

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФАНЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

доктор технических наук, профессор **Е.М. Разиньков¹**,

кандидат технических наук, доцент **Т.Л. Ищенко¹**

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,

г. Воронеж, Российская Федерация

Одними из наиболее важных вопросов повышения эффективности фанерного производства является увеличение объемного выхода и качества шпона при лущении чурака. Объемный выход шпона зависит от ряда факторов таких как диаметры чурака и карандаша и сортности сырья. При одних и тех же значениях параметров как диаметр чурака, его длина и сортность сырья можно увеличить объемный выход шпона из чурака за счет уменьшения диаметра карандаша в виде недолущенного цилиндра. В отечественном производстве диаметр карандаша составляет обычно 75-80 мм и связан он, в основном, с совершенством оснащения станка поддерживающими чурок устройствами в процессе его лущения (поддерживающими роликами), препятствующими вибрации чурака, а также с диаметром зажимных кулачков. В отечественной промышленности используются в основном такие модели станков как ЛУ 17-4, ЛУ 17-10, 2НВ-66, 3ВККТ-66 и некоторые другие, позволяющие производить лущение чурака длиной 1,65 м с получением карандаша указанного выше диаметра. В настоящее время Китай, Германия производят и поставляют в различные страны бесшпиндельные лущильные станки с получением диаметра карандаша 40 мм (модели ВХQ(J)1820, ВХQ(J)1827, SL2600/5В и др.). Они предназначены для долущивания шпона после оцилиндровки чурака на лущильном станке, которые показали свою эффективность на практике. Качество шпона при лущении чурака определяется в основном разнотолщинностью и шероховатостью его поверхности. Эти два параметра в большой мере зависят от степени обжима шпона (g , %), что не позволяет распространяться опережающей трещине при лущении шпона. Степень обжима шпона зависит от толщины шпона ($S_{ш}$, мм) и величины просвета (S_0 , мм) между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, которую устанавливает на станке лущильщик. Цель работы состояла в доказательстве эффективности использования в технологии фанеры бесшпиндельных лущильных станков за счет возможности получения диаметра карандаша, равного 40 мм, что позволяет увеличить количество получаемого шпона, а также в получении аналитических зависимостей определения величины просвета между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, упрощающих работу лущильщика.

Ключевые слова: лущеный шпон, чурок, карандаш, лущильный станок, объемный выход шпона, степень обжима шпона, величина просвета между ножом и прижимной линейкой, экономическая эффективность

ENHANCING THE EFFICIENCY OF PLYWOOD PRODUCTION

DSc (Engineering), Professor **E.M. Razinkov¹**,

PhD (Engineering), Associate Professor **T.L. Ishchenko¹**

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,

Voronezh, Russian Federation

Abstract

One of the most important issues of increasing the efficiency of plywood production is to increase the volume output and quality of veneer during rotary cut. The volume yield of veneer depends on a number of factors such as the diameters of block and core and the grade of raw material. With the same values of such parameters as the diameter of block, its length and grade of raw material it is possible to increase the volume yield of veneer from the block by reducing the diameter of core in the form of undershot cylinder. In domestic production, core diameter is usually 75-80 mm

and it is mainly associated with the perfect equipment of the machine with block supporting devices in the process of peeling (supporting rollers) that prevent vibration of the block, as well as with the diameter of the jaws. Such machine models as the LU 17-4, LU 17-10, 2HV-66, 3VKKT-66 and some others are mainly used in the domestic industry, which enables to peel a block of 1.65 m long producing a core of the above diameter. At present, China, Germany produce and supply spindleless wood peeling machines obtaining a core diameter of 40 mm (BXQ (J) 1820, BXQ (J) 1827, SL2600 / 5B models, etc.) to various countries. They are intended for addition veneer peeling after block roundup on a peeling machine, which have shown their effectiveness in practice. The quality of veneer during block peeling is determined mainly by the difference in thickness and roughness of its surface. These two parameters to a large extent depend on the degree of veneer compression (g, %), which does not allow the advance crack to spread when the veneer is peeling. The degree of veneer crimping depends on the veneer thickness (S_v , mm) and the distance (S_o , mm) between the cutting edge of peeling knife and pressing edge of the clamping bar, which is installed on the machine. The aim of the work has been to prove the efficiency of using spindleless machine tools in plywood technology by making it possible to obtain a block diameter of 40 mm, which enables to increase the amount of produced veneer, as well as to obtain analytical dependencies for determining the clearance between the cutting edge of peeling knife and the pressure edge of the clamping bar simplifying the work of the cultivator.

