. В. Кантиева, Т. Л. Ищенко, Е. В. Томина, А. С. Чуйков // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 222–235. – Библиогр.: с. 231–234 (21назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/15>.

Поступила 12.03.2023. Пересмотрена 11.04.2023. Принята 15.04.2023. Опубликована онлайн 15.05.2023.

## Duration of drying the birch veneer in the plywood production

Egor M. Razinkov<sup>1</sup>, rasinkov50@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-4057-4645>

Vladimir A. Shamaev<sup>1</sup>, drevstal@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1762-7956>

Ekaterina V. Kantieva<sup>1</sup>,  ekantieva@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>

Tatiana L. Ishchenko<sup>1</sup>, tl\_ishchenko@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-2118-2160>

Elena V. Tomina<sup>1,2</sup>, tomina-e-v@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0002-5222-0756>

Alexey S. Chuikov<sup>3</sup>, offlex88@belstu.by  <https://orcid.org/0000-0002-6923-7212>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, 394018, Russian Federation

<sup>3</sup>Belarussian State Technological University, 13a Sverdlov str., Minsk, 220006, Belarus

### Abstract

Despite the fact that currently there are a number of calculation formulas for determining the drying time of peeled veneer, they still cause difficulties for employees of plywood enterprises. We have come to the conclusion that these formulas can be greatly simplified. Moreover, it was necessary to find out the changes between the surface quality of the dried and raw veneer. The purpose of the work was to perform analytical calculations of the drying time of birch veneer of various thicknesses in plywood technology in relation to domestic drying equipment by simplifying the calculation formulas to make them easier for employees of plywood enterprises; to study the effect of the drying time of veneer on the production capacity of the enterprise; to study the surface quality of raw and dry veneer when drying it on domestic equipment in roller dryers. As a result of the research simple formulas were obtained that together with visual graphical dependences can significantly help employees of plywood enterprises; a close relationship between the drying time of veneer and the production capacity of a plywood enterprise is shown; the changes in the surface quality of raw veneer after drying in roller dryers are given.

**Keywords:** *plywood, birch veneer, veneer drying time, steam and gas dryers*

**Acknowledgments:** the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this paper/

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Razinkov E.M., Shamaev V.A., Kantieva E.V., Ishchenko T.L., Tomina E.V., Chuikov A.S. (2023). Duration of drying the birch veneer in the plywood production. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 222-235 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/15>.

*Received* 12.03.2023. *Revised* 11.04.2023. *Accepted* 15.04.2023. *Published online* 15.05.2023.

## Введение

Технология фанеры относится к ресурсосберегающим технологиям. В отечественной и зарубежной практике в фанерном производстве в качестве основной породы древесины используется береза. Основными преимуществами этой породы перед другими породами является в основном ее пластичность, прямослойность, что позволяет получать шпон хорошего качества (с меньшим количеством трещин, невысокой шероховатостью поверхности и др.) [1-3]. В соответствии с техническими требованиями ГОСТ 99-2016 шпон должен иметь толщины, мм: 0,55; 0,75; 0,95; 1,15; от 1,25 до 4,0 с градацией 0,25. В настоящее время на фанерных предприятиях в основном используется шпон, мм: 1,15; 1,25 до 2,0 с градацией 0,25 [4]. По этому стандарту конечная влажность шпона должна быть 4 - 8 % (чаще всего около 8%) независимо от начальной его влажности. Начальная влажность шпона может быть различной в зависимости от способа поставки (автомобильным, железнодорожным транспортом или сплавом) и находится в пределах 60-110 % [5]. Несмотря на то, что лущеный шпон в основном используется для производства клееной фанеры на карбамидо-, фенолоформальдегидных и других видах смол, но он также применяется и для других изделий (специальных труб и др.) [6-8]. Свойства шпона можно изменять путем предварительной обработки химическими веществами [9-11], термомодифицированием [12-14] или уплотнением [15]. Сушка шпона осуществляется в роликовых газовых и паровых сушилках. Для сушки полноформатного шпона используются роликовые газовые сушилки моделей СРГ-25, СРГ-25М, СРГ-50-2 в центре которых температура агента сушки составляет 170-180 °С. Паровые сушилки используются для сушки кускового шпона в основном моделей СУР-4, СУР-5, СУР-6 в центре которых температура агента сушки составляет 120-130 °С. Температура сушки шпона оказывает влияние на свойства изготавливаемой из него фанеры [16]. Сушка шпона является одной из главных технологических операций, а продолжительность сушки во многом определяет производственную мощность предприятия.

Тепловой эффект удаления влаги из древесины, шпона при их сушке представляет собой сложный процесс [17, 18]. Известно, что продолжительность сушки шпона в роликовых сушилках определяется по известной формуле<sup>20</sup>, которая после подстановки зависимостей коэффициентов  $N_p$  и  $K_p$  от различных факторов принимает следующий вид

$$\tau = \left( \frac{W_n - 30}{N_p} + \frac{2,3}{K_p} \cdot Lg \frac{30}{W_k} \right) K_n \cdot K_{ц} =$$

$$= \left( \frac{308s^{1.3} (W_n - 30)}{t^{1.7} v^{0.25} a} + \frac{51750s^{1.3}}{at^{1.9} v^{0.2}} Lg \frac{30}{W_k} \right) K_n \cdot K_{ц}, \text{ мин},$$

(1)

где:  $W_n$ ,  $W_k$  – начальная и конечная влажность шпона, %; 30 – влажность шпона, соответствующая переходу от периода постоянной скорости сушки к периоду убывающей скорости;  $N_p$  – скорость сушки в период постоянного ее значения зависящий от средней температуры в сушилке и толщины шпона, %/мин;  $K_p$  – коэффициент продолжительности сушки в период убывающей скорости сушки зависящий от средней температуры в сушилке и толщины шпона;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий породу древесины (для березы равен 1,0);  $K_{ц}$  – коэффициент, учитывающий направление циркуляции агента сушки (0,9 при продольной циркуляции);  $t$  – температура агента сушки, °С;  $v$  – скорость агента сушки, м/с;  $s$  – толщина шпона, мм.

