

менном уровне решить насущные проблемы лесопромышленного комплекса.

### Литература

1. Сухих А.Н., Иванов В.А., Сыромаха С.М., Степанищева М.В., Иванов А.В., Михайлов Н.С., Данишек М.В. Валочно-пакетирующая трелевочная машина: пат. на пол. мод. 85796 Рос. Федерация. № 2009113311/22; заявл. 09.04.09, опубл. 20.08.09, Бюл. № 23. С.1.
2. Сухих А.Н., Буштрук Т.Н., Григорьева Т.А., Сорокина М.А., Садырова И.А. Валочно-пакетирующая трелевочная машина с кониковым устройством: пат. на пол. мод. 97897 Рос. Федерация. № 2010109085/21; заявл. 11.03.10, опубл. 27.09.10, Бюл. № 27. 2 с.
3. Сухих А.Н., Буштрук Т.Н., Егоров В.В., Васечкина А.А., Швайкина Е.А., Зубов В.В., Зеленский С.В. Универсальная машина с поворотной рукоятью: пат. на пол. мод. 106497 Рос. Федерация. № 2011100206/21; заявл. 11.01.11, опубл. 20.07.11, Бюл. № 20. 2 с.
4. Рунова Е.М., Сухих А.Н., Багинов А.В., Ведерников И.В., Гаврилин И.И., Ведерникова Т.Г. Способ разработки лесосек с естественным возобновлением леса: пат. 2409022 Рос. Федерация. № 2009111166/21; заявл. 26.03.09, опубл. 20.01.11, Бюл. № 2. 5 с.
5. Сухих А.Н., Рунова Е.М., Буштрук Т.Н., О.А. Пузанова О.А., Варфоломеев А.А., Губарь М.А. А.Н. Установка для заготовки и переработки тонкомерных неэксплуатационных насаждений: пат. на удоб. мод. 101319 Рос. Федерация. № 2010122212/21; заявл. 31.05.10; опубл. 20.01.11, Бюл. № 2. 2 с.
6. Рунова Е.Н., Сухих А.Н., Чжан С.А., Пузанова О.П., Чжан Л.А., Щемчук А.А. Экономичный самоходный комплекс для производства щепы и газа для топлива: пат. на пол. мод. 99742 Рос. Федерация. № 2010109583/21; заявл. 15.03.10, опубл. 27.11.10, Бюл. № 33. 1 с.
7. Сухих А.Н., Гаспарян Г.Д., Толстиков А.С., Гребенюк А.Л., Осипова Е.Ф., Самсонов А.Н., Водовозова Н.В. Самоходная установка для переработки древесных отходов и получения топливного газа: пат. на пол. мод. 83826 Рос. Федерация. № 2009107544/22; заявл. 02.03.09, опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. 2 с.
8. Сухих А.Н. Разработка универсальных лесозаготовительных машин и методики оптимизации технологического процесса лесозаготовок ЛПК Иркутской области // Вест. КрасГАУ. 2010. № 2 (41). С. 97–102.

УДК 674.093.026

## Совершенствование технологии производства комбинированной фанеры с использованием древесины осины

С.В. Денисов<sup>1</sup>, Л.А. Евстигнеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: Denisov@brstu.ru  
Статья поступила 05.12.2011, принята 10.05.2012

*Хозяйственное освоение лесных территорий Сибири с каждым годом все больше меняет коренной состав древостоев. Преобладание древостоев хвойных пород постепенно смещается в сторону лиственных, таких, как осина. Обширный ареал ее распространения указывает на малую требовательность к условиям произрастания и климату. Однако широкого хозяйственного использования в нашем регионе данная древесная порода не находит в силу ее низких качественных характеристик. В то же время, вовлечение древесины осины в промышленное производство способно обеспечить значительное расширение источающейся сырьевой базы, и над этой проблемой работают различные предприятия и исследователи, как в России, так и за рубежом. В связи с этим вполне своевременным и актуальным является решение использовать осину в производстве комбинированной хвойной фанеры. Представленная работа посвящена исследованию возможности использования в производстве комбинированной фанеры луценого шпона древесины осины.*

*Представлены результаты предварительного исследования качественных показателей комбинированной фанеры, а также сделана оценка возможности использования луценого шпона древесины осины в производстве комбинированной фанеры.*

**Ключевые слова:** комбинированная фанера, древесина осины, смачивающая способность, физико-механические показатели комбинированной фанеры.