Keywords: peeled veneer, block, core, peeling machine, volumetric veneer yield, degree of veneer crimping, clearance between knife and clamping bar, economic efficiency

Бесшпиндельные лущильные станки предназначены для получения шпона методом бесцентрового лущения чурака. Вращательное движение чураку придают приводные вальцы, расположенные с передней стороны станка, которые также служат упором для удержания заготовки. Современные станки укомплектованы системой ЧПУ для контроля процесса и дисплеем для настройки толщины шпона и других параметров лущения.

Методом исследования на первом этапе являлась разработка аналитических зависимостей, определяющих разницу в объемах получаемого сырого шпона на бесшпиндельных лущильных станках и станках, оснащенных шпинделем, с получением соответствующей зависимости для расчета экономической эффективности использования таких станков. Разработка таких зависимостей сводилась к следующему.

Объем получаемого из одного чурака шпона ($V_{ш}, м^3$) тесно связан с диаметром карандаша формулой (1) [1 - 5]

$$V_{ш} = \frac{D_{ч} \times (K_1 \times D_{ч} - K_2) - 0,78 D_{к}^2 - 11}{10^4} \times L_{ч}, м^3, \quad (1)$$

где $D_{ч}$ – диаметр чурака, см; $D_{к}$ – диаметр карандаша, см; $L_{ч}$ – длина чурака, м;

K_1, K_2 – коэффициенты, значения которых зависят от сортности сырья и породы древесины.

Для березового сырья 1-го сорта $K_1 = 0,76, K_2 = 1,6$; 2-го сорта $K_1 = 0,75, K_2 = 2,1$.

Произведем анализ этой формулы на предмет влияния на конечный результат диаметра карандаша. В качестве породы древесины примем березу, как наиболее применяемую в фанерном производстве [6 - 7].

Диаметр ($D_{ч}$) и длину чурака ($L_{ч}$) примем реальными для отечественных фанерных предприятий, равными соответственно 26 см и 1,6 м (для фанеры общего назначения [8 - 11]).

Определим значения $V_{ш}$ для диаметров карандашей 40 и 75 мм при использовании бесшпиндельных лущильных станков и станков, оснащенных шпинделями.

Для диаметра карандаша 40 мм и сырья 1-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,76 \times 26 - 1,6) - 0,78 \times 4^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0718 м^3 \quad (2)$$

Для диаметра 75 мм и сырья 1-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,76 \times 26 - 1,6) - 0,78 \times 7,5^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0668 м^3 \quad (3)$$

Для диаметра 40 мм и сырья 2-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,75 \times 26 - 2,1) - 0,78 \times 4^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0687 м^3 \quad (4)$$

Для диаметра 75 мм и сырья 2-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,75 \times 26 - 2,1) - 0,78 \times 7,5^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0636 м^3 \quad (5)$$

Результаты показывают, что при использовании сырья 1-го сорта увеличение объемного выхода шпона при диаметре карандаша 40 мм будет на 7,5 %, чем при диаметре 75 мм. При использовании сырья 1-го сорта увеличение объемного выхода шпона при диаметре карандаша 40 мм будет на 8,0%, чем при диаметре 75 мм.

Для расчета экономической эффективности предприятия за счет использования бесшпиндельных лущильных станков необходимо вывести соответствующие формулы. Для этого произведем соответствующие расчеты для предприятия с годовым объемом производства фанеры, например, марки ФК 30000 м³ (Q_г) при использовании для лущения чураков диаметром, например, 26 см. Как показывает опыт работы фанерных предприятий расход чураков такого диаметра на 1 м³ фанеры составляет около 2,4 м³/м³ (g). Следовательно, на годовую программу производства фанеры требуется 72000 м³ чураков (Q_{чур}).

$$Q_{\text{чур}} = g \times Q_{\text{г}}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

Разделим общее количество чураков по сортам исходя из того, что в среднем на предприятиях находится около 40 % сырья 1-го сорта (P₁) и около 60 % – 2-го сорта (P₂). В результате получим

$$Q_{\text{чур}1} = (Q_{\text{чур}} \times P_1) \times 10^{-2} = 72000 \times 40 \times 10^{-2} = 28800 \text{ м}^3 \quad (7)$$

$$Q_{\text{чур}2} = (Q_{\text{чур}} \times P_2) \times 10^{-2} = 72000 \times 60 \times 10^{-2} = 43200 \text{ м}^3 \quad (8)$$

Количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта примем: для 1-го сорта – 54 (P_{сух.1}) для 2-го сорта – 51 % (P_{сух.2}). При таком количестве сухого шпона посортный объем сухого шпона определится

$$Q_{\text{сух.1}} = Q_{\text{чур}1} \times P_{\text{сух.1}} = (28800 \times 54) \times 10^{-2} = 15552 \text{ м}^3 \quad (9)$$

$$Q_{\text{сух.2}} = Q_{\text{чур}2} \times P_{\text{сух.2}} = (43200 \times 51) \times 10^{-2} = 22032 \text{ м}^3 \quad (10)$$

Количество сырого шпона, выходящего из сырья каждого сорта составит

$$Q_{\text{сыр.1}} = (Q_{\text{сух.1}} \times 100) : (100 - a_1) = 15552 \times 100 : 86 = 18084 \text{ м}^3, \quad (11)$$

a₁ – коэффициент потерь на усушку, % (примем равным 14 %).

$$Q_{\text{сыр.2}} = (Q_{\text{сух.2}} \times 100) : (100 - a_1) = 22032 \times 100 : 86 = 25619 \text{ м}^3 \quad (12)$$

При таких значениях расход сырого шпона на 1 м³ фанеры составит

$$R = (Q_{\text{сыр.1}} + Q_{\text{сыр.2}}) : Q_{\text{г}} = (18084 + 25619) : 30000 = 1,46 \text{ м}^3 \text{ сыр. шпона/м}^3 \text{ фанеры} \quad (13)$$

$$\text{или } R = g(P_1 \times P_{\text{сух.1}}/100 + P_2 \times P_{\text{сух.2}}/100) : (100 - a_1), \text{ м}^3 \text{ сыр. шпона/м}^3, \quad (14)$$

где R – расход сырого шпона на 1 м³ фанеры, м³ сыр. шпона/м³ фанеры;

g – расход чураков на 1 м³ фанеры, м³ чур./м³ фанеры; P₁ и P₂ – количество сырья соответственно 1-го и 2-го сорта, % от общего количества;

P_{сух.1} и P_{сух.2} – количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта, %;

a₁ – коэффициент потерь на усушку, %.

За счет использования бесшпиндельных лущильных станков годовая экономия составляет 7,5 % (Э кар., %) сырого лущеного шпона.

$$\text{Э сыр. ш.} = Q_{\text{сыр.}} \times \text{Э кар.}/100 = 43703 \times 7,5/100 = 3278 \text{ м}^3 \quad (15)$$

За счет такой экономии из 3278 м³ сырого шпона можно изготовить фанеру объемом

$$Q_{\text{фан.}} = \text{Э сыр.ш.}/R = 3278 : 1,46 = 2245 \text{ м}^3 \quad (16)$$

При изготовлении предприятием, например, фанеры марки ФК толщиной 12 мм (цена 1 м³ от 20 000 р. и выше) экономический эффект составит

$$\text{Э год.} = 20000 \times 2245 = 444900 \text{ тыс. р.} = 44 \text{ млн } 900 \text{ тыс. р.} \quad (17)$$

В конечном виде формула для определения экономического эффекта будет выглядеть в следующем виде:

$$\text{Э год} = (\text{Цф} \times Q_{\text{сыр.}} \times \text{Э кар.})(100 - a_1) : 100g(P_1 \times P_{\text{сух.1}}/100 + P_2 \times P_{\text{сух.2}}/100), \text{ тыс. р.}, \quad (18)$$

где Цф – цена 1 м³ фанеры, р.;

Q_{сыр.} – количество сырого шпона на весь объем фанеры, производимой предприятием, м³;

Э кар. – годовая экономия сырого шпона за счет использования бесшпиндельных станков, %;

a₁ – коэффициент потерь на усушку, %;

g – расход чураков на 1 м³ фанеры, м³ чур./м³ фанеры;

P₁ и P₂ – количество сырья соответственно 1-го и 2-го сорта, % от общего количества;

P_{сух.1} и P_{сух.2} – количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта, %.

Таким образом, например, предприятие с годовой мощностью 30 000 м³ фанеры марки ФК

может произвести дополнительно 2245 м³ фанеры за счет увеличения производства сырого шпона на 7,5 % и за счет этого получить экономический эффект в сумме 44 млн 900 тыс. р./год.

Методом исследования на втором этапе являлось получение аналитических зависимостей определения величины просвета между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, упрощающих работу лущильщика. Для этого воспользуемся схемой лущения чурака (рис. 1).