Однако для практического использования эта формула является очень громоздкой. Для работников предприятий целесообразно иметь более удобные формулы, с наглядными графическими зависимостями. Применительно к нашей цели исследования эти формулы можно преобразовать в более простой и удобный для практического использования вид.

Производственная мощность фанерного завода [19] тесно связана с продолжительностью сушки шпона наряду с оттаиванием и прогревом карандашей [20]. Режимы сушки лущеного шпона тесно связаны с качественными показателями конечного продукта – фанеры, а также с энергоэффективностью её обработки резанием [21]. Для

<sup>20</sup> Кириллов А.Н., Карасев Е.И. Технология производства фанеры. М., «Лесная промышленность», 1974.

удобства представления материала по этому вопросу все расчетные формулы и полученные аналитические расчеты будут приведены ниже.

Как показали ранее проведенные исследования качество поверхности лущеного сырого и сухого шпона отличается между собой при сушке его в отечественных роликовых сушилках. Результаты этих исследований приведены ниже.

### Материалы и методы

#### *Предмет и объект исследования*

Материалом для исследования принят березовый лущеный шпон различных толщин, предусмотренных ГОСТ 99-2016.

Толщина шпона составляла, в мм: 1,15; 1,25-2,0 с градацией 0,25 мм. Начальная влажность шпона принята равной 60% (в расчете на автомобильную или железнодорожную поставку сырья) и 110% (в расчете поставки сырья сплавом). Конечная влажность шпона принята равной 8%.

#### *Дизайн исследования*

В качестве сушильного оборудования приняты отечественные сушилки модели которых приведены выше. Температура в центре газовых сушилок принята 180 °С, а в центре паровых сушилок 120 °С. Известные сложные расчетные формулы преобразовали в более простые зависимости. Микроскопические исследования поверхностей сырого и сухого шпона получены методом растровой электронной микроскопии на микроскопе «KarlZeissJena», а шероховатость поверхности шпона определяли по приборам ТСП-4 и МИС-11.

#### *Анализ данных*

После проверки распределения вариант (для 5-кратной повторности) в зависимости от толщины шпона на соответствие нормальному распределению, была вычислена дескриптивная статистика и осуществлена визуализация средних значений точечным графиком с отображением среднеквадратического отклонения средних вариант (в виде вискеро-ров). Использовали ПО MicrosoftExcel, версия 2013.

### Результаты и обсуждение

Для условий автомобильной или железнодорожной поставки сырья начальную его влажность примем равной 60 %, конечную влажность 8 %, значения коэффициентов  $K_p$  и  $K_c$  примем соответственно равными 1,0 и 0,9. При этих значениях общая формула 1 преобразуется в следующий вид.

$$\tau = 27/N_p + 1,186/K_p, \text{ мин} \quad (2)$$

Для условий поставки сырья сплавом примем его начальную влажность 90 %, конечную влажность 8 %, значения коэффициентов  $K_p$  и  $K_c$  примем также, соответственно, равными 1,0 и 0,9. При этом формула преобразуется в следующий вид.

$$\tau = 54/N_p + 1,186/K_p, \text{ мин} \quad (3)$$

На рис. 1 и 2 приведены графические зависимости коэффициентов  $N_p$  и  $K_p$  от толщины шпона по нашим расчетам и по известным численным данным (хотя численные данные [3] представлены, в том числе, и для некоторых толщин шпона не входящих в ГОСТ 99-2016 -1,00; 1,80; 2,00 мм). Из графиков следует, что характер зависимостей нелинейный.

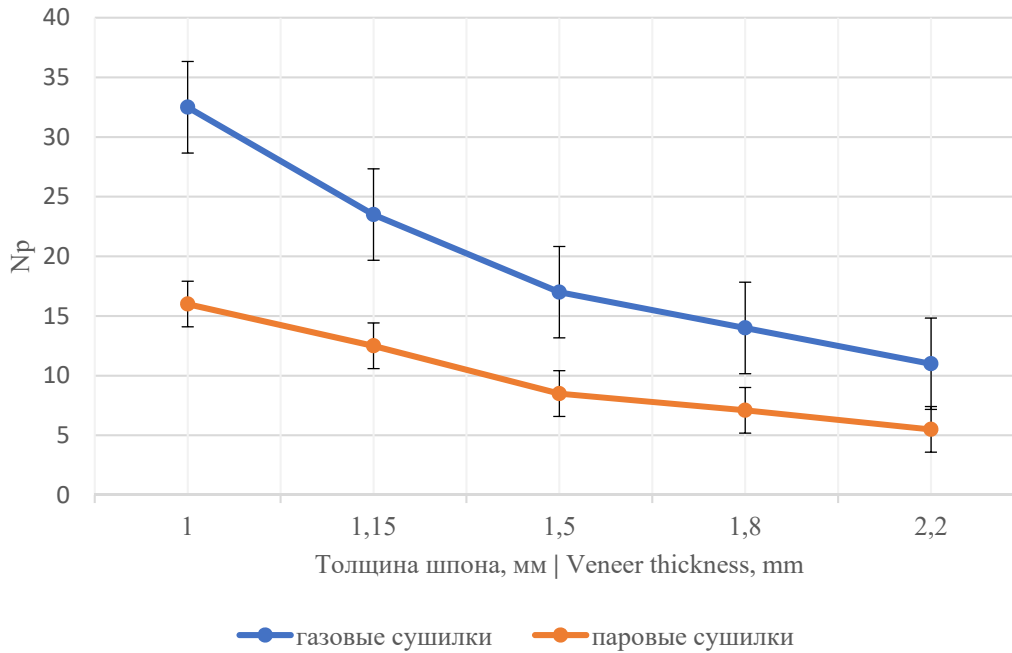


Рисунок 1. Зависимость коэффициента  $N_p$  от толщины шпона  $S$  при его сушке в различных типах сушилок  
 Figure1. Dependence of the coefficient  $N_p$  on the thickness of the veneer  $S$  dried in various types of dryers  
 Источник: собственные результаты авторов  
 Source: author's results