### References

1. Patent № 85796 Russia, MPK A01G23/081 Felling and milling machine / A.N. Sukhikh, V.A. Ivanov, S.M. Syromakha, M.V. Stepanishcheva, A.V. Ivanov, N.S. Mikhailov, M.V. Danishek; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2009113311/22; zayavl. 09.04.2009, opubl. 20.08.2009. Byull. № 23, 1p.
2. Patent № 97897 Russia, MPK A01G 23/00 Felling and milling machine equipped with a bolster device/ A.N. Sukhikh, T. N. Bushtruk, T. A. Grigor'yeva, M. A. Sorokina, I. A. Sadyrova; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2010109085/21; zayavl. 11.03.2010, opubl. 27.09.2010. Byull. № 27, 2p.
3. Patent № 106497 Universal machine with a turning handle/ A.N. Sukhikh, T.N. Bushtruk, V.V. Egorov, A.A. Vasechkina, E.A. Shvaykina, V.V. Zubov, S.V. Zelensky; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2011100206/21; zayavl. 11.01.2011, opubl. 20.07.2011. Byull. № 20, 2p.
4. Patent №2409022 RF, MPK A01 G23/00. Methods for cutting areas development under reforestation/ E.M. Runova, A.N. Sukhikh, A.V. Baginov, I.B. Vedernikov, I.I. Gavrilin, T.G. Vedernikova; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2009111166/21; zayavl. 26.03.2009, opubl. 20.01.2011. Byull. № 2, 5p.
5. Patent № 101319 Plant for procurement and processing of non-operational lighter trees/ A.N. Sukhikh, E.M. Runova, T.N. Bushtruk, O.A. Puzanova, A.A. Varfolomeev, M.A. Gubar'; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2010122212/21; zayavl. 31.05.2010, opubl. 20.01.2011. Byull. № 2, 2p.
6. Patent № 99742 Russia, MPK B27L 11/00 Economical self-propelled complex to produce wood chips and gas as fuel/ E.M. Runova, A.N. Sukhikh, S.A. Chzhan, O.A.Puzanova, L.A Chzhan, A.A. Shchemchuk; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2010109583/21; zayavl. 15.03.2010, opubl. 27.11.2010. Byull. № 33, 1p.
7. Patent №83826 Russia, MPK F23EG 5/00 Self-propelled installation to process wood wastes and produce power gas/ A.N. Sukhikh, G.D. Gasparyan, A.S. Tolstikov, A.L. Grebenyuk, E.F. Osipova, A.N. Samsonov, N.V. Vodovozova; zayavitel' i patentoobladatel' BrGU.- № 2009107544/22; zayavl. 02.03.2009, opubl. 20.06.2009. Byull. № 17, 2p.
8. Sukhikh A.N. The development of universal logging machines and procedures for logging technological processes optimization of Irkutsk region timber processing complex. Vestnik KrasGAU. 2010. №2 (41). P. 97–102.

# Improvement of production technology of composite plywood using aspen

S.V Denisov<sup>1</sup>, L.A. Evstigneeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: Denisov@brstu.ru

Received 05.12.2011; Accepted 10.05.2012

*Economic development of Siberia's forest areas annually results in changes in tree stands structure. The predomination of conifer stands is gradually shifting towards deciduous ones, in particular, aspen. Vast growth area of this wood species demonstrates its low demands for the growth conditions and climate. The given species, however, doesn't get wide economic utilization in our region because of its low qualitative characteristics. Aspen involvement into industrial production will provide for significant extension of depleting raw materials base, so various enterprises and researchers have been working on this problem in Russia as well as abroad. Aspen utilization in composite plywood manufacture gives a timely and urgent answer. This article is devoted to the applicability study of rotary-cut aspen veneer demonstrating the preliminary research results of composite plywood qualitative characteristics in composite plywood manufacture. The assessment of rotary-cut aspen applicability in composite plywood manufacture has been given as well.*