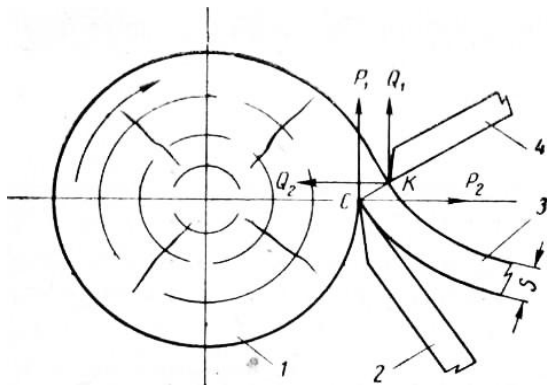


Рис. 1. Схема лущения шпона:

- 1 – чурак, 2 – лущильный нож, 3 – шпон,
4 – прижимная линейка

При лущении чурака 1 ножом 2 под действием силы P_1 происходит срезание тонкой ленты древесины (шпона 3), а действие силы P_2 приводит к изгибу или скалыванию древесины. При этом на оборотной стороне шпона образуются опережающие трещины, что повышает шероховатость поверхности, приводит к разнотолщинности шпона и даже к его обрыву. Чтобы уменьшить отрицательное действие силы P_2 при лущении используют прижимную линейку 4, которая силой Q_2 уменьшает действие силы P_2 .

Прижимная линейка представляет собой стальную пластину с нажимной фаской и при лущении она сжимает шпон по линии СК. Величина такого сжатия характеризуется параметром g , а просвет по линии СК характеризует величину просвета S_0 . Известна зависимость между параметрами S_0 и g [12]

$$S_0 = S_{ш} (100 - g) / 100, \text{ мм}, \quad (19)$$

где $S_{ш}$ – толщина получаемого шпона, равная величине подачи суппорта на один оборот шпинделя лущильного станка ($U_{п}$, мм/об), мм;

g – степень обжима шпона, %.

Зная величину $U_{п}$ оператор лущильного станка (лущильщик) устанавливает на станке необходимую величину подачи суппорта. Для этого он определяет сначала величину g , а затем правильно устанавливает просвет на величину S_0 , вычисляя ее по формуле (1). При этом степень обжима шпона, при лущении различных пород древесины, определяется по формулам [12]

для березы, бука, ели, сосны и лиственницы:

$$g = 7 S_{ш} + 9, \% \quad (20)$$

для ольхи и липы:

$$g = 7 S_{ш} + 14, \% \quad (21)$$

Такие расчеты не очень удобны на практике.

Лучше связать величину S_0 только с одним параметром – толщиной получаемого шпона $S_{ш} = U_{п}$. Для этого только следует в формулу (19) подставить значения из формул (20) и (21). При этом получим

для березы, бука, ели, сосны и лиственницы:

$$S_0 = (91 S_{ш} - 7 S_{ш}^2) \times 10^{-2}, \text{ мм} \quad (22)$$

для ольхи и липы:

$$S_0 = (86 S_{ш} - 7 S_{ш}^2) \times 10^{-2}, \text{ мм} \quad (23)$$

Поскольку в отечественной практике для лущения шпона используется в основном древесина березы (иногда бука) и сосна (иногда ель и лиственница) в табл. 1, для практического пользования, приведены результаты определения величины просвета по формуле (22) для этих пород и толщин шпона, регламентированных ГОСТ 99 – 2016 [13]. По полученным в таблице данным по формуле (19) найдены значения степени обжима шпона g , которые совпадают с значениями этого параметра, определенными по формуле (20), что доказывает справедливость формул (22) и (23). На рис. 2 наглядно показаны зависимости $S_0 = F(S_{ш})$.

Однако можно допустить, что несмотря на наличие известных формул Куликова В.А. и Чубова А.Б. (издание 1984 года) [12] полученные величины просвета по формулам (20) и (21) для толстого шпона (свыше 2 мм) возможно необходимо уточнять.