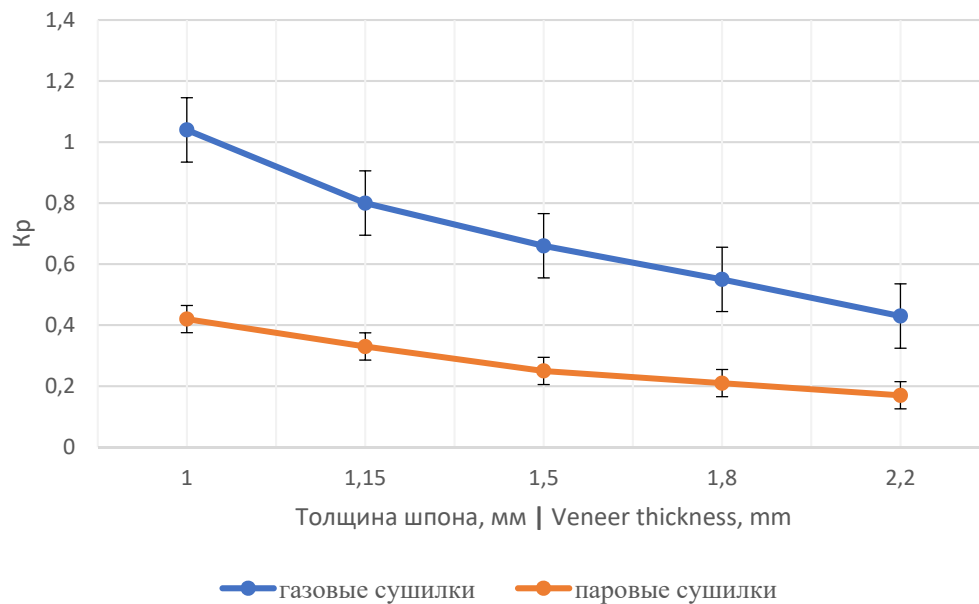


Рисунок 2. Зависимость коэффициента  $K_p$  от толщины шпона  $S$  при его сушке в различных типах сушилок  
 Figure2. Dependence of the coefficient of  $K_p$  on the thickness of the veneer  $S$  dried in various types of dryers  
 Источник: собственные результаты авторов  
 Source: author's results

Исходя из данных, в табл. 1 приведены значения величин  $N_p$  и  $K_p$  для рассматриваемых нами толщин шпона для газовых сушилок в центре кото-

рых температура агента сушки составляет 180 °С, а в табл. 2 – для паровых сушилок в центре которых температура агента сушки составляет 120 °С (дан-

ные для толщин 1,25; 1,75 и 2,00 мм получены методом интерполяции).

Таблица 1

Значения величин  $N_p$  и  $K_p$  применительно к сушке шпона различных толщин в газовых сушилках

Table 1

The values of  $N_p$  and  $K_p$  in relation to drying veneer of various thicknesses in gas dryers

Толщина шпона, мм   Veneer thickness, mm	Значения коэффициентов   Coefficient values	
	$N_p$	$K_p$
1,15	23,5	1,15
1,25	21,6	1,25
1,50	17,0	1,50
1,75	14,5	1,75
2,00	12,5	2,00

Таблица 2

Значения величин  $N_p$  и  $K_p$  применительно к сушке шпона различных толщин в паровых сушилках

Table 2

The values of  $N_p$  and  $K_p$  in relation to drying veneer of various thicknesses in steam dryers

Толщина шпона, мм   Veneer thickness, mm	Значения коэффициентов   Coefficient values	
	$N_p$	$K_p$
1,15	12,5	0,33
1,25	11,4	0,31
1,50	8,5	0,25
1,75	8,0	0,20
2,00	6,4	0,16

В табл. 3 и 4 приведены значения продолжительности сушки шпона различных толщин в газовых и паровых сушилках при автомобильной, железнодорожной поставке сырья и сплавом, вычисленные по формулам 2 и 3.

Для наглядности полученных результатов на рис. 3 и 4 приведены графические зависимости продолжительности сушки березового шпона различных толщин в газовых и паровых сушилках при различной поставке сырья.

Таблица 3

Продолжительность сушки шпона в газовых сушилках различных толщин в зависимости от способа поставки сырья

Table 3

The duration of drying the veneer of various thicknesses in gas dryers depending on the method of delivery of raw materials

Толщина шпона, мм   Veneer thickness, mm	Способ поставки сырья   The method of delivery of raw materials	
	автомобильная и железнодорожная   road, railroad	Сплавом   rafting
1,15	2,63	3,78
1,25	2,81	4,06
1,50	3,39	4,98
1,75	3,72	5,57
2,00	4,63	6,79

Таблица 4

Продолжительность сушки шпона в паровых сушилках различных толщин в зависимости от способа поставки сырья

Table 4

The duration of drying the veneer of various thicknesses in steam dryers depending on the method of delivery of raw materials

Толщина шпона, мм   Veneer thickness, mm	Способ поставки сырья   The method of delivery of raw materials	
	автомобильная и железнодорожная   road, railroad	Сплавом   rafting
1,15	5,75	7,91
1,25	6,20	8,57
1,50	7,92	11,09
1,75	9,31	12,68
2,00	11,63	15,85

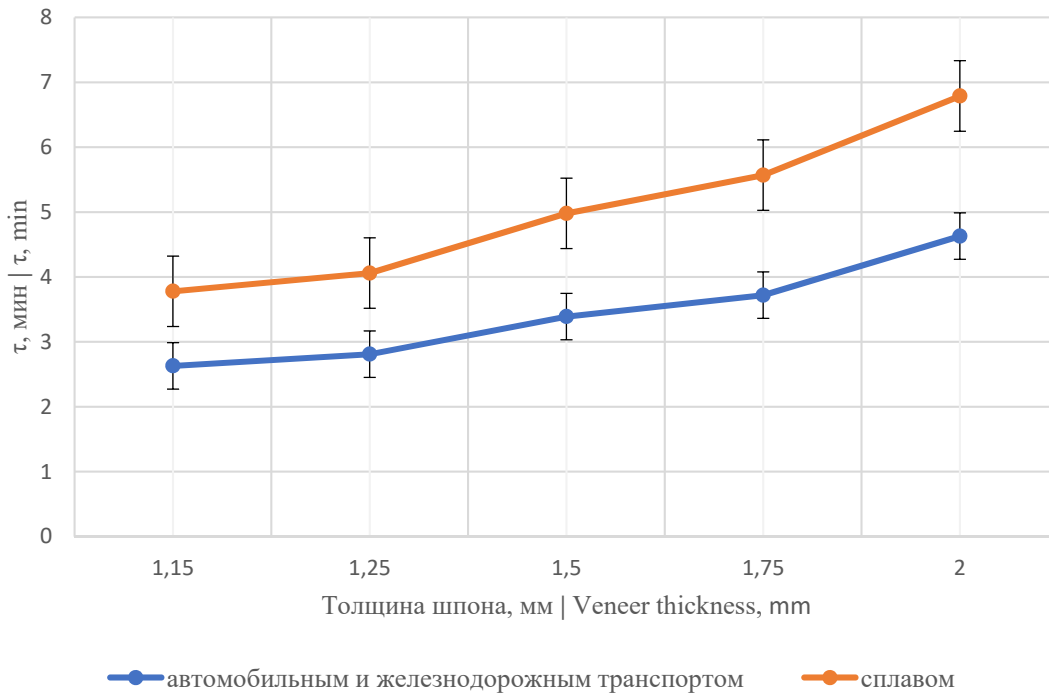


Рисунок 3. Зависимость продолжительности сушки шпона  $\tau$  различных толщин  $S$  в газовых сушилках при различной поставке сырья

Figure 3. Dependence of the drying time of veneer  $\tau$  of various thicknesses  $S$  in gas dryers delivered by different methods

Источник: собственные результаты авторов

Source: author's results

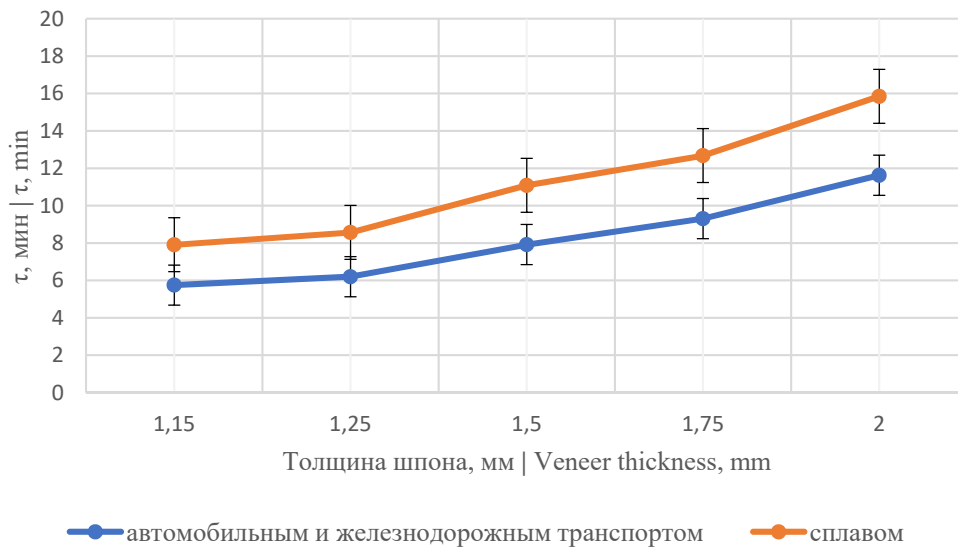


Рисунок 4. Зависимость продолжительности сушки шпона  $\tau$  различных толщин  $S$  в паровых сушилках при различной поставке сырья

Figure 4. Dependence of the drying time of veneer  $\tau$  of various thicknesses  $S$  in steam dryers delivered by different methods

Источник: собственные результаты авторов

Source: author's results

Приведенные на рис. 3 и 4 кривые имеют нелинейный характер и представлены в виде ломаных кривых, что связано с нелинейным характером зависимостей коэффициентов  $N_p$  и  $K_p$  от толщины шпона (о чем указывалось выше).

Полученный на лущильных станках шпон часто имеет недопустимый по ГОСТ 99-2016 дефект для всех 5 сортов шпона как для шпона лиственных, так и хвойных пород древесины – ворсистость. Она характеризуется присутствием на поверхности материала часто расположенных не полностью отделенных волокон древесины. Причин появления на поверхности шпона ворсистости несколько, таких как перегрев древесины на участке гидротермической обработки чураков или кряжей, использование тупого лущильного ножа и др. [20]. Кроме того, при лущении шпона на морально и физически устаревших лущильных станках на поверхности шпона образуется и другой дефект – рябь. Она характеризуется присутствием на поверхности шпона часто расположенных мелких углублений ориентированных вдоль волокон. Величина этих двух дефектов ГОСТом ограничивается качественным показателем сухого шпона – допустимой величиной шероховатости поверхности шпона. Этот параметр не должен превышать 200 мкм для шпона лиственных пород древесины и быть не более 320 мкм для шпона хвойных пород. Но как показали наши исследования при лущении березового шпона толщиной 1,5 мм на отечественных лущильных станках ЛУ 17-10 шероховатость поверхности сырого шпона может достигать величин 240- 250 мкм, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ. На рис. 5 приведен микроснимок поверхности сырого шпона с видом указанных выше двух дефектов – ворсистости и ряби.

Однако, при использовании для сушки шпона отечественных роликовых или паровых сушилок, когда шпон прокатывается между двумя рядами роликов (верхним и нижним), происходит обжим шпона роликами. Как показали наши исследования в результате такого обжима шероховатость поверхности сухого шпона, при его сушке в сушилке СРГ-25М, значительно уменьшается в среднем на 32% и составляет 160 – 170 мкм, т. е. происхо-

дит как бы приглаживание поверхности шпона роликами.



Рисунок 5. Поверхность сырого шпона с видом дефектов – ворсистости и ряби

Figure 5. The surface of the raw veneer with the defects – wooliness and ripples

Источник: собственные результаты авторов  
Source: author's results

При большом увеличении участков поверхности сырого и сухого шпона (рис. 6 и 7) наглядно видно, что после сушки шпон имеет более гладкую поверхность, чем до сушки.



Рисунок 6. Вид поверхности шпона до сушки

Figure 6. Veneer surface view before drying

Источник: собственные результаты авторов  
Source: author's results



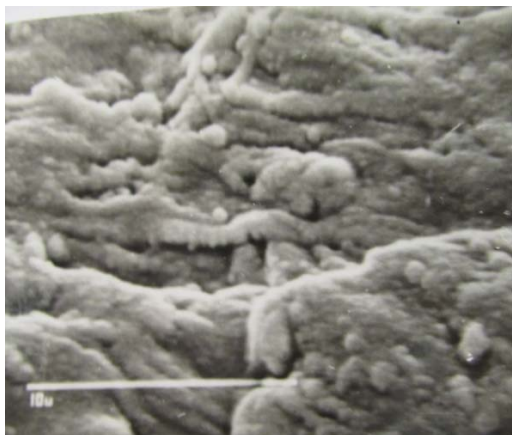


Рисунок 7. Вид поверхности шпона после его сушки

Figure 7. Veneer surface view after drying  
 Источник: собственные результаты авторов  
 Source: author's results

Ниже приведем влияние продолжительности сушки шпона на производительность сушилок, а следовательно и влияние этого параметра на производственную мощность фанерного предприятия. Для примера примем сушку шпона в модернизированной газовой сушилке СРГ-25М при условии поставки сырья автомобильным или железнодорожным транспортом. Паспортная производительность такой сушилки составляет 32 м<sup>3</sup> шпона/смену. С учетом допустимого коэффициента загрузки оборудования до величины 1,1 максимальная производительность сушилки составит 35,2 м<sup>3</sup> шпона/смену.

Как указано выше продолжительность сушки во многом определяет производственную мощность предприятия, что можно наглядно показать.

Продолжительность прохождения шпона по всей длине сушилки (по зонам сушки и охлаждения) определится по формуле

$$\tau_1 = \tau \cdot \frac{L}{l}, \text{ мин}, \quad (4)$$

где:  $\tau$  – продолжительность сушки шпона в сушильной зоне, мин;  $L$  – суммарная длина камер сушки и охлаждения, м (16,36);  $l$  – длина камеры сушки, м (14,2).

Подставляя значения  $L$  и  $l$  в формулу 6, получим

$$\tau_1 = 1,152 \tau, \text{ мин} \quad (5)$$

Как видно из формул 4 и 5, величина  $\tau_1$  во многом зависит от продолжительности сушки  $\tau$ .

Сменная производительность сушилки составит

$$P_{см} = T \cdot n \cdot m \cdot S \cdot b \cdot \frac{L}{\tau_1} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (6)$$

где  $T$  – продолжительность смены, мин;  $n$  – число листов шпона по ширине этажа (длине роликов) ( $n = 2$ ),  $m$  – число этажей сушилки, шт (8);  $S$  – толщина листа шпона, м;  $b$  – ширина листа сухого шпона, м (для примера примем равной 1,6);  $L$  – суммарная длина камер сушки и охлаждения, м (16,36);  $\tau_1$  – продолжительность прохождения шпона через сушилку, мин (определится из формулы 5);  $K_1$  – коэффициент, учитывающий потери времени при переходе к сушке шпона другой толщины (исходя из практики примем равным 0,7);  $K_2$  – коэффициент использования рабочего времени сушилки (примем равным 0,9);  $K_3$  – коэффициент заполнения сушилки по длине равен около 0,8 (исходя из практики примем равным 0,65).

В табл. 5 приведены расчетные значения величины  $\tau_1$  и  $P_{см}$  в зависимости от толщины березового шпона из которых следует, что по своей производительности сушилка работает в оптимальном режиме.

