

## Повышение качества комбинированной фанеры

В.В. Сергеевичев<sup>1 a</sup>, Ар.А. Федяев<sup>1 b</sup>, А.В. Сергеевичев<sup>1 c</sup>, А.А. Федяев<sup>2 d</sup>, Е.Г. Кузнецова<sup>1 e</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>910sav@gmail.com, <sup>b</sup>art\_fedyayev@mail.ru, <sup>c</sup>alexander910@yandex.ru, <sup>d</sup>vends@newmail.ru, <sup>e</sup>anhel\_el@mail.ru

Статья поступила 3.10.2016, принята 8.11.2016

*При решении вопросов улучшения эксплуатационных свойств комбинированной фанеры параллельно встает задача оптимизации опытного определения свойств данного материала. Учитывая, что испытания на изгиб при действии нагрузок, вызывающих поперечные силы, всегда дают искаженные результаты, решение может быть найдено при переходе к испытаниям при чистых деформациях. Оптимизация по механическим характеристикам возможна только на основе объективных, воспроизводимых и устойчивых критериев. Необходимо избегать одновременного воздействия различных напряжений, нормальных и касательных, из-за их различного влияния на прочность и жесткость образцов. К однородным напряженным состояниям можно отнести чистый изгиб и, с некоторым приближением, скалывание. Испытание на чистый изгиб позволяет определить параметры неоднородности любого составного материала, а также разработать рекомендации по обеспечению необходимых характеристик отдельных слоев комбинированной фанеры, т. е. выйти на оптимизацию технологических режимов. Важнейшим этапом улучшения строения комбинированной фанеры является подбор плотности заполнителя, имеющий ярко выраженный экономический аспект и выступающий необходимым условием оптимизации материала. Оптимизация строения комбинированной фанеры по характеристикам прочности и жесткости может подчиняться различным условиям, к ним можно отнести, например, обеспечение заданного соотношения прочности или жесткости в фиксированных направлениях материала. Существенное влияние при этом оказывают технологические режимы изготовления материала. В целом выравнивание и оптимизация механических свойств и строения комбинированной фанеры представляются более сложной задачей, чем для обычной фанеры и древесностроительных пластиков. При этом качественные преимущества комбинированной фанеры по сравнению с древесными материалами не вызывают сомнений.*

**Ключевые слова:** фанера; рабочие свойства; комбинированная структура; методы исследований; качество поверхности.

## Quality improvement for the combined plywood

V.V. Sergeevichev<sup>1 a</sup>, Ar.A. Fedyayev<sup>1 b</sup>, A.V. Sergeevichev<sup>1 c</sup>, A.A. Fedyayev<sup>2 d</sup>, E.G. Kuznetsova<sup>1 e</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; 5 Institutsky Pereulok, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University; 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>910sav@gmail.com, <sup>b</sup>art\_fedyayev@mail.ru, <sup>c</sup>alexander910@yandex.ru, <sup>d</sup>vends@newmail.ru, <sup>e</sup>anhel\_el@mail.ru

Received 3.10.2016, accepted 8.11.2016

*When solving a problem of optimization of operational properties of the combined plywood, there is a parallel problem of optimization of determining experimentally the properties of the combined plywood. Bend tests at action of the loadings causing transversal forces always yield the distorted results. A solution can be found only upon transition to tests at clear deformations. Optimization in accordance with mechanical characteristics is possible only on the basis of the objective, reproduced and steady criteria. It is necessary to avoid simultaneous influence of various tensions, both normal and tangential owing to their different influence on durability and rigidity of samples. It is possible to carry a clear bend to the homogeneous stressed states and with some approximation shear. Test on a clear bend allows to determine parameters of inhomogeneity of any compound material, as well as to elaborate recommendations on providing necessary conditions of collaboration of characteristics of separate layers of the combined plywood, i.e. to optimize technological modes. The most important stage of improvement of the structure of the combined plywood is selection of filler density. Such selection has pronounced economic aspect and is a necessary condition of optimization of material. Optimization of the structure of the combined plywood, according to characteristics of durability and rigidity, can be subject to various conditions. For example, providing the given ratio of durability or rigidity in the fixed directions of material is one of them. At the same time the technological modes of manufacturing the material have significant effect. In general, alignment and optimization of mechanical characteristics and the structure of the combined plywood are more complex tasks than for ordinary plywood and for the wooden plastics. Competitiveness of the combined plywood in comparison with wood materials does not raise doubts.*