Величина просвета для регламентированных ГОСТ 99 – 2016 толщин шпона

Лиственные породы		Хвойные породы	
толщина шпона $S_{ш}$, мм	величина просвета S_0 , мм	толщина шпона $S_{ш}$, мм	величина просвета S_0 , мм
0,55	0,48	1,2	0,99
0,75	0,64	1,6	1,28
0,95	0,80	2,0	1,54
1,15	0,95	2,4	1,78
1,25	1,02	2,8	2,00
1,50	1,20	3,2	2,20
1,75	1,38	3,6	2,37
2,00	1,54	4,0	2,52
2,25	1,69	4,5	2,68
2,50	1,84	5,0	2,80
2,75	1,97	5,5	2,89
3,00	2,10	6,0	2,94
3,25	2,22	6,5	2,96
3,50	2,33		
3,75	2,43		
4,00	2,52		

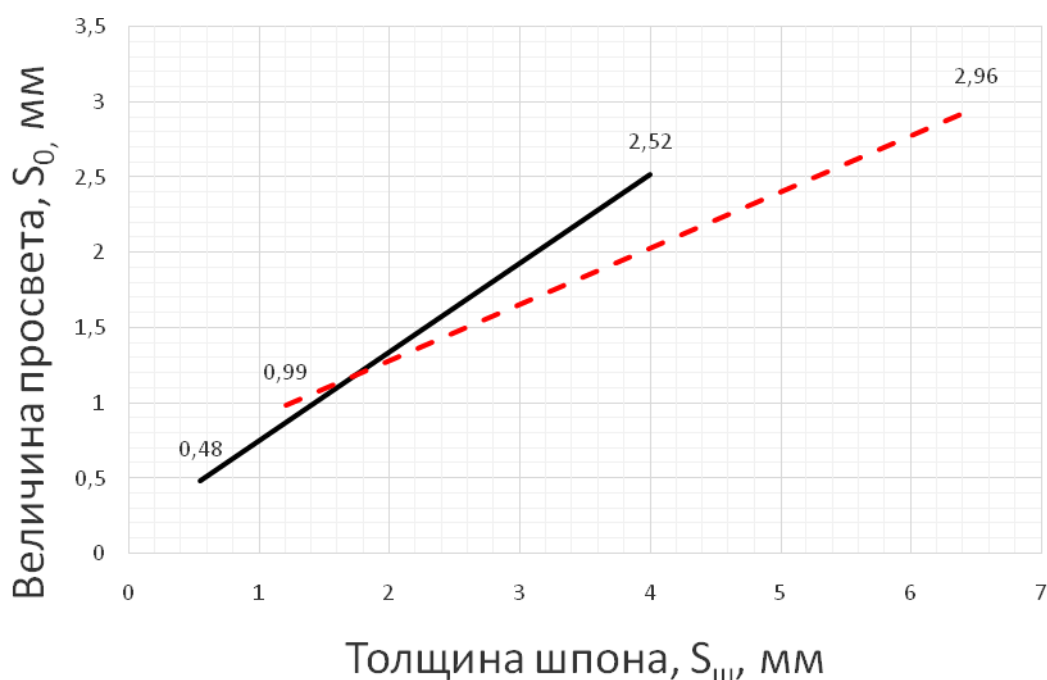


Рис. 2. Зависимость величины просвета от толщины шпона:
сплошная линия для лиственных, пунктирная – для хвойных пород древесины

Вычисленные по этим формулам величины просвета для такого шпона очень большие. При таких больших значениях возможно смятие шпона при его лущении. Возможно эти формулы справедливы для тонкого шпона (до 2 мм), поскольку в то время на шпон лущеный существовал ГОСТ 99 – 75 [14], по которому толщина шпона должна быть от 0,35 до 4,0 мм, независимо листовые это породы древесины или хвойные, и в то время отечественные предприятия выпускали шпон толщиной, обычно, до 2 мм.

Выводы

1. Повышение эффективности фанерного производства можно достигнуть за счет использования в технологии бесшпиндельных лущильных станков, позволяющих уменьшить диаметр карандаша до 40 мм. Это позволит увеличить количество получаемого шпона, и за счет этого можно изготовить дополнительное количество фанеры. Так, например, предприятие с

годовой мощностью 30000 м³ фанеры марки ФК может произвести дополнительно 2245 м³ фанеры за счет увеличения производства сырого шпона на 7,5 % и при этом получить экономический эффект в сумме 44 млн 900 тыс. р. /год. Кроме того, установленная в работе аналитическая связь между просветом и степенью обжима шпона упростит работу лущильщика при настройке станка по установке ножа и прижимной линейки.

2. Получены математические зависимости, определяющие все необходимые параметры для расчетов дополнительного количества сырого шпона, фанеры и экономической эффективности при использовании в технологии фанеры бесшпиндельных лущильных станков.

3. Установлена аналитическая связь просвета между лущильным ножом и прижимной линейкой, что упрощает расчеты определения просвета. Это подтверждают формула, табличные значения и графические зависимости.