Таблица 5

Значения величин  $\tau_1$  и  $P_{см}$  в зависимости от толщины шпона

Table 5

The values of  $\tau_1$  and  $P_{см}$  depending on the thickness of the veneer

Толщина шпона, мм   The thickness of the veneer, mm	$\tau_1$ , мин   $\tau_1$ , min	$P_{см}$ , м <sup>3</sup>   $P_{см}$ , m <sup>3</sup>
1,15	3,03	31,28
1,25	3,24	31,78
1,50	3,91	31,62
1,75	4,29	33,62
2,00	5,33	30,93

Исходя из 3-сменной работы сушильного цеха и количества рабочих суток 253, только из одной такой сушилки направляется в технологию фанеры от 23 742 до 25 518 м<sup>3</sup> сухого шпона. Этого количе-

ства шпона будет достаточно для производства, например, фанеры общего назначения около 20 000 м<sup>3</sup>.

### Выводы

1. Разработаны упрощенные расчетные формулы для определения продолжительности сушки березового шпона различных толщин в технологии фанеры применительно к отечественному сушильному оборудованию, облегчающих расчеты работниками фанерных предприятий.

2. Предложены наглядные графические зависимости продолжительности сушки от толщины шпона и условий поставки березового сырья на фанерный завод, которые могут оказать суще-

ственную помощь работникам фанерных предприятий.

3. На примере показано, насколько важным параметром является продолжительность сушки шпона в газовых и паровых отечественных сушилках при различных условиях поставки древесного сырья для выхода фанерного завода на полную производственную мощность.

4. При сушке лушеного шпона в отечественных роликовых сушилках качество его поверхности улучшается за счет приглаживания шпона роликами. За счет этого уменьшается шероховатость поверхности сухого шпона (в среднем на 32 %) шпона по сравнению с этим параметром сырого шпона.

### Список литературы

1. Maximilian Pramreiter, Sabine C Bodner, Jozef Keckes, Alexander Stadlmann, Florian Feist, Georg Baumann, Emad Maawad, Ulrich Müller Predicting strength of Finnish birch veneers based on three different failure criteria. *Holzforschung*, Volume: 75, Issue: 9, Pages: 847-856. Mar 15, (2021). <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0209>.

2. Heikko Kallakas, Anti Rohumaa, Harti Vahermets, Jaan Kers Effect of Different Hardwood Species and Lay-Up Schemes on the Mechanical Properties of Plywood. *Forests*, Volume: 11, Issue: 6, Pages: 649. Jun 6, (2020). <https://doi.org/10.3390/f11060649>.

3. Héloïse Dubois, Erkki Verkasalo, Hugues Claessens Potential of Birch ( *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe, *Forests*, Volume: 11, Issue: 3, Pages: 336. Mar 17, (2020). <https://doi.org/10.3390/f11030336>.

4. Maximilian Pramreiter, Alexander Stadlmann, Christian Huber, Johannes Konnerth, Peter Halbauer, Georg Baumann, Ulrich Müller The Influence of Thickness on the Tensile Strength of Finnish Birch Veneers under Varying Load Angles/ *Forests*, Volume: 12, Issue: 1, Pages: 87. Jan 15, (2021). <https://doi.org/10.3390/f12010087>.

5. Wang, J., Cao, X. & Liu, H. A review of the long-term effects of humidity on the mechanical properties of wood and wood-based products. *Eur. J. Wood Prod.* 79, 245–259 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01623-9>

6. Brycki, B.E. Organic Corrosion Inhibitors / B.E. Brycki, I.H. Kowalczyk, A. Szulc и др. // *Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications*. InTech, 2018. С. 65-81. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.72943>.

7. Gilbert, B.P. Structural behavior of hardwood veneer-based circular hollow sections of different compactness / B.P. Gilbert, I.D. Underhill, D. Fernando etc. // *Construction and Building Materials*. – 2018. – Vol. 170. – P. 557-569. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.105>.

8. Hirschmüller, S. Long-term material properties of circular hollow laminated veneer lumber sections under water saturation and cement alkaline attack / S. Hirschmüller, J. Pravida, R. Marte, M. Flach // *Wood Material Science & Engineering*. – 2019. – Vol. 14. – № 3. – P. 142-156. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1434830>.

9. Hannes Orelma, Vesa Kunnari, Akio Yamamoto, Mikko Valkonen, Lauri Rautkari, Antti Korpela Improving mechanical performance and functionality of birch veneer with mechano-enzymatic microfibrillated cellulose coating. *Cellulose*, Volume: 30, Issue: 5, Pages: 3237-3254. Jan 30, (2023)/ <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05059-1>

10. Miao Zou , Qiheng Tang , Wenjing Guo High-strength wood-based composites via laminated delignified wood veneers with different adhesive contents for structural applications. *Polymer Composites*, Volume: 43, Issue: 5, Pages: 2746-2758. Feb 26, (2022). <https://doi.org/10.1002/pc.26571>
11. Saara Hautamäki , Michael Altgen , Daniela Altgen , Erik Larnøy , Tuomas Hänninen , Lauri Rautkari The effect of diammonium phosphate and sodium silicate on the adhesion and fire properties of birch veneer. *Holzforschung*, Volume: 74, Issue: 4, Pages: 372-381. Sep 24, (2019). <https://doi.org/10.1515/hf-2019-0059>
12. Anete Meija-Feldmane , Andris Morozovs , Uldis Spulle Chemical alterations of hardwood veneers due to thermal treatment. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, Volume: 1, Pages: 159. Jun 20, (2019) <https://doi.org/10.17770/etr2019vol1.4147>.
13. Pavlo Bekhta , Tomáš Pipiška , Vladimír Gryc , Ján Sedliačik , Pavel Král , Jozef Ráhel , Jan Vaněrek Properties of Plywood Panels Composed of Thermally Densified and Non-Densified Alder and Birch Veneers. *Forests*, Volume: 14, Issue: 1, Pages: 96-96. Jan 4, (2023). <https://doi.org/10.3390/f14010096>.
14. Ruslan Khasanshin , Ruslan R Safin , Shamil Mukhametzyanov Experimental Studies of the Physical and Mechanical Properties of Glued Building Materials Based on Modified Veneer. *Defect and Diffusion Forum*, Volume: 410, Pages: 817-822. Aug 17, (2021). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ddf.410.817>
15. Adam Ślupecki , Anita Wronka The influence of densification time on the tensile strength and modulus of elasticity of birch veneers. *Annals of WULS, Forestry and Wood Technology*, Volume: 118, Pages: 48-54. Jul 25, (2022), <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0488>
16. Pavlo Bekhta , Ján Sedliačik , Nataliya Bekhta Effect of Veneer-Drying Temperature on Selected Properties and Formaldehyde Emission of Birch Plywood. *Polymers*. 2020; 12 (3): 593. <https://doi.org/10.3390/polum12030593>.
17. Ермоченков, М. Г. Тепловые эффекты удаления связанной влаги из древесины / М. Г. Ермоченков, М. Ю. Кладов // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2018. – № 1. – С. 20-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35084788>.
18. Etuk, S.E., Agbasi, O.E. & Robert, U.W. Investigation of heat transfer and mechanical properties of *Saccharum officinarum* leaf board. *Int J Energ Water Res* 2022; 6: 95–102. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42108-021-00123-7>.
19. Васильев, В. В. Структура древесного сырья на заводах древесностружечных плит разной мощности / В. В. Васильев // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2022; 238: 137-151. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.238.137-151>.
20. Разиньков, Е. М. Технологический процесс получения лущеного шпона: влияние внешних температурных условий на оттаивание и прогрев древесины / Е. М. Разиньков, Т. Л. Ищенко, С. П. Трофимов // *Лесотехнический журнал*. 2022; 12 (48): 141–152. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/10>.
21. Анализ силового взаимодействия дискового ножа с древесиной при бесстружечном делении / В. П. Ивановский, Д. К. Томенко, С. П. Трофимов, А. В. Киселева // *Лесотехнический журнал*. 2022; 12 (48): 130-140. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/9>.

### References

1. Maximilian Pramreiter , Sabine C Bodner , Jozef Keckes , Alexander Stadlmann , Florian Feist , Georg Baumann , Emad Maawad , Ulrich Müller Predicting strength of Finnish birch veneers based on three different failure criteria. *Holzforschung*, Volume: 75, Issue: 9, Pages: 847-856. Mar 15, (2021). <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0209>.
2. Heikko Kallakas , Anti Rohumaa , Harti Vahermets , Jaan Kers Effect of Different Hardwood Species and Lay-Up Schemes on the Mechanical Properties of Plywood. *Forests*, Volume: 11, Issue: 6, Pages: 649. Jun 6, (2020). <https://doi.org/10.3390/f11060649>.
3. Héloïse Dubois , Erkki Verkasalo , Hugues Claessens Potential of Birch ( *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic

Context of Western Europe, Forests, Volume: 11, Issue: 3, Pages: 336. Mar 17, (2020). <https://doi.org/10.3390/f11030336>.

4. Maximilian Pramreiter , Alexander Stadlmann , Christian Huber , Johannes Konnerth , Peter Halbauer , Georg Baumann , Ulrich Müller The Influence of Thickness on the Tensile Strength of Finnish Birch Veneers under Varying Load Angles/ Forests, Volume: 12, Issue: 1, Pages: 87. Jan 15, (2021). <https://doi.org/10.3390/f12010087>.

5. Wang, J., Cao, X. & Liu, H. A review of the long-term effects of humidity on the mechanical properties of wood and wood-based products. Eur. J. Wood Prod.79, 245–259 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01623-9>

6. Brycki, B.E. Organic Corrosion Inhibitors / B.E. Brycki, I.H. Kowalczyk, A. Szulc и др. // Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications. InTech, 2018. С. 65-81. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.72943>.

7. Gilbert, B.P. Structural behavior of hardwood veneer-based circular hollow sections of different compactness / B.P. Gilbert, I.D. Underhill, D. Fernando etc. // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 170. – P. 557-569. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.105>.

8. Hirschmüller, S. Long-term material properties of circular hollow laminated veneer lumber sections under water saturation and cement alkaline attack / S. Hirschmüller, J. Pravida, R. Marte, M. Flach // Wood Material Science & Engineering. – 2019. – Vol. 14. – № 3. – P. 142-156. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1434830>.

9. Hannes Orelma , Vesa Kunnari , Akio Yamamoto , Mikko Valkonen , Lauri Rautkari , Antti Korpela Improving mechanical performance and functionality of birch veneer with mechano-enzymatic microfibrillated cellulose coating. Cellulose, Volume: 30, Issue: 5, Pages: 3237-3254. Jan 30, (2023)/ <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05059-1>

10. Miao Zou , Qiheng Tang , Wenjing Guo High-strength wood-based composites via laminated delignified wood veneers with different adhesive contents for structural applications. Polymer Composites, Volume: 43, Issue: 5, Pages: 2746-2758. Feb 26, (2022). <https://doi.org/10.1002/pc.26571>

11. Saara Hautamäki , Michael Altgen , Daniela Altgen , Erik Larnøy , Tuomas Hänninen , Lauri Rautkari The effect of diammonium phosphate and sodium silicate on the adhesion and fire properties of birch veneer. Holzforschung, Volume: 74, Issue: 4, Pages: 372-381. Sep 24, (2019). <https://doi.org/10.1515/hf-2019-0059>

12. Anete Meija-Feldmane , Andris Morozovs , Uldis Spulle Chemical alterations of hardwood veneers due to thermal treatment. ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Volume: 1, Pages: 159. Jun 20, (2019) <https://doi.org/10.17770/etr2019vol1.4147>.

13. Pavlo Bekhta , Tomáš Pipiška , Vladimír Gryc , Ján Sedliačik , Pavel Král , Jozef Ráhel' , Jan Vaněrek Properties of Plywood Panels Composed of Thermally Densified and Non-Densified Alder and Birch Veneers. Forests, Volume: 14, Issue: 1, Pages: 96-96. Jan 4, (2023). <https://doi.org/10.3390/f14010096>.

14. Ruslan Khasanshin , Ruslan R Safin , Shamil Mukhametzyanov Experimental Studies of the Physical and Mechanical Properties of Glued Building Materials Based on Modified Veneer. Defect and Diffusion Forum, Volume: 410, Pages: 817-822. Aug 17, (2021). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ddf.410.817>

15. Adam Słupecki , Anita Wronka The influence of densification time on the tensile strength and modulus of elasticity of birch veneers. Annals of WULS, Forestry and Wood Technology, Volume: 118, Pages: 48-54. Jul 25, (2022), <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0488>.

16. Pavlo Bekhta , Ján Sedliačik , Nataliya Bekhta Effect of Veneer-Drying Temperature on Selected Properties and Formaldehyde Emission of Birch Plywood. Polymers. 2020; 12 (3): 593. <https://doi.org/10.3390/polym12030593>.

17. Ermochenkova M.G., Kladov M.YU. Teplovye efekty udaleniya svyazannoy vlagi iz drevesiny [Thermal effects of removing bound moisture from wood] Derevoobrabatvyayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2018. №1

18. Etuk, S.E., Agbasi, O.E. & Robert, U.W. Investigation of heat transfer and mechanical properties of Saccharum officinarum leaf board. Int J Energ Water Res 6, 95–102 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42108-021-00123-7>

19. Vasil'ev, V. V. Struktura drevesnogo syr'ya na zavodah drevesnostruzhechnyh plit raznoj moshchnosti [The structure of wood raw materials at chipboard plants of different capacities] // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2022. No. 238. P. 137-151. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.238.137-151> (in Russian).

20. Razinkov E.M., Ishchenko T.L., Trofimov S.P. (2022) Technological process of obtaining peeled veneer: the influence of external temperature conditions on the defrosting and warming up of wood. Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal], Vol. 12, No. 4 (48), pp. 141-152 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/10>.

21. Analiz silovogo vzaimodejstviya diskovogo nozha s drevesinoj pri besstruzhechnom delenii [Analysis of the force interaction of a disk knife with wood during chipless division] / V. P. Ivanovsky, D. K. Tomenko, S. P. Trofimov, A.V. Kiseleva. Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal], Vol. 12, No. 4 (48), pp. 130-140 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/9>.

### Сведения об авторах

*Разиньков Егор Михайлович* – доктор технических наук, профессор кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4057-4645>, e-mail: [rasinkov50@mail.ru](mailto:rasinkov50@mail.ru)

*Шамаев Владимир Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1762-7956>, e-mail: [drevstal@mail.ru](mailto:drevstal@mail.ru)

✉ *Кантиева Екатерина Валентиновна* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, [ekantieva@mail.ru](mailto:ekantieva@mail.ru)

*Ищенко Татьяна Леонидовна* – кандидат технических наук, доцент кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2118-2160>, e-mail: [tl\\_ischenko@mail.ru](mailto:tl_ischenko@mail.ru).

*Томина Елена Викторовна* – доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5222-0756>, e-mail: [tomina-e-v@yandex.ru](mailto:tomina-e-v@yandex.ru)

*Чуйков Алексей Сергеевич* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и дизайна изделий из древесины УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, г. Минск, Республика Беларусь, 220006, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6923-7212>, e-mail: [offlex88@belstu.by](mailto:offlex88@belstu.by).

### Information about the authors

*Egor M. Razinkov* – Doctor of Engineering, professor of department of mechanical technology of wood, Voronezh State University of Forestry and Technologies name after G. F. Morozov", Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4057-4645>, e-mail: [rasinkov50@mail.ru](mailto:rasinkov50@mail.ru)

*Vladimir A. Shamaev* – Doctor of Engineering, professor of department of wood science, Voronezh State University of Forestry and Technologies name after G. F. Morozov", Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1762-7956>, e-mail: [drevstal@mail.ru](mailto:drevstal@mail.ru)

✉ *Ekaterina V. Kantieva* – Candidate of Technical Sciences, associate professor of department of mechanical technology of wood, Voronezh State University of Forestry and Technologies name after G. F. Morozov", Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, [ekantieva@mail.ru](mailto:ekantieva@mail.ru)

*Tatiana L. Ishchenko* – Candidate of Technical Sciences, associate professor of department of mechanical technology of wood, Voronezh State University of Forestry and Technologies name after G. F. Morozov", Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2118-2160>, e-mail: [tl\\_ishchenko@mail.ru](mailto:tl_ishchenko@mail.ru)

*Elena V. Tomina* – Doctor of Chemical, associate professor of department of chemical, Voronezh State University of Forestry and Technologies name after G. F. Morozov", Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5222-0756>, e-mail: [tomina-e-v@yandex.ru](mailto:tomina-e-v@yandex.ru)

*Alexey S. Chuikov* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belarussian State Technological University, 13a Sverdlova str., Minsk, 220006, Belarus, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6923-7212>, e-mail: [offlex88@belstu.by](mailto:offlex88@belstu.by).

✉ – Для контактов | Corresponding author