**Key words:** plywood; working properties; combined structure; methods of studies; surface quality.

## Введение

В последнее время возрастает необходимость оптимального использования сырья в связи с увеличением дефицита древесины. Это касается, в частности, производства комбинированной фанеры. Учитывая возможные области применения, можно расположить ее эксплуатационные свойства по уровню значимости в следующем порядке:

1. Механические прочность и жесткость, определяющие надежность и долговечность изделий и конструктивных элементов из комбинированной фанеры.

2. Износостойкость поверхностных слоев комбинированной фанеры, определяющая ее эксплуатационный ресурс при использовании в качестве покрытия для полов и ограждений [11].

3. Теплозащитные и ограждающие свойства, используемые в стенах, покрытиях, защитных устройствах.

4. Декоративные и гигиенические свойства, характеризующие возможность применения материала в интерьерах и мебельном производстве [12].

Компромиссное сочетание данных характеристик позволяет наметить возможные условия оптимизации строения комбинированной фанеры, так как основной критерий в данном случае определяется из экономических соображений.

Решение этой задачи в общем виде представляет определенные трудности.

**Методика исследований.** При решении вопросов улучшения эксплуатационных свойств комбинированной фанеры параллельно встает задача оптимизации опытного определения ее свойств, и в первую очередь — механических характеристик. При этом основной критерий сводится к объективности и устойчивости количественных значений соответствующих характеристик.

1. Оптимизация строения комбинированной фанеры для получения необходимых механических свойств может быть основана на методе испытания, обеспечивающем объективность и достоверность количественных характеристик исследуемых показателей. Величины механических свойств одних и тех же образцов комбинированной фанеры существенно зависят от метода испытаний [1].

Во всех стандартных методах испытаний на изгиб осуществляется загрузка одной или двумя сосредоточенными силами, т. е. создается деформация поперечного изгиба, и в сечениях образцов возникают нормальные и касательные напряжения. Наиболее распространенный случай — симметричный поперечный изгиб одной силой. В опасном сечении, под силой, наибольшие величины напряжений определяются по формулам:

$$\sigma = \frac{3 Pl}{2 \delta_c^2}; \tau = \frac{3 P}{4 \delta_c}, \quad (1)$$

где  $P$  — усилие на единичную ширину образца,  $H$ ;  $\delta_c$  — высота сечения,  $m$ .

Из уравнения (1) можно выразить касательное напряжение через нормальное:

$$\tau = \frac{3}{4 \delta_c} \frac{2 \delta_c^2 \sigma}{3 l} = \sigma \frac{\delta_c}{2 l}. \quad (2)$$