Библиографический список

1. Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams / Liu W. Q. [et al.] // Modern bamboo structures: Conference: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA Date: OCT 28-30, 2007. – 2008. - P. 159-169.
2. Laminated veneer lumber from Rowan (*Sorbus aucuparia* Lipsky) / HS. Kol, H. Keskin, S. Korkut, T. Akbulut // African journal of agricultural research. – OCT 2009. – P. 1101-1105.
3. Бирюков, В. Г. Технология клееных материалов и древесных плит / В. Г. Бирюков. – М., 2012. – 292 с.
4. Волынский, В. Н. Технология клееных материалов [Электронный ресурс] : учеб.-справ. пособие / В. Н. Волынский. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2012. – ЭБС «Лань».
5. Мурзин, В. С. Адгезионные свойства березового шпона / В. С. Мурзин // Деревообрабатывающая промышленность. – 1976. – № 5. – С. 4-5.
6. Разиньков, Е. М. Технология и оборудование клееных материалов : учеб. пособие / Е. М. Разиньков, В. С. Мурзин, Е. В. Кантиева. – Воронеж, 2013. – 291 с. – Электронная версия в ЭБС «ВГЛУ».
7. Волынский, В. Н. Каталог деревообрабатывающего оборудования, выпускаемого в странах СНГ и Балтии / В. Н. Волынский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во «АСУ-Импульс», 2003. – 380с.
8. Глебов, И. Т. Оборудование для производства и обработки фанеры [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Т. Глебов, В. В. Глебов. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2013. – 288с. – ЭБС «Лань».
9. Глебов, И. Т. Оборудование для производства и обработки фанеры [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Т. Глебов, В. В. Глебов. – СПб.; М.; 2011, 210 с.
10. ГОСТ 3916.1 – 96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовых пород.
11. Куликов, В. А. Технология клееных материалов и плит : учеб. / В. А. Куликов, А. Б. Чубов. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 344 с.
12. ГОСТ 99-2016. Шпон лущеный. Технические условия. 18 с.
13. ГОСТ 99-75. Шпон лущеный. Технические условия. 16 с.

References

1. Liu W. Q. [et al.] Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams // Modern bamboo structures: Conference: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA: OCT 28-30, 2007. 2008. P. 159-169.
2. Kol H. S., Keskin H., Korkut S., Akbulut T. Laminated veneer lumber from Rowan (*SorbusaucupariaLipsky*) // African journal of agricultural research. OCT 2009. P.1101-1105.
3. Biryukov V. G. Tekhnologiya's unsociable persons of glued materials and wood-based panels. - M.: MGUL, 2012. 292 pages.
4. Volynsk V. N. Tekhnologiya of glued materials [Electronic resource]: educational handbook. - SPb.; M.; Krasnodar: Fallow deer, 2012. - EBS "Fallow deer".
5. Murzin V. S. Adhesive properties of birch interline interval. Woodworking promylenost. 1976. No. 5. p. 4-5.
6. Razinkov E. M., Murzin V. S., Kantiyeva E. V. Technology and equipment of glued materials. Voronezh, 2013. 291 p. Electronic version in EBS VGLTU.
7. Volynsk V. N. The catalog of the woodworking equipment which is let out in CIS and Baltic countries. 3rd prod., ispr. and additional. M.: ASU-Impuls publishing house, 2003. 380 p.
8. Glebov I. T., Glebov V. V. Equipment for production and processing of plywood [Electronic resource]: studies. grant. SPb.; M.; Krasnodar: Fallow deer, 2013. EBS "Fallow deer", 288 p.
9. Glebov I. T., Glebov V. V. Equipment for production and processing of plywood [Electronic resource]: studies. grant. SPb.; M.; 2011, 210 p.
10. GOST 3916.1 - 96. Plywood of general purpose with skins from interline interval of hardwood.
11. Sandpipers of VA., A.B. Tekhnologiya's Forelocks of glued materials and plates: The textbook for higher education institutions. M.:lesn. Prom-st, 1984. - 344 pages.
12. GOST 99-2016. The interline interval is hulled. Specifications, 18 pages.
13. GOST 99-75. The interline interval is hulled. Specifications, 16 pages

Сведения об авторах

Разиньков Егор Михайлович – заведующий кафедрой механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.

Ищенко Татьяна Леонидовна – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация.

Information about authors

Razinkov Egor Mikhaylovich – Head of the department of mechanical technology of wood, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.

Ischenko Tatiana Leonidovna – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation.