

## Влияние морфометрических характеристик круглого сортимента и условий его раскроя на выход строганого шпона

Н.О. Бегункова<sup>a</sup>, С.П. Исаев<sup>b</sup>, О.И. Бегунков<sup>c</sup>

Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская 136, Хабаровск, Россия

<sup>a</sup>natali-beg@mail.ru, <sup>b</sup>IsaevSP@pnu.edu.ru, <sup>c</sup>olegbeg@mail.ru

Статья поступила 11.02.2016, принята 25.03.2016

*Широкое использование натурального строганого шпона в производстве мебели сдерживается его низкой конкурентоспособностью по сравнению с синтетическими облицовочными материалами. Кроме того, эксплуатационные запасы ясеня, широко применяемого для производства строганого шпона на Дальнем Востоке, за последние годы резко уменьшились. Альтернативной породой, широко распространенной на Дальнем Востоке, является лиственница, которая также обладает красивой текстурой. Однако средний диаметр лиственницы составляет 22...24 см, что не соответствует требованиям ГОСТ к соответствующему фанерному бревну. В данной ситуации для вовлечения в производство лиственницы и обеспечения конкурентоспособности строганого шпона нужны новые технологические решения, повышающие эффективность его производства. В статье рассмотрено влияние основных информационно-технологических характеристик круглых лесоматериалов (формообразующей, диаметра и сбега бревна), условий его раскроя (параллельно оси или параллельно сбегу) и толщины строганого шпона на его объемно-качественный выход с помощью имитационного моделирования. При проведении эксперимента использовался метод многофакторного планирования с применением В-плана второго порядка. В эксперимент были включены три фактора: толщина шпона, диаметр и сбег бревна. В качестве выходных параметров рассматривались общий объемный выход и выход радиального, полурадialного и тангентального шпона при строгании бревна параллельно его оси и параллельно образующей, имеющей формы параболы Нейля и параболы. В результате получены уравнения регрессии и построены поверхности, позволяющие установить влияние перечисленных факторов на объемно-качественный выход строганого шпона и дать рекомендации о необходимости сортировки фанерных бревен по морфометрическим характеристикам. Предложена технология продольного раскроя и строгания шпона, обеспечивающая максимальный выход радиального шпона и повышающая эффективность переработки лиственничного сырья.*

**Ключевые слова:** строганный шпон; выход шпона; лиственница; морфометрические характеристики; круглый сортимент.

## The influence of morphometric characteristics of the round wood assortment and its cutting conditions on the sliced veneer yield

N.O. Begunkova<sup>a</sup>, S.P. Isaev<sup>b</sup>, O.I. Begunkov<sup>c</sup>

Pacific National University; 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russia

<sup>a</sup>natali-beg@mail.ru, <sup>b</sup>IsaevSP@pnu.edu.ru, <sup>c</sup>olegbeg@mail.ru

Received 11.02.2016, accepted 25.03.2016

*The widespread use of natural sliced veneer in furniture production is hampered by its low competitiveness in comparison with synthetic facing materials. Besides, operating reserves of ash, widely used in the Russian Far East for the sliced veneer production, has been dramatically decreased for the last years. The alternative wood species, widespread in the Russian Far East is a larch, which also has a beautiful texture. However, the average diameter of larch today is 22...24 cm, which does not meet the requirements of State Standard Specification (GOST) to the appropriate plywood log. In this situation, to engage larch into the sliced veneer production and ensure its competitiveness there is a need in new technological solutions that increase the efficiency of sliced veneer production. This paper demonstrates the influence of basic data and processing characteristics of round wood (shape of generatrix, diameter, and rise), its cutting conditions (parallel to the axis or parallel to the rise) and the thickness of sliced veneer on its volume-quality yield with the help of simulation modeling. In the experiment, the multifactor planning method has been used with the B- plan of the second order. The experiment includes three factors: thickness of veneer, log diameter and its rise. There are the following output parameters taken: the general volume yield and yield of radial, semiradial and tangential veneer at log planing parallel to its axis and parallel to the generatrix having the shape of a parabola and the parabola Neile. As the result the regression equations are received and surfaces are constructed, allowing determine the influence of these factors on volume-quality of sliced veneer yield and provide recommendations on the need for sorting veneer logs on morphometric characteristics. The technology of longitudinal cutting and planing of veneer is provided for maximum radial veneer yield and to increase efficiency of the larch raw materials processing.*

**Key words:** sliced veneer; veneer yield; larch; morphometric characteristics; round wood assortment.

## Введение

Для производства строганого шпона на Дальнем Востоке в основном использовали твердолиственные породы, такие как ясень, дуб и др. Эксплуатационные запасы этих пород в лесном фонде Дальневосточного федерального округа сильно сократились и составляют примерно 6 % [1]. Одной из перспективных пород для производства строганого шпона может быть лиственница, запасы которой оцениваются в 65,2 % [1].

Лиственница обладает красивой декоративной текстурой и способна заменить в производстве строганого шпона традиционную твердолиственную древесину [20]. Однако сегодня размерно-качественный состав данной породы сильно изменился. Это в первую очередь касается существенного уменьшения среднего диаметра до 22–24 см [1], что значительно снижает эффективность производства строганого шпона из данного сырья. Для устранения этого недостатка и повышения конкурентоспособности по сравнению с синтетическими облицовочными материалами, на наш взгляд, необходимо учитывать индивидуальные морфометрические характеристики каждого сортимента (фанерного бревна) и условия его продольного раскроя. При этом для лиственницы важно обеспечить получение максимального выхода радиального шпона, который имеет минимально возможную толщину, меньшую шероховатость, более высокую прочность и формоустойчивость. Аналогичные задачи ставятся и в исследованиях, посвященных раскрою круглых сортиментов на различные виды продукции (пиломатериалы, заготовки и др.), что отмечается в работах российских и зарубежных авторов [2–8].

Целью настоящей работы является изучение влияния ряда факторов, характеризующих сырье, условия его продольного раскроя и толщины получаемой продукции, на объемно-качественный выход шпона.

**Методика исследования и анализ результатов эксперимента.** Для решения поставленной задачи использовались известные методики планирования эксперимента. Для детального изучения большинства процессов деревообработки наиболее подходят планы второго порядка. Учитывая сложность экспериментальных исследований, обусловленных наличием не только обычных, но и качественных факторов, отражающих некоторые индивидуальные морфометрические характеристики бревна, для изучения процесса формирования строганого шпона [9] было применено имитационное моделирование. Постоянные и переменные факторы приведены соответственно в табл. 1 и 2.

Таблица 1

### Постоянные факторы эксперимента

Наименование	Значение
Порода древесины	лиственница
Длина круглого лесоматериала, м	3
Способ продольного раскроя	кряжевой
Толщина отструга, мм	20

Таблица 2

### Переменные факторы эксперимента

Наименование фактора	Обозначение факторов	Интервал варьирования	Уровень варьирования		
			нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)
Диаметр сортимента, см	$d_b$	8	20	28	36
Толщина шпона, мм	$t_{шп}$	0,2	0,6	0,8	1,0
Сбег, см/м	$S$	1,3	0,4	1,7	3,0

Уровни и интервалы варьирования значений факторов устанавливаются в соответствии с поставленной выше задачей, а также по результатам материалов предыдущих исследований.

Проведенные ранее расчеты [10; 11] показали, что сортименты, которые имеют образующую в форме прямой, обеспечивают максимальный выход радиального шпона независимо от условий его продольного (параллельно оси или параллельно образующей бревна) раскроя. Необходимым условием при этом является также применение технологии индивидуального раскроя листа шпона. Поэтому в исследованиях рассматриваются бревна, образующие которых имеют форму параболы или параболы Нейля. В качестве выходных параметров приняты общий объемный выход и выход радиального, полурадialного и тангентального шпона при строгании сортимента параллельно его оси и параллельно образующей, имеющей форму параболы и параболы Нейля.

Принятый кряжевой способ раскроя позволяет наиболее полно использовать древесину [14]. Ввиду того, что предполагается производить шпон при продольном строгании, вопрос жесткого крепления заготовок на столе станка не является актуальным. Толщина отструга зависит от способа строгания (поперечного или продольного), технологии продольного раскроя кряжа, конструкции шпонострогальных станков, особенностей технологии строгания и может изменяться от 3 до 40 мм [12–14]. Для сравнимости результатов расчетов толщина отструга принимается равной 20 мм.

Согласно ГОСТ 9463-88 минимальный диаметр лиственничного сырья составляет 32 см. Однако доля сырья, отвечающего требованиям ГОСТ 9463-88, составляет немногим более 1 % от эксплуатационного запаса [1]. Учитывая необходимость производства строганого шпона из лиственницы и расширения соответствующей сырьевой базы, нижний уровень варьирования диаметра принят равным 20 см, а верхний — 36 см.

Толщина строганого шпона из лиственницы в соответствии с ГОСТ 2977-82 может быть 0,8 или 1,0 мм. Результаты исследований российских и зарубежных авторов по изучению влияния способа строгания на шероховатость поверхности показали, что при продольном строгании шероховатость примерно в 2,5 раза меньше, чем при поперечном [1; 15; 16]. Анализ информации производителей строганого шпона из лиственницы, применяющих станки с продольным строганием, показал возможность получения качественного

лиственничного шпона толщиной 0,6 мм. Поэтому за нижний интервал варьирования принят шпон толщиной 0,6 мм, за верхний — 1,0 мм.

Известно, что сбег зависит от диаметра бревен. Причем с уменьшением диаметра сбег также снижается и отличается для разных частей хлыста [17]. Так, по данным П.М. Пашкова, на первом метре комлевых бревен диаметром 30 см сбег составляет порядка 8 см/м, а диаметром 60 см — 13,5 см/м [18]. По данным В.Н. Корякина, соответствующий сбег для лиственницы даурской составляет 8,7 и 12,5 см/м [19]. При принятых интервалах изменения диаметра средний сбег в различных частях бревна может изменяться от 0,5 до 2,3 см/м [19]. Поэтому нижний уровень варьирования сбега принят равным 0,4 см/м, верхний — 3 см/м.

Математическая модель должна обладать достаточными предсказательными свойствами внутри области определения эксперимента. Априори, исходя из условий, чтобы план имел хорошие статистические характеристики и включал небольшое число экспериментальных точек, выбран план Бокса для трех факторов.

Численные значения выходных параметров рассчитывались с помощью разработанного программного комплекса автоматизированного расчета объемного выхода и идентификации вида строганого шпона [20]. При этом применялась технология с раскроем листа шпона [1]. Параллельные опыты не проводились, поскольку выходные параметры вычислялись с помощью ЭВМ.

В результате обработки полученных данных были построены следующие регрессионные модели.

Регрессионная модель выхода  $y_p^{Ho}$  радиального шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, и резании параллельно оси имеет вид:

$$y_p^{Ho} = -55,40 - 0,10d_b^2 + 9,45t_{шпн}^2 + 3,62S^2 + 7,44d_b - 13,14t_{шпн} - 28,08S - 0,05d_b t_{шпн} + 0,04d_b S - 0,39t_{шпн} S \quad (1)$$

Регрессионная модель выхода  $y_p^{Hc}$  радиального шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, и резании параллельно образующей имеет вид:

$$y_p^{Hc} = -16,31 - 0,10d_b^2 + 13,55t_{шпн}^2 + 2,61S^2 + 7,01d_b - 21,97t_{шпн} - 31,45S - 0,01d_b t_{шпн} + 0,34d_b S + 0,10t_{шпн} S \quad (2)$$

Регрессионная модель выхода  $y_p^{Po}$  радиального шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы, и резании параллельно оси имеет вид:

$$y_p^{Po} = -48,33 - 0,09d_b^2 + 6,65t_{шпн}^2 + 4,10S^2 + 6,98d_b - 11,71t_{шпн} - 29,92S + 0,02d_b t_{шпн} + 0,03d_b S + 0,06t_{шпн} S \quad (3)$$

Регрессионная модель выхода  $y_p^{Pc}$  радиального шпона из бревна, имеющего образующую в форме па-

раболы, и резании параллельно образующей имеет вид:

$$y_p^{Pc} = 48,51 - 0,07d_b^2 + 29,12t_{шпн}^2 + 0,64S^2 + 4,28d_b - 47,14t_{шпн} - 24,40S + 0,03d_b t_{шпн} + 0,42d_b S - 0,55t_{шпн} S \quad (4)$$

Регрессионная модель общего выхода  $y_o^{Ho}$  шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, и резании параллельно оси имеет вид:

$$y_o^{Ho} = 66,55 - 0,02d_b^2 + 8,35t_{шпн}^2 - 0,92S^2 + 1,26d_b - 15,36t_{шпн} - 1,34S + 0,05d_b t_{шпн} + 0,23d_b S + 0,15t_{шпн} S \quad (5)$$

Регрессионная модель общего выхода  $y_o^{Hc}$  шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, и резании параллельно образующей имеет вид:

$$y_o^{Hc} = 86,40 + 0,003d_b^2 - 2,73t_{шпн}^2 + 3,32S^2 + 0,31d_b + 1,66t_{шпн} - 26,07S + 0,05d_b t_{шпн} + 0,27d_b S + 0,45t_{шпн} S \quad (6)$$

Регрессионная модель общего выхода  $y_o^{Po}$  шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы, и резании параллельно оси имеет вид:

$$y_o^{Po} = 63,52 - 0,02d_b^2 + 8,15t_{шпн}^2 - 0,91S^2 + 1,47d_b - 14,19t_{шпн} - 4,93S + 0,03d_b t_{шпн} + 0,29d_b S + 0,05t_{шпн} S \quad (7)$$

Регрессионная модель общего выхода  $y_o^{Pc}$  шпона из бревна, имеющего образующую в форме параболы, и резании параллельно образующей имеет вид:

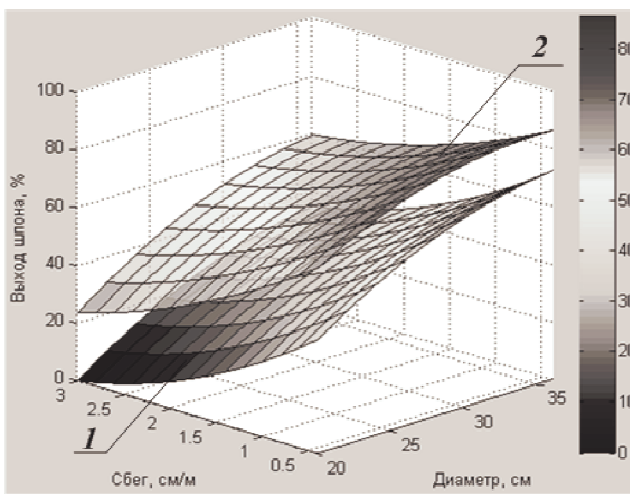
$$y_o^{Pc} = 61,44 - 0,03d_b^2 + 2,21t_{шпн}^2 - 0,34S^2 + 1,90d_b - 3,52t_{шпн} - 11,57S - 0,001d_b t_{шпн} + 0,17d_b S - 0,12t_{шпн} S \quad (8)$$

Полученные регрессионные модели представляют определенный интерес для определения эффективности предложенного способа продольного раскроя бревен по критериям выхода радиального шпона и влияния на него формы образующих круглых лесоматериалов [1].

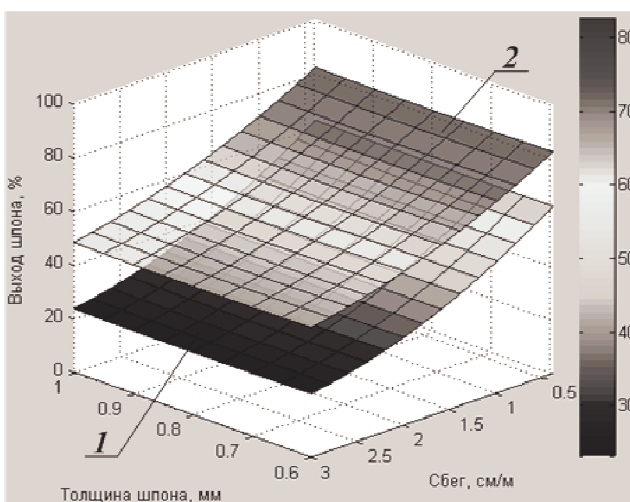
На основе регрессионных моделей (1) и (2) построены изображенные на рис. 1, 2 поверхности отклика, характеризующие влияние исследуемых факторов на объемный выход радиального шпона при строгании параллельно продольной оси и параллельно сбегу бревна, образующая которого имеет форму параболы Нейля.

Строгание бревен параллельно сбегу способствует существенному увеличению выхода радиального шпона на величину от 14 до 26 % по сравнению со строганием параллельно оси (рис. 1). Это связано с тем, что раскрой бревна параллельно его сбегу происходит по направлению годичных слоев. Использование бревен небольших диаметров с относительно большим сбегом при строгании шпона параллельно оси приводит к полному отсутствию радиального шпона, а строгание па-

параллельно сбегу в этом случае обеспечивает минимальный объемный выход радиального шпона в 23 %. С увеличением диаметра бревна и уменьшением сбега выход радиального шпона растет. При этом динамика увеличения выхода шпона с ростом диаметра бревна при строгании шпона параллельно оси в 1,2 раза выше, чем при строгании параллельно сбегу. Это можно объяснить тем, что выход радиального шпона при строгании параллельно образующей существенно больше, чем при строгании параллельно оси, то есть значительная часть этих ресурсов практически исчерпана. Уменьшение выхода радиального шпона при увеличении сбега связано с тем, что при применении технологии раскряга листа рост сбега приводит к сокращению ширины радиальной зоны листа, а следовательно, к уменьшению площади радиальной зоны и объема радиального шпона [1].



**Рис. 1.** Зависимость объемного выхода радиального шпона от диаметра и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, при толщине шпона 0,8 мм и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

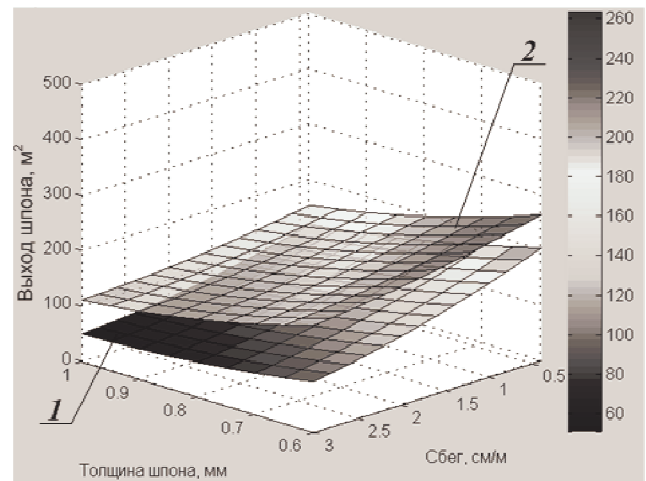


**Рис. 2.** Зависимость объемного выхода радиального шпона от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Для сырья, имеющего образующую в форме параболы Нейля и сбег 1 см/м, строгание шпона толщиной

0,8 мм наглядно показывает влияние способа раскряга и диаметра круглого лесоматериала на объемный выход радиального шпона. Для заготовок, полученных из бревен диаметром 32 см, при строгании шпона параллельно оси его выход составляет 55,4 %, тогда как при строгании заготовок из бревна диаметром 24 см параллельно образующей кряжа выход радиального шпона — 62,8 %.

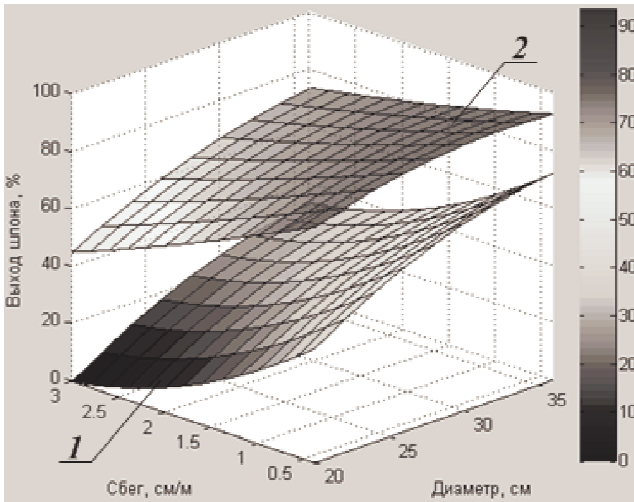
Зависимость объемного выхода радиального шпона от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, характеризуется отсутствием влияния толщины шпона (рис. 2). Однако при этом выход радиального шпона, выраженный в кв. м, с уменьшением толщины шпона увеличивается (рис. 3). Отбор для строгания бревен с меньшим сбегом и уменьшение толщины шпона способствует увеличению выхода радиального шпона в кв. м (рис. 3). Кроме того, при резании параллельно сбегу снижение толщины шпона обеспечивает больший (в 1,5 раза) прирост данного выхода, чем при строгании параллельно оси кряжа (рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимость выхода радиального шпона ( $m^2$ ) от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

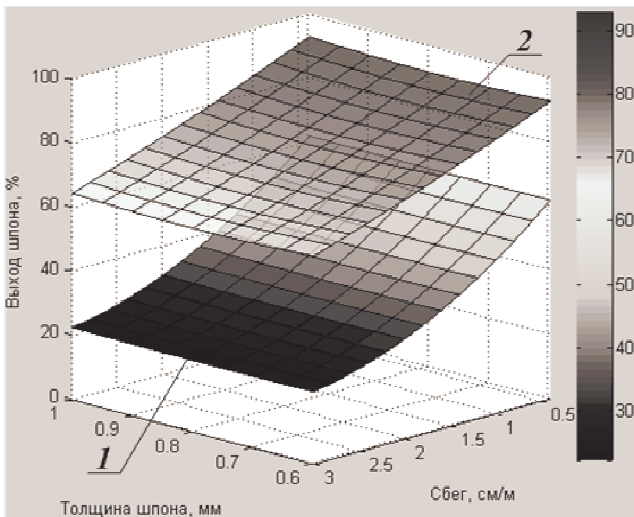
Эти выводы справедливы и для бревен, имеющих образующую в форме параболы. На рис. 4, 5 представлены поверхности отклика, построенные с помощью регрессионных моделей (3) и (4) и характеризующие влияние исследуемых факторов на объемный выход радиального шпона при строгании параллельно продольной оси и параллельно сбегу бревна, образующая которого имеет форму параболы.

Однако следует заметить, что продольный раскрой параллельно образующей бревна в форме параболы дает в среднем на 15,8 % больший выход радиального шпона, чем при использовании бревна, образующая которого имеет форму параболы Нейля. Это связано с вогнутостью формы образующей бревна, которая описывается параболой Нейля, и приводит к уменьшению как общего количества получаемых с бревна листов шпона, так и листов радиального шпона.



**Рис. 4.** Зависимость объемного выхода радиального шпона от диаметра и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы, при толщине шпона 0,8 мм и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Кроме того, сравнение поверхностей, изображенных на рис. 1 и 4, показывает, что при строгании бревна параллельно его образующей в форме параболы поверхность отклика имеет более пологий вид и расположена выше, чем поверхность, отображающая выход радиального шпона при использовании для строгания бревен, образующие которых описываются параболой Нейля. Выход радиального шпона в случае раскроя параллельно сбегу бревен, имеющих образующие в форме параболы, как минимум на 6,5 % выше, чем с бревен, образующие которых имеют форму параболы Нейля.



**Рис. 5.** Зависимость объемного выхода радиального шпона от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

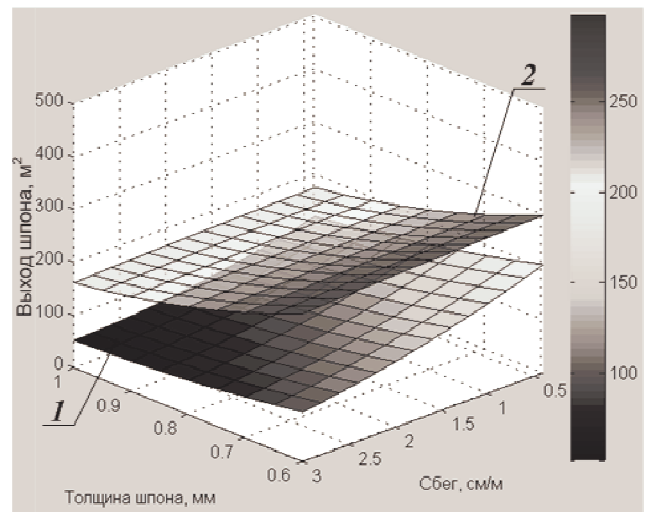
Если сравнивать способы раскроя бревна, имеющего образующую в форме параболы, параллельно его сбегу и параллельно оси, то первый способ увеличивает объемный выход радиального шпона на величину от 21 до 49 %. Кроме того, раскрой бревен небольших диаметров с относительно большим сбегом параллельно образующей обеспечивает минимальный объемный

выход радиального шпона в 45 %. При строгании тех же бревен параллельно оси выход радиального шпона практически отсутствует.

Для сырья, имеющего образующую в форме параболы и сбег 1 см/м, строгание шпона толщиной 0,8 мм наглядно показывает влияние способа раскроя и диаметра круглого лесоматериала на объемный выход радиального шпона. Для заготовок, полученных из бревна диаметром 32 см, при строгании шпона параллельно оси его выход составляет 54,2 %, тогда как при строгании заготовок из бревна диаметром 24 см параллельно образующей бревна выход радиального шпона — 79,5 %.

Влияние на выход радиального шпона, выраженный в кв. м, его толщины отражают поверхности отклика, приведенные на рис. 6. Снижение толщины изготавливаемого шпона приводит к росту выхода радиального шпона в кв. м, а использование при этом раскроя бревна параллельно сбегу способствует большему (в 1,9 раза) приросту такого выхода по сравнению со строганием параллельно оси. Кроме того, изготовление шпона меньших толщин из бревен, образующие которых имеют форму параболы, дает больший (в 1,3 раза) прирост выхода радиального шпона в кв. м, чем при строгании бревен с образующими в форме параболы Нейля.

Таким образом, поскольку средний диаметр насаждений лиственницы в настоящее время составляет 24 см [19], то для увеличения выхода радиального шпона из бревен уменьшенных толщин рекомендуется использовать бревна с меньшим сбегом и строгать шпон меньшей толщины.

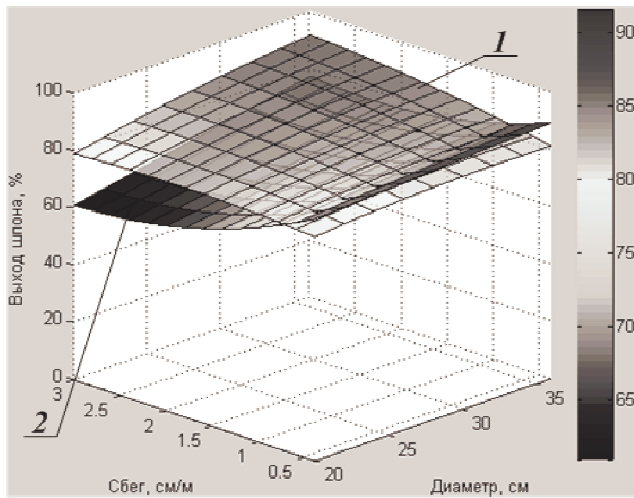


**Рис. 6.** Зависимость выхода радиального шпона ( $m^2$ ) от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Регрессионные модели (5)–(8) позволяют проследить влияние диаметра, толщины шпона и сбега на общий выход шпона.

Регрессионные модели (5) и (6) используются для построения изображенных на рис. 7 поверхностей отклика, характеризующих влияние диаметра и сбега бревна на общий объемный выход шпона при строгании

нии параллельно продольной оси и параллельно сбегу бревна, образующая которого имеет форму параболы Нейля.

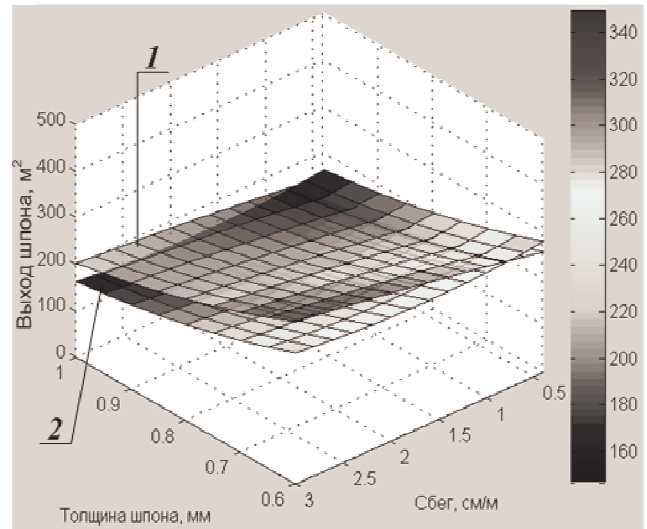


**Рис. 7.** Зависимость общего объемного выхода шпона от диаметра и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, при толщине шпона 0,8 мм и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Строгание бревен с меньшим сбегом параллельно образующей позволяет не только увеличить выход шпона, но и превысить его в среднем на 4 % по сравнению со строганием параллельно оси (рис. 7), получая, к тому же, более качественный шпон. С увеличением сбега бревна при его раскрое параллельно образующей общий выход шпона снижается и будет меньше в среднем на 12 %, чем при раскрое того же бревна параллельно его оси. Причем эта разница в объемном выходе с ростом сбега увеличивается в пользу последнего способа раскроя, что связано с ростом объема вырезаемой сердцевинной части при строгании бревна параллельно сбегу. Увеличение диаметра также положительно сказывается на росте выхода шпона, но это влияние менее заметно, чем изменение сбега (рис. 7). В целом использование при строгании параллельно оси бревна с большим диаметром и сбегом, а при строгании параллельно образующей бревна с меньшим сбегом, способствует увеличению объемного выхода шпона, что наглядно отражено на рис. 7.

Влияние толщины шпона на его выход представлено поверхностями, изображенными на рис. 8. Снижение толщины изготавливаемого шпона с 1 до 0,6 мм обеспечивает увеличение в среднем в 1,7 раза выхода шпона в кв. м. Стоит заметить, что при строгании бревна параллельно его образующей такое снижение толщины позволяет уменьшить отрицательное влияние сбега на увеличение выхода шпона (рис. 8): при толщине шпона 0,6 мм и изменении сбега от 0,4 до 3 см/м разница в выходе шпона составляет в среднем 1 %.

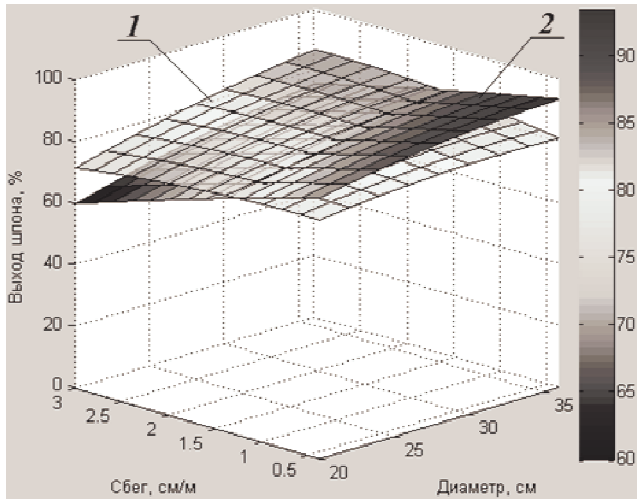
Аналогичный характер влияния исследуемых факторов на общий выход шпона прослеживается и для бревен, имеющих образующую в форме параболы.



**Рис. 8.** Зависимость общего выхода шпона ( $m^2$ ) от его толщины и сбега края бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

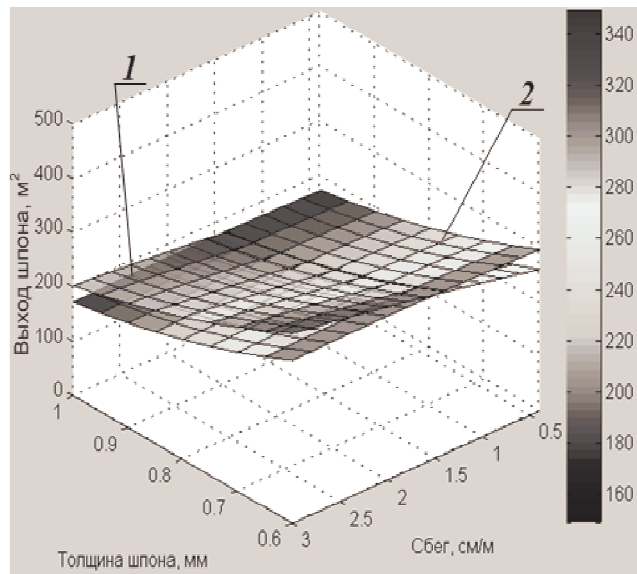
На рис. 9 представлены построенные на основе регрессионных моделей (7) и (8) поверхности отклика, характеризующие влияние диаметра и сбега бревна на общий объемный выход шпона при строгании параллельно продольной оси и параллельно сбегу бревна, образующая которого имеет форму параболы.

Строгание параллельно образующей бревен с меньшим сбегом способствует как повышению выхода шпона, так и превышению (в среднем на 7 %) над выходом при строгании параллельно оси (рис. 9). Причем, такое превышение возможно при использовании бревен, имеющих образующие в форме параболы и больший сбег (от 0,4 до 1,2 см/м), чем у бревен, образующие которых описываются параболой Нейля (при сбеге от 0,4 до 0,6 см/м). Кроме того, изображенные на рис. 7 и 9 поверхности свидетельствуют о том, что при раскрое параллельно оси бревен с образующими в форме параболы общий выход шпона при одинаковых значениях исследуемых факторов в среднем на 3,2 % меньше, чем из бревен с образующими в форме параболы Нейля. Такой результат объясняется меньшим объемом бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля. При строгании параллельно сбегу в среднем на 5,1 % больший выход шпона получается с бревен, образующие которых имеют форму параболы. Это можно объяснить использованием параболической зоны бревна, имеющего образующую в форме параболы, и, следовательно, получением большего объема шпона по сравнению с раскроем бревен, образующие которых описываются параболой Нейля. Причем, очевидно, что это увеличение превышает влияние на выход меньшего объема бревна, имеющего образующую в форме параболы Нейля.



**Рис. 9.** Зависимость общего объемного выхода шпона от диаметра и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы, при толщине шпона 0,8 мм и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Влияние толщины шпона на его выход, выраженный в кв. м, отражают поверхности, приведенные на рис. 10.



**Рис. 10.** Зависимость общего выхода шпона ( $m^2$ ) от его толщины и сбега бревна, имеющего образующую в форме параболы, при диаметре бревна 28 см и плоскости резания, параллельной: 1 — оси; 2 — образующей бревна

Сравнение данных поверхностей с соответствующими поверхностями, приведенными на рис. 8, позволяет сделать аналогичные выводы о влиянии толщины шпона на его выход. Уменьшение толщины шпона при его раскрое как параллельно сбегу, так и параллельно оси приводит к росту выхода шпона в кв. м (рис. 10), который при применении второго способа раскроя лишь на 2 % больше, чем при применении первого способа. При этом форма образующей бревна при его строгании параллельно оси не влияет на величину выхода шпона в кв. м (рис. 8 и 10). Стругание параллельно сбегу бревен, имеющих образующую в форме пара-

болы, дает в среднем на 15 % больший выход шпона в кв. м, чем из бревен с образующими в форме параболы Нейля. Кроме того, снижение толщины шпона до 0,6 мм позволяет получить с бревен, имеющих сбег 3 см/м, практически тот же общий выход шпона в кв. м, что и с бревен со сбегом 0,4 см/м — разница в выходе составляет в среднем 1 %. Однако объем отходов в первом случае, конечно, будет выше. Поэтому целесообразнее использовать раскрой параллельно образующей бревна с меньшим сбегом.

### Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Разработаны регрессионные модели, характеризующие влияние основных факторов процесса — диаметра и сбега фанерного бревна, толщины шпона — на объемно-качественный выход сырого шпона.

2. Общий выход сырого шпона из сырья диаметром от 20 до 36 см находится в пределах 70–90 %.

3. Доказана возможность повышения выхода радиального строганого шпона в среднем на 35 % при переходе от строгания параллельно оси к раскрою параллельно образующей и использованию бревен диаметром от 20 до 24 см.

4. Полученные регрессионные модели позволяют обоснованно выбирать сырье с соответствующими морфометрическими характеристиками и параметры формирования шпона, обеспечивающие наибольшую эффективность технологического процесса:

- при среднем диаметре сырья 24 см и сбеге 1 см/м необходимо строгать шпон параллельно сбегу, и предпочтительнее использовать сырье, имеющее образующую в форме параболы, поскольку выход радиального шпона в этом случае составляет 79,5 %. Если образующая бревна имеет форму параболы Нейля, то выход будет 62,8 %;

- при среднем диаметре сырья 24 см и сбеге от 1 до 2 см/м необходимо строгать параллельно сбегу шпон толщиной менее 0,8 мм и использовать сырье, которое также имеет образующую в форме параболы. Уменьшение толщины шпона до 0,6 мм позволяет увеличить выход радиального шпона в среднем на 30 % (при учете выхода в кв. м).

5. Стругание параллельно сбегу бревна увеличивает выход радиального шпона (толщиной 0,8 мм) по сравнению со строганием параллельно оси на 14...26 %, если образующая бревна имеет форму параболы Нейля, и на 21...49 %, если образующая бревна описывается параболой.

6. При строгании параллельно оси бревен диаметром до 24 см и с относительно большим сбегом (2,5–3 см/м) радиального шпона практически не образуется — выход составляет менее 15 %, в то время как при строгании параллельно сбегу его объемный выход составляет более 23 % из бревен с образующими в

форме параболы Нейля и не менее 45 % — из бревен, имеющих образующие в форме параболы.

7. При наличии сырья, имеющего образующую в форме параболы Нейля при среднем диаметре 24 см необходимо:

– для повышения выхода радиального шпона строгать сырье параллельно образующей, что обеспечивает в среднем на 24,3 % больший выход, чем при раскрое параллельно оси;

– для повышения общего выхода шпона при строгании сырья параллельно образующей стремиться перерабатывать сырье со сбегом до 0,6 см/м и изготавливать шпон меньших толщин — 0,6...0,8 мм.

8. Использование в технологическом процессе сырья, имеющего образующую в форме параболы, допускает для обеспечения большего, чем при раскрое параллельно оси, общего выхода варьирование сбегом в более широком диапазоне — до 1,2 см/м. В связи с этим для увеличения общего выхода шпона рекомендуется строгать параллельно сбегу бревна, имеющие образующую в форме параболы.

9. Полученные регрессионные модели позволяют также утверждать, что на общий объемный выход шпона при небольшом диаметре сырья в основном влияет сбег. При раскрое параллельно оси общий выход шпона при принятых допущениях будет в среднем на 5,5 % выше, чем при раскрое параллельно образующей. Однако строгание параллельно образующей бревен, имеющих сбег не более 1 см/м, дает общий выход, больший в среднем на 5 %, чем при строгании параллельно оси. При этом с уменьшением толщины шпона его общий выход в кв. м растет.

Таким образом, полученные результаты показали целесообразность учета ряда морфометрических характеристик фанерного сырья, в частности, диаметра, сбega, формы образующей, а также других факторов — толщины шпона, способа продольного раскроя (параллельно оси бревна или параллельно сбегу). Это еще раз подтверждает необходимость для предприятий, использующих продольное строгание при производстве строганого шпона, применять сортировку фанерных бревен по форме их образующих и сбегу, осуществлять продольный раскрой по сбегу. Кроме того, приведенные результаты способствуют расширению сырьевой базы для производства строганого шпона, так как позволяют максимизировать выход радиального шпона из листовницы с диаметром от 20 см и тем самым повысить эффективность его производства. Увеличению выхода радиального шпона способствуют также переработка бревен с меньшим сбегом и строгание шпона меньших толщин с применением технологии индивидуального раскроя листа [1].

## Литература

1. Бегункова Н.О., Исаев С.П., Бегунков О.И. Информационное обеспечение прогнозирования качества строганого шпона. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. 151 с.
2. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Федяев А.А., Федяева Н.Ю., Кульков А.М. Направления использования физических методов контроля структуры и свойств древесины // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 2 (26). С. 152-158.
3. Carino H.F., Forondo S.U. Determining optimum log requirements in lumber manufacturing // Forest Products journal. 1987. Vol. 37, № 11/12. P. 8-14.
4. Carino H.F. Sawmill conversion efficiency improvement analysis: a new perspective // Forest Products journal. 1986. Vol. 36, № 7/8. P. 9-16.
5. Mendoza G.A., Bare B.B. A two-stage decision model for log bucking and allocation // Forest Products journal. 1986. Vol. 36, № 10. P. 70-74.
6. Risbrudn C.D., Kaiser H.F. Economic analysis of the Sawmill Improvement Program // Forest Products journal. 1982. Vol. 32, № 8. P. 25-28.
7. Wang J., Liu J., LeDoux C.B. A three-dimensional bucking system for optimal bucking of Central Appalachian hardwoods // International journal of forest engineering. 2009. Vol. 20, № 2. P. 26-35.
8. Edwards W.P. Sawn Veneer Vrs. Sliced Veneer [Электронный ресурс]. URL: <http://wpatrickedwards.blogspot.ru/2010/07/sawn-veneer-vrs-sliced-veneer.html> (дата обращения: 16.01.2016).
9. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесная промышленность, 1984. 232 с.
10. Бегункова Н.О. Технология формирования строганого шпона на основе информационно-математического моделирования морфометрических характеристик древесного сырья [Электронный ресурс] // Учен. заметки ТОГУ. 2013. Т. 4, № 4. С. 1204 – 1220. URL: [http://pnu.edu.ru/media/ejou-rnal/articles-2014/TGU\\_4\\_224.pdf](http://pnu.edu.ru/media/ejou-rnal/articles-2014/TGU_4_224.pdf) (дата обращения: 16.01.2016).
11. Бегункова Н.О. Расширение сырьевой базы и совершенствование технологии производства строганого шпона в Хабаровском крае // Материалы XVI краевого конкурса молодых ученых и аспирантов «Молодые ученые – Хабаровскому краю». Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. С. 289-296.
12. Вольнский В.Н. Технология клееных материалов: моногр. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. 280 с.
13. Куликов В.А., Чубов А.Б. Технология клееных материалов и плит. М.: Лесная промышленность, 1984. 344 с.
14. Плахов В.Н. Производство строганого шпона. М.: Лесная промышленность, 1975. 128 с.
15. Dundar T., Akbulut T., Korkut S. The effects of some manufacturing factors on surface roughness of sliced Makoré (Tieghemella heckelii Pierre Ex A.Chev.) and rotary-cut beech (Fagus orientalis L.) veneers // Building and Environment. 2008. Vol. 43, № 4. P. 469-474.
16. Wagenführ A., Tobisch A.S., Emmeler R.B., Buchelt B.T. Veneer in interior work. Schulz – IFN. Germany, 2012. 62 p.
17. Петровский В.С. Оптимальная раскрывка лесоматериалов. М.: Лесная промышленность, 1989. 288 с.
18. Бокщанин Ю.П. Обработка и применение древесины листовницы. М.: Лесная промышленность, 1973. 200 с.



19. Справочник для учета лесных ресурсов Дальнего Востока / отв. сост. В. Н. Корякин. Хабаровск: Изд-во ФГУ ДНИИЛХ, 2010. 527 с.

20. Бегункова Н.О., Исаев С.П., Бегунков О.И. Программный комплекс автоматизированного расчета объемного выхода и идентификации вида строганого шпона: программа для ЭВМ. Св. ГР. № 2013660838; зарег. в реестре программ 20.11.2013.

#### References

1. Begunkova N.O., Isaev S.P., Begunkov O.I. Information support for forecasting of sliced veneer quality. Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2014. 151 p.

2. Chubinskii A.N., Tambi A.A., Fedyaev A.A., Fedyaeva N.Yu., Kul'kov A.M. Using physical methods to control wood structure and properties // Systems. Methods. Technologies. 2015. № 2 (26). P. 152-158.

3. Carino H.F., Forondo S.U. Determining optimum log requirements in lumber manufacturing // Forest Products journal. 1987. Vol. 37, № 11/12. P. 8-14.

4. Carino H.F. Sawmill conversion efficiency improvement analysis: a new perspective // Forest Products journal. 1986. Vol. 36, № 7/8. P. 9-16.

5. Mendoza G.A., Bare B.B. A two-stage decision model for log bucking and allocation // Forest Products journal. 1986. Vol. 36, № 10. P. 70-74.

6. Risbrudn C.D., Kaiser H.F. Economic analysis of the Sawmill Improvement Program // Forest Products journal. 1982. Vol. 32, № 8. P. 25-28.

7. Wang J., Liu J., LeDoux C.B. A three-dimensional bucking system for optimal bucking of Central Appalachian hardwoods // International journal of forest engineering. 2009. Vol. 20, № 2. P. 26-35.

8. Edwards W.P. Sawn Veneer Vrs. Sliced Veneer [Elektronnyi resurs]. URL: <http://wpatrickedwards.blog-spot.ru/2010/07/sawn-veneer-vrs-sliced-veneer.html> (data obrashcheniya: 16.01.2016).

9. Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. The researches of wood-working processes. M.: Lesnaya promyshlennost', 1984. 232 p.

10. Begunkova N.O. Technology of forming sliced veneer on the basis of information-mathematical modeling of raw-wood's morphometric characteristics [Elektronnyi resurs] // Uchen. zametki TOGU. 2013. T. 4, № 4. P. 1204-1220. URL: [http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU\\_4\\_224.pdf](http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU_4_224.pdf) (data obrashcheniya: 16.01.2016).

11. Begunkova N.O. The expansion of the resource base and improvement of sliced veneer production technology in the Khabarovsk region // Materialy XVI kraevogo konkursa molodykh uchenykh i aspirantov «Molodye uchenye - Khabarovskomu krayu». Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2014. P. 289-296.

12. Volynskii V.N. Technology of glued materials: monogr. Arkhangel'sk: Izd-vo Arkhang. gos. tekhn. un-ta, 2003. 280 p.

13. Kulikov V.A., Chubov A.B. Technology of glued materials and boards. M.: Lesnaya promyshlennost', 1984. 344 p.

14. Plakhov V.N. Production of sliced veneer. M.: Lesnaya promyshlennost', 1975. 128 p.

15. Dundar T., Akbulut T., Korkut S. The effects of some manufacturing factors on surface roughness of sliced Makoré (Tieghemella heckelii Pierre Ex A.Chev.) and rotary-cut beech (Fagus orientalis L.) veneers // Building and Environment. 2008. Vol. 43, № 4. P. 469-474.

16. Wagenführ A., Tobisch A.S., Emmmler R.B., Buchelt B.T. Veneer in interior work. Schulz - IFN. Germany, 2012. 62 p.

17. Petrovskii V.S. Optimal bucking of timber. M.: Lesnaya promyshlennost', 1989. 288 p.

18. Bokshchanin Yu.R. Processing and application of larch wood. M.: Lesnaya promyshlennost', 1973. 200 p.

19. Guide for accounting of the Russian Far East forest resources / отв. sost. V. N. Koryakin. Khabarovsk: Izd-vo FGU DNIILKh, 2010. 527 p.

20. Begunkova N.O., Isaev S.P., Begunkov O.I. Software package for automated calculation of volume yield and identification of the sliced veneer types: programma dlya EVM. Sv. GR. № 2013660838; zareg. v reestre programm 20.11.2013.