Величина касательных напряжений зависит от соотношения высоты и длины образца и в коротких образцах может быть значительной. Так, при реальных соотношениях  $l/\delta_c = 10-20$  касательные напряжения достигают до 5 % нормальных [13]. Учитывая, что наибольшие касательные напряжения в комбинированной фанере действуют в относительно слабых прослойках заполнителя, они могут существенно снижать прочность образца. Прочность на скалывание древесноволокнистых и древесностружечных плит во много раз (в 20-30 раз) ниже осевой прочности шпона в его окаймляющих листах. Поэтому касательные напряжения в прослойках комбинированной фанеры при поперечном изгибе являются причиной ее разрушения [2]. Исходя из этого, испытания на изгиб при действии нагрузок, вызывающих поперечные силы, всегда дают искаженные результаты. На эти искажения также оказывают влияние различия в строении испытуемых образцов, которые значительно проявляются в комбинированной фанере. Из-за этого экспериментальные характеристики прочности и жесткости данной фанеры разного строения становятся несопоставимыми. Отмеченное явление усугубляется невозможностью переноса результатов испытания коротких образцов на любые конструктивные элементы. Это проявляется и в элементах из обычной древесины и фанеры, но в них сильное искажение испытаний от касательных напряжений проявляется при малых относительных прогибах  $l/\delta_c \leq 5$  [3], поэтому стандартные испытания на изгиб при  $l/\delta_c \leq 10$  дают приемлемые результаты. В комбинированной фанере в связи с малой прочностью заполнителя на скалывание касательные напряжения сильно проявляются при значительно больших пролетах — до  $l/\delta_c = 20-40$ , в зависимости от вида загрузки. Выход может быть найден только при переходе к испытаниям при чистых деформациях. При испытаниях на скалывание осуществляется практически чистая деформация сдвига. Для получения чистого изгиба в Лесотехнической академии и научно-производственном объединении «Ленпроектмебель» было разработано специальное устройство, которое включено в ГОСТ 19921-74 для испытания гнукотклёных мебельных заготовок [4].

Устройство предназначено для создания двух противоположно направленных моментов при действии осевого растягивающего усилия.

2. Важным этапом оптимизации строения комбинированной фанеры является подбор свойств заполнителя. В предполагаемых заполнителях в древесностружечной или древесноволокнистой композиции все механические свойства определяются линейной зависимостью от плотности [2]:

$$\sigma = \sigma_n + b_\sigma \rho; \tau = \tau_n + b_\tau \rho; E = E_n + b_E \rho, \quad (3)$$

где  $\sigma_n$ ,  $\tau_n$ ,  $E_n$ ,  $b_\sigma$ ,  $b_\tau$ ,  $b_E$  — эмпирические коэффициенты, найденные для многих пород древесины, древесностружечных и древесноволокнистых композиций.

В табл. 1 приведены значения параметров прочности некоторых пород древесины [3], древесностружечных и древесноволокнистых композиций по нормальным напряжениям и путем экстраполяции (табл. 2). Полученные значения характеристик прочности березы приведены в 3-й строке табл. 1 и 2. Эти значения приняты по результатам обработки большого числа экспериментов [3].

В случаях поперечного изгиба приведенное опасное напряжение в окаймляющих местах определяется по формуле:

$$\sigma_{np} = \frac{\sigma^2 + a\tau^2}{\sqrt{\sigma^2 + \tau^2}}, \quad (4)$$

где  $a$  — коэффициент, определяющий удельный вес касательных напряжений.

Таблица 1

*Характеристика изгибной прочности древесины и древесных материалов в зависимости от плотности*

№ п/п	Порода древесины или вид материала	$\rho, \text{г/см}^3$	$\sigma_{н}, \text{МПа}$	$b$	$\sigma_{\max}, \text{МПа},$ при $\rho = 1,54 \text{ г/см}^3$
1	Береза, танг	0,61	10,7	146,5	236,2
2	Береза, рад	0,61	9,9	157,5	212,4
3	Береза, среднее	0,61	10,3	154,0	224,3
4	Осина, танг	0,50	6,6	119,9	191,2
5	Осина, рад	0,50	13,8	132,4	217,7
6	Осина, среднее	0,50	10,2	126,2	204,5
7	Сосна, танг	0,54	-21,9	156,4	219,0
8	Сосна, рад	0,54	-22,4	148,0	205,5
9	Сосна, среднее	0,54	-22,2	152,2	212,3
10	Лиственница, среднее	0,61	6,9	145,3	230,2
11	Древесностружечная композиция	0,30	-8,2	25,3	30,8
12	Древесноволокнистая композиция, влажность 7 %	0,30	-4,5	15,8	19,8
13	Древесноволокнистая композиция, влажность 10–12 %	0,30	-2,5	9,9	12,7

Таблица 2

*Характеристики прочности на скалывание древесины и древесных материалов*

№ п/п	Порода древесины или вид материала	$\rho, \text{г/см}^3$	$\tau_{н}, \text{МПа}$	$b$	$\tau_{\max}, \text{МПа},$ при $\rho = 1,54 \text{ г/см}^3$
1	Береза, танг	0,56	-0,3	13,1	19,5
2	Береза, рад	0,56	-2,5	20,4	28,9
3	Береза, среднее	0,56	-1,4	16,3	24,2
11	Древесностружечная композиция	0,30	-0,8	2,5	3,0
12	Древесноволокнистая композиция, влажность 7 %	0,30	-0,5	1,6	2,0
13	Древесноволокнистая композиция, влажность 10–12 %	0,30	-0,3	1,0	1,2

Согласно данным [5], для древесины и древесных материалов этот коэффициент весьма значителен:  $a = 15-20$ .

Подставляя в формулу (4) значение  $\tau$  из формулы (2), получим:

$$\frac{\sigma_{np}}{\sigma} = \frac{1 + \left(\frac{\delta_c^2}{4l^2}\right)a}{\sqrt{1 + \frac{\delta_c^2}{4l^2}}}. \quad (5)$$

При наиболее неблагоприятных сочетаниях ( $l/\delta_c = 10$  и  $a = 20$ ) увеличение приведенного опасного напряжения при поперечном изгибе составит:

$$\frac{\sigma_{np}}{\sigma} = \frac{1 + \frac{20}{400}}{\sqrt{1 + \frac{1}{100}}} \approx 1,04.$$

Полученный результат показывает, что касательные напряжения при поперечном изгибе незначительно влияют на общую прочность окаймляющих листов шпона в комбинированной фанере. В клеевых прослойках и в заполнителе они существенны, поэтому удельная прочность комбинированной фанеры должна определяться по условию прочности на сдвиг или скалывание:

$$\tau_b \leq \tau_n + b\tau_p, \quad (6)$$

тогда:

$$\rho \geq \frac{\tau_b - \tau_n}{b\tau}, \quad (7)$$

где  $\tau_b$  — временное сопротивление прослоек по скальванию, МПа.

Полученное уравнение позволяет определить предельную плотность по условию равнопрочности окаймляющих листов шпона и прослоек заполнителя [14]. Для этого подставим вместо  $\tau_b$  его значение через нормальные напряжения, определяющие прочность крайних волокон по формуле (2), тогда:

$$\rho \geq \frac{\sigma \frac{\delta_c}{b \cdot 2l} - \tau_n}{b\tau}. \quad (8)$$

При поперечном изгибе распределенной нагрузкой на единичную ширину  $q$  значения напряжений определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{3ql^2}{4\delta_c^2}, \quad \tau = \frac{3ql}{4\delta_c}, \quad (9)$$

откуда:

$$\tau = \frac{\sigma\delta_c}{l}. \quad (10)$$

В этом случае касательные напряжения принимают относительно более высокие значения, и условие равнопрочности сечения комбинированной фанеры принимает вид:

$$\rho = \frac{\sigma_b \frac{\delta_c}{l} - \tau_n}{b\tau}. \quad (11)$$

В табл. 3 показаны значения оптимальных плотностей различных видов заполнителей комбинированной фанеры в двух возможных случаях эксплуатационных нагрузок: сосредоточенными и распределенными силами по формулам (8) и (11) соответственно [15].

Таблица 3

Значения оптимальных плотностей заполнителя комбинированной фанеры

Загружение	Вид заполнителя	$l/\delta_c$	Прочность шпона $\sigma_b$ , МПа			
			50	100	150	200
Сосредоточенные силы	Древесностружечная композиция	50	0,52	0,72	0,92	1,12
		100	0,42	0,52	0,62	0,72
		200	0,38	0,42	0,47	0,52
		300	0,35	0,39	0,42	0,45
Распределенные нагрузки	Древесностружечная композиция	50	0,72	1,02	1,53	—
		100	0,52	0,72	0,92	1,12
		200	0,42	0,52	0,62	0,72
		300	0,39	0,45	0,52	0,59
Сосредоточенные силы	Древесноволокнистая композиция, влажность 7 %	50	0,63	0,94	1,25	1,56
		100	0,47	0,63	0,78	0,94
		200	0,39	0,47	0,55	0,63
		300	0,37	0,42	0,47	0,52
Распределенные нагрузки	Древесноволокнистая композиция, влажность 7 %	50	0,94	1,56	—	—
		100	0,63	0,94	1,25	1,56
		200	0,47	0,63	0,78	0,84
		300	0,42	0,52	0,63	0,73
Сосредоточенные силы	Древесноволокнистая композиция, влажность 10–12 %	50	0,80	1,30	—	—
		100	0,55	0,80	1,05	1,30
		200	0,43	0,55	0,68	0,80
		300	0,38	0,47	0,55	0,63
Распределенные нагрузки	Древесноволокнистая композиция, влажность 10–12 %	50	1,30	—	—	—
		100	0,80	1,30	—	—
		200	0,55	0,80	1,05	1,30
		300	0,45	0,63	0,80	0,97

**Результаты исследований.** На основании выше-сказанного можно сделать следующие обобщения.

1. Предельная минимальная плотность заполнителя медленно уменьшается при возрастании относительной длины загрузения комбинированной фанеры.

2. При распределенных загрузениях предельная плотность больше, чем при сосредоточенных.

3. Увеличение прочности окаймляющих листов шпона приводит к существенному возрастанию необходимой плотности заполнителя. Полученные результаты могут служить основой для последующей эконо-

мической оптимизации сечений комбинированной фанеры.

Один из возможных путей подбора рациональных или оптимальных строений комбинированной фанеры сводится к обеспечению заданных соотношений жесткостей, или прочностей, в ортогональных направлениях комбинированной фанеры [16]. Такой подбор сравнительно легко осуществляется, но он естественно ограничен, и полученные при этом сечения могут не соответствовать условиям экономической и технологической оптимизации. Оставляя в стороне технологические критерии, связанные с условиями набора слоев, их склеивания и режимами изготовления, остановимся на эксплуатационных и экономических критериях. Здесь задачу оптимизации можно решить в двух постановках:

1. По условию минимизации расхода сырья.

2. По условию минимизации стоимости готовой продукции.

Расход сырья на единичную площадь фанеры, что соответствует ее распределенной плотности, можно определить по формуле:

$$\Pi = \sum \delta_i \rho_i, \quad (12)$$

где  $\delta_i$  — толщина слоев,  $m$ ;  $\rho_i$  — плотности слоев,  $кг/м^3$ .

Стоимость единичной площади изготовленной фанеры определяется, соответственно, по аналогичной зависимости:

$$C = \sum C_i \delta_i \rho_i + C_u, \quad (13)$$

где  $C_i$  — стоимость единицы объема слоя-компонента,  $p$ ;  $C_u$  — стоимость изготовления, отнесенная к единичной площади готовой фанеры,  $p$ .

При использовании комбинированной фанеры в домостроении или для временных сооружений, а также в вагоностроении и автомобилестроении существенное значение приобретают ее ограждающие характеристики [17]. К ним относятся термическое сопротивление, воздухопроницаемость, поглощение солнечной радиации, паропроницаемость, звукоизоляция и т. п.

В качестве основной ограждающей характеристики комбинированной фанеры рассмотрим термическое сопротивление  $R = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ , где  $\delta_i$  — толщина соответствующего слоя,  $m$ ;  $\lambda_i$  — коэффициент теплопроводности слоя.

Значения коэффициентов теплопроводности для некоторых пород древесины и древесных композиций приведены в табл. 4 [4].

Таблица 4

*Теплотехнические показатели*

№ п/п	Материал	$\rho, г/см^3$	Удельная теплоемкость $C_0$ , $ккал/кг^{\circ}C$	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , $ккал/м \cdot ч^{\circ}C$
1	Сосна и ель поперек волокон	0,5	0,56	0,08
2	Сосна и ель вдоль волокон	0,5	0,56	0,15
3	Береза поперек волокон	0,5	0,48	0,10
4	Береза вдоль волокон	0,5	0,71	0,20
5	Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	1,0	0,55	0,13
6		0,8	0,55	0,11
7		0,6	0,55	0,09
8		0,4	0,55	0,07
9		0,2	0,56	0,05

**Выводы**

1. Оптимизация по механическим характеристикам возможна только на основе объективных, воспроизводимых и устойчивых критериев. Необходимо избегать одновременного воздействия различных напряжений, нормальных и касательных, из-за их различного влияния на прочность и жесткость образцов. К однородным напряженным состояниям можно отнести чистый изгиб и, с некоторым приближением, скалывание.

2. Испытание на чистый изгиб позволяет определить параметры неоднородности любого составного материала, а также разработать рекомендации по обеспечению необходимых условий совместной работы характеристик отдельных слоев комбинированной фанеры, т. е. выйти на оптимизацию технологических режимов [18].

3. Важнейшим этапом улучшения строения комбинированной фанеры является подбор плотности запол-

нителя. Такой подбор имеет ярко выраженный экономический аспект и является необходимым условием оптимизации материала.

4. Оптимизация строения комбинированной фанеры по характеристикам прочности и жесткости может подчиняться различным условиям, например, обеспечение заданного соотношения прочности или жесткости в фиксированных направлениях материала. Существенное влияние при этом оказывают технологические режимы изготовления материала.

5. В целом выравнивание и оптимизация механических свойств и строения для комбинированной фанеры являются более сложной задачей, чем для обычной фанеры и древесностружечных пластиков. При этом конкурентоспособность комбинированной фанеры по сравнению с древесными материалами не вызывает сомнений.

## Литература

## References

1. Чудинов Б.С., Приходько Е.П. Расчет времени и скорости прогрева клевого слоя // Деревообрабатывающая промышленность. 1955. № 4. С. 20-21.
2. Михайлов А.М. О прогреве пакетов фанеры в горячих прессах // Деревообрабатывающая промышленность. 1955. № 11. С. 10-11.
3. Бавельский М.Д., Генкин Л.И. Расчет режимов прессования древесных материалов // Деревообрабатывающая промышленность. 1970. № 10. С. 15-17.
4. Чубинский А.Н. Формирование клееных конструктивных материалов из шпона хвойных пород древесины: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 1995. 44 с.
5. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низко токсичных клееных древесных материалов. СПб.: Химиздат, 2014-148 с.
6. Сергеевичев В.В., Кузнецова Е.Г. Анализ напряженного состояния клеевых прослоек в комбинированной фанере // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 206. С. 138-146.
7. Сергеевичев В.В., Кузнецова Е.Г. Температура в стенке фанерной трубы при ее изготовлении // Изв. СПбЛТА. 2015. Вып. 210. С. 157-169.
8. Сергеевичев В.В., Хуако Х.А. Упругие свойства комбинированной стенки фанерной трубы конструкционного назначения // Изв. СПбЛТА. 2010. Вып. 190. С. 148-154.
9. Сергеевичев В.В., Сергеевичев А.В. Математическая модель прокатки древесных материалов в валковых прессах: моногр. Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2013. С. 148-154. Германия.
10. Сергеевичев В.В., Мартынов Б.Г. Температурные деформации и напряжения в армированных клееных деревянных конструкциях // Изв. СПбЛТА. 2012. Вып. 199. С. 176-182.
11. Сергеевичев А.В., Соколова В.А., Кушнерев В.О. Формирование поверхности твердых тел: граничная область материал-среда // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 208. С. 138-152.
12. Сергеевичев А.В. Формирование поверхности древесины и древесных материалов шлифованием: моногр. СПб: СПбГЛТУ, 2015. 136 с.
13. Сергеевичев В.В., Михайлова А.Е. Анализ взаимодействия валков с древесиной в прессах непрерывного действия // Изв. СПбЛТА. 2016. Вып. 214. С. 203-217.
14. Сергеевичев В.В., Сергеевичев А.В., Михайлова А.Е. Анализ напряженно-деформационного состояния стружечноклеевой массы в зоне прокатки // Изв. СПбЛТА. 2016. Вып. 215. С. 229-243.
15. Сергеевичев В.В., Михайлова А.Е. Анализ деформаций валков и древесины в прессах непрерывного действия // Изв. СПбЛТА. 2015. Вып. 213. С. 224-231.
16. Сергеевичев А.В. Основные характеристики процесса шлифования древесины и древесных материалов // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 206. С. 124-138.
17. Чубинский А.Н., Федяев А.А. Основы строительного производства деталей и строений из древесных материалов. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 28 с.
18. Сергеевичев А.В., Соколова В.А. Механическая обработка поверхности твердых тел. Современные проблемы переработки древесины // Материалы междунар. науч.-технической конф. молодых ученых и специалистов. СПб., 2013. С. 152-160.
1. Chudinov B.S., Prikhod'ko E.P. Calculation of time and speed of warming up of a glue layer // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 1955. № 4. P. 20-21.
2. Mikhailov A.M. About warming up of packages of plywood in hot presses // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 1955. № 11. P. 10-11.
3. Bavel'skii M.D., Genkin L.I. Calculation of the modes of pressing of wood materials // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 1970. № 10. P. 15-17.
4. Chubinskii A.N. Formation of glued constructional materials from an interline interval of coniferous breeds of wood: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. SPb., 1995. 44 p.
5. Varankina G.S., Chubinskii A.N. Formation of the low toxicity glued wood-based materials. SPb.: Khimizdat, 2014. 148 p.
6. Sergeevichev V.V., Kuznetsova E.G. Stress analysis of glues layers in composite plywood // Izv. SPbLTA. 2014. Vyp. 206. P. 138-146.
7. Sergeevichev V.V., Kuznetsova E.G. The temperature in the wall plywood pipe during its manufacture // Izv. SPbLTA. 2015. Vyp. 210. P. 157-169.
8. Sergeevichev V.V., Khuako Kh.A. Plywood pipes of construction function on the base of veneer coats combining // Izv. SPbLTA. 2010. Vyp. 190. P. 148-154.
9. Sergeevichev V.V., Sergeevichev A.V. Mathematical Model of Rolling Wood Materials in Roll Presses: monogr. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. P. 148-154. Germaniya.
10. Sergeevichev V.V., Martynov B.G. Thermal deformations and stresses in the reinforced glued wooden constructions // Izv. SPbLTA. 2012. Vyp. 199. P. 176-182.
11. Sergeevichev A.V., Sokolova V.A., Kushnerev V.O. Formation of a surface of solid bodies: cutoff region material-environment // Izv. SPbGLTA. 2014. Vyp. 208. P. 138-152.
12. Sergeevichev A.V. Formation of the surface of the wood and wooden materials by grinding: monogr. SPb: SPbGLTU, 2015. 136 p.
13. Sergeevichev V.V., Mikhailova A.E. The analysis of interaction of rolls with wood in the presses of continuous action // Izv. SPbGLTA. 2016. Vyp. 214. P. 203-217.
14. Sergeevichev V.V., Sergeevichev A.V., Mikhailova A.E. The analysis of an intense and deformation condition of shaving and glue mix in a rolling zone // Izv. SPbGLTA. 2016. Vyp. 215. P. 229-243.
15. Sergeevichev V.V., Mikhailova A.E. The analysis of deformations of rollers and wood in the press of the continuous action // Izv. SPbGLTA. 2015. Vyp. 213. P. 224-231.
16. Sergeevichev A.V. The basic characteristics of process of grinding of wood and wood materials // Izv. SPbGLTA. 2014. Vyp. 206. P. 124-138.
17. Chubinskii A.N., Fedyayev A.A. Basics of building production details and constructions from wood-based materials. SPb.: SPbGLTU, 2015. 28 p.
18. Sergeevichev A.V., Sokolova V.A. Machining of the surface of solids. Modern problems of wood processing // Materialy mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. molodykh uchenykh i spetsialistov. SPb., 2013. P. 152-160.