**Key words:** composite plywood, aspen, wetting ability, physical-mechanical indices of composite plywood.

В настоящее время в лесной отрасли Восточной и Западной Сибири в основном используется древесина сосны, лиственницы и кедра. Древесина осины практически не находит своего применения в связи с наличием значительных запасов более ценных хвойных пород, массовым поражением осиновых древостоев стволовыми сердцевинными гнилями, а также нестабильностью свойств древесины, связанной с генетической неоднородностью осины. Поэтому древесина осины является сорной, остается или сжигается на делянках. В этой связи поставлен вопрос о рациональном использовании древесного сырья, в частности древесины осины. Учитывая высокую стойкость осины к условиям повышенной влажности, ее используют для изготовления срубов колодцев, погребов и бань. Древесина осины является основным сырьем для спичечной промышленности; из толстого шпона готовят спичечную соломку и затем спички, а из тонкого – спичечные коробки. Белый цвет древесины делает ее пригодной для производства целлюлозы, предназначенной, в частности, для получения вискозы (искусственного шелка) [1, 2]. Благодаря мягкости и однородности древесины осина хорошо подходит для токарных работ и изготовления резных изделий. Но широкого промышленного применения древесина осины так и не нашла.

В этой связи в Братском госуниверситете ведется поиск путей использования древесины осины. На кафедре деревообработки были проведены поисковые исследования по возможности использования древесины осины в производстве комбинированной фанеры. При проведении исследований для изготовления фанеры использовались хвойный шпон (сосна) и шпон из древесины осины.

В качестве постоянных факторов были определены:

- толщина фанеры – 15 мм;
- толщина шпона – 2,2 мм;
- температура окружающей среды – 20 °С;
- слойность фанеры – 7;
- смола СФЖ-3013 вязкостью по вискозиметру ВЗ-4, 82 с.

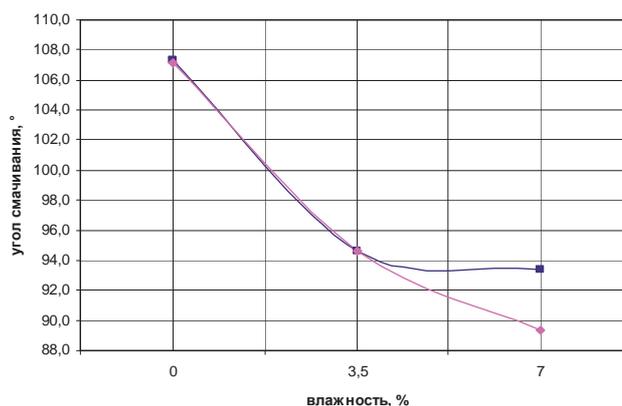
В связи с тем, что шпон древесины осины и сосны кардинально отличается по шероховатости, плотности

и другим показателям, возникла необходимость проведения исследований по изучению и сравнительной оценке адгезии шпона обеих пород.

Согласно утверждениям многочисленных авторов [Ю.Г. Доронин, В.П. Кодратьев, А.Е. Анохин, А.Н. Бокков и др.], адгезия клеевых соединений в значительной степени зависит от процессов смачивания и растекания клея, оценкой которых является смачивающая способность поверхностей склеиваемого шпона [3]. Поэтому на первом этапе исследований предполагалось определение смачивающей способности, критерием которой является краевой угол смачивания.

Измерение краевого угла смачивания осуществлялось на образцах лущеного шпона из древесины сосны и осины влажностью от 0 до 7 % посредством микроскопа МПБ-3.

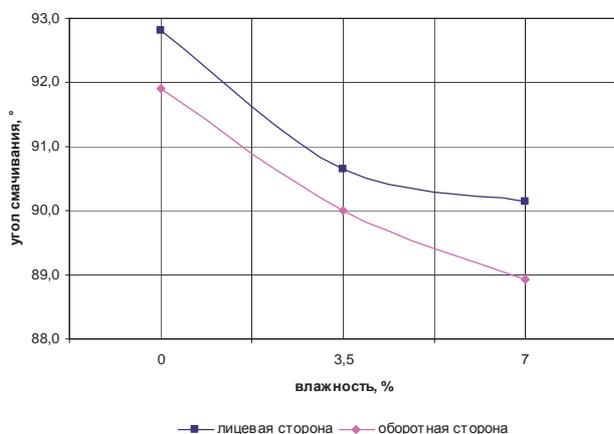
Результаты исследования представлены в виде графических зависимостей на рис. 1 и 2.



**Рис. 1.** Зависимость средних значений краевого угла смачивания для древесины осины: € – для лицевой стороны, ◇ – для оборотной стороны.

Согласно представленным графическим зависимостям влияния влажности шпона на изменение величины краевого угла смачивания (рис. 1) установлено, что увеличение влажности подложки приводит к резкому уменьшению краевого угла смачивания, следовательно,

и к улучшению смачивающей способности. Аналогичные изменения смачивающей способности характерны и для древесины сосны (рис. 2).



**Рис. 2.** Зависимость средних значений краевого угла смачивания для древесины сосны: € – для лицевой стороны, ◊ – для оборотной стороны.

Установлено также, что смачивающая способность оборотных слоев лучше, чем лицевых, как на породе осины, так и на породе сосны, что, очевидно, объясняется более высокой шероховатостью оборотной стороны [4].

В результате анализа представленных кривых установлено, что использование хвойного шпона обеспечивает наилучшие условия смачивания. Однако и шпон древесины осины при влажности 3-7 % обеспечивает достаточно хорошие результаты, что является приемлемым условием для использования шпона согласно ГОСТ 99 «Шпон лущеный».

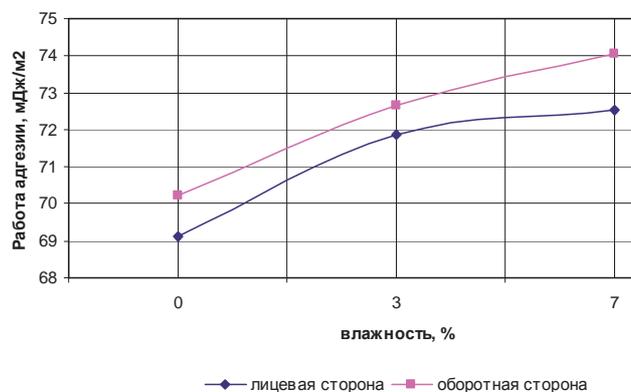
Поверхностное натяжение клеев напрямую связано с работой адгезии. Межфазное взаимодействие, или взаимодействие между приведенными в контакт поверхностями конденсированных тел разной природы, называют адгезией (прилипанием). Работа адгезии  $W_a$ , характеризующая прочность адгезионной связи, определяется через косинус краевого угла смачивания и поверхностного натяжения [5].

Согласно графическим зависимостям (рис. 3 и 4), величина расчетной работы адгезии увеличивается при увеличении влажности шпона. Расчетная работа адгезии при использовании шпона древесины осины меньше, чем при использовании шпона древесины сосны, что можно объяснить худшей смачивающей способностью.

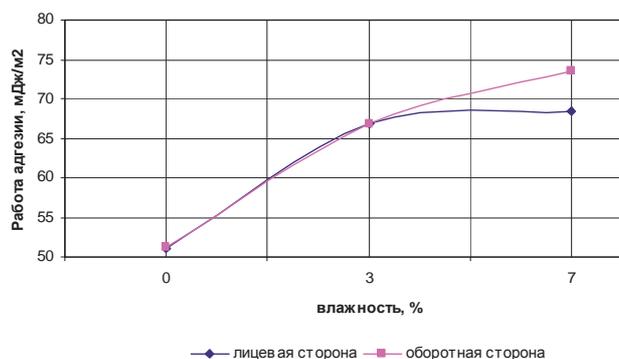
Лучшие показатели работы адгезии наблюдаются при увеличении влажности подложки соснового шпона до  $W = 7\%$ . На основе приведенных результатов можно рекомендовать для дальнейших исследований шпон влажностью 5-7 %, что является приемлемым условием согласно ГОСТ 3916 для склеивания комбинированной фанеры. [6].

Используя результаты предварительных опытов в лабораторных условиях, на кафедре технологии деревообработки Братского госуниверситета проводились

исследования по склеиванию шпона и изучению прочностных свойств полученных материалов. Переменные факторы исследования и уравнения их варьирования приведены в таблице 1.



**Рис. 3.** Графическая зависимость работы адгезии шпона древесины осины: € – для лицевой стороны, ◊ – для оборотной стороны.



**Рис. 4.** Графическая зависимость работы адгезии шпона древесины сосны: € – для лицевой стороны, ◊ – для оборотной стороны.

На следующем этапе был проведен многофакторный эксперимент с целью получения адекватного математического описания технологического процесса производства комбинированной фанеры.

Полученные значения выходных параметров совмещены в таблице 2 с матрицей планирования эксперимента по В-композиционному плану второго порядка в нормализованных и натуральных обозначениях варьируемых факторов [7].

На основании полученных результатов исследования разработаны математические модели описания процесса исследования, позволяющие с заданной вероятностью прогнозировать прочностные характеристики получаемой фанеры. Математическое описание зависимости предела прочности клееной фанеры на изгиб:

$$Y_1 = 91,22 + 2,87 \cdot X_1 + 3,49 \cdot X_2 - 2,89 \cdot X_3 - 5,04 \cdot X_4 + 7,81 \cdot X_1^2$$

Таблица 1

## Основные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Нижний уровень	Основной уровень	Верхний уровень	Интервал варьирования
Давление прессования, $P$ , МПа	$X_1$	1,4	1,7	2,0	0,3
Продолжительность прессования, $\tau_1$ , мин.	$X_2$	9	10	11	1
Температура прессования, $t$ , °C	$X_3$	110	120	130	10
Количество листов осинового шпона в 7-слойном пакете, шт.	$X_4$	1	2	3	1

Таблица 2

## Матрица планирования для четырех управляемых факторов

№	Варьируемые факторы				Предел прочности фанеры						
	Давление прессования, $P$ , Мпа	Продолжительность прессования, $\tau_1$ , мин.	Температура прессования, $t$ , °C	Количество листов осинового шпона в 7-слойном пакете, $N$ , шт.	При изгибе, $\sigma_{изг}$ , Мпа	При скалывании по клеевому слою, $\tau_{ск.кп.}$ , Мпа					
						Сухих образцов	Образцов после кипячения в течение 1 часа				
	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3				
1	-1	1,4	-1	9	-1	110	-1	1	103,4	1,832	1,185
2	+1	2,0	-1	9	-1	110	-1	1	104,1	2,053	1,4
3	-1	1,4	+1	11	-1	110	-1	1	104,4	2	1,352
4	+1	2,0	+1	11	-1	110	-1	1	105,9	2,1	1,4
5	-1	1,4	-1	9	+1	130	-1	1	94,7	1,797	1,147
6	+1	2,0	-1	9	+1	130	-1	1	100,9	1,973	1,323
7	-1	1,4	+1	11	+1	130	-1	1	88,8	1,788	1,138
8	+1	2,0	+1	11	+1	130	-1	1	105,9	2,083	1,433
9	-1	1,4	-1	9	-1	110	+1	3	87,2	1,796	1,146
10	+1	2,0	-1	9	-1	110	+1	3	88,4	1,748	1,1
11	-1	1,4	+1	11	-1	110	+1	3	100,9	2,042	1,39
12	+1	2,0	+1	11	-1	110	+1	3	98,4	1,992	1,344
13	-1	1,4	-1	9	+1	130	+1	3	82,8	1,748	1,1
14	+1	2,0	-1	9	+1	130	+1	3	84,7	1,762	1,11
15	-1	1,4	+1	11	+1	130	+1	3	84,7	1,818	1,17
16	+1	2,0	+1	11	+1	130	+1	3	106,6	1,808	1,156
17	-1	1,4	0	10	0	120	0	2	97,2	1,828	1,178
18	+1	2,0	0	10	0	120	0	2	100,9	2,058	1,41
19	0	1,7	-1	9	0	120	0	2	85	1,905	1,253
20	0	1,7	+1	11	0	120	0	2	98,4	1,785	1,135
21	0	1,7	0	10	-1	110	0	2	92,2	2,048	1,4
22	0	1,7	0	10	+1	130	0	2	83,8	1,842	1,19
23	0	1,7	0	10	0	120	-1	1	99,4	2,073	1,422
24	0	1,7	0	10	0	120	+1	3	83,1	2,047	1,4

Математическое описание зависимости предела прочности клееной фанеры на скалывание по клеевому шву:

– в сухом виде:

$$Y_2 = 1,9657 + 0,0516 \cdot X_1 + 0,0446 \cdot X_2 - 0,0551 \cdot X_3 - 0,0521 \cdot X_4 - 0,0554 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,121 \cdot X_2^2$$

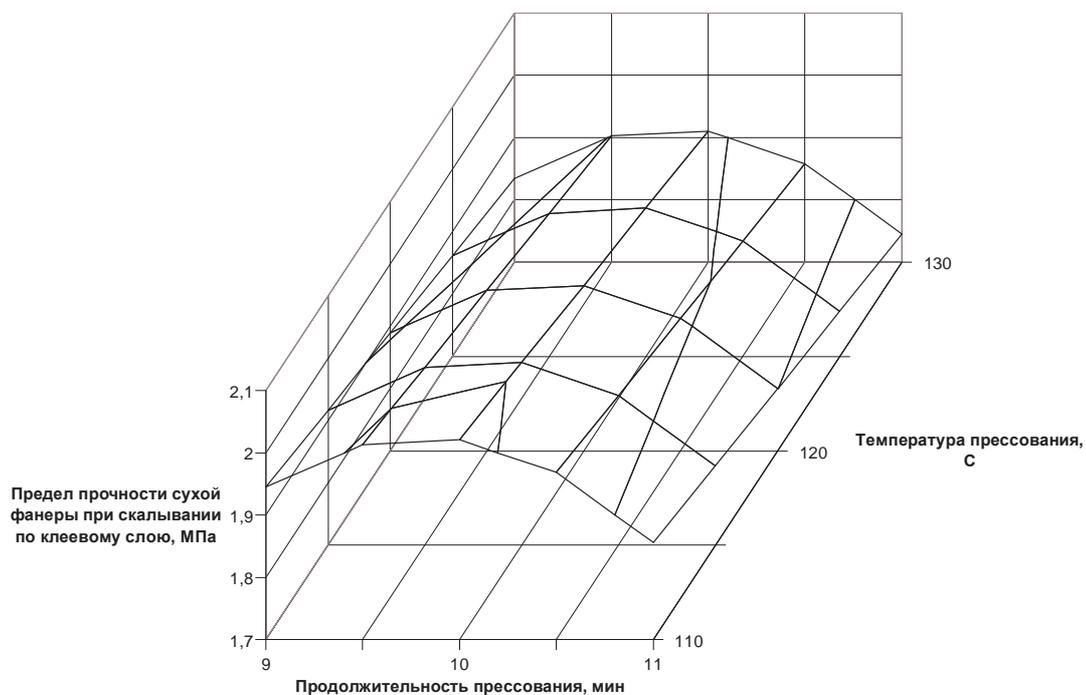
– после кипячения:

$$Y_3 = 1,317 + 0,048 \cdot X_1 - 0,053 \cdot X_3 - 0,049 \cdot X_4 - 0,05 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,123 \cdot X_2^2.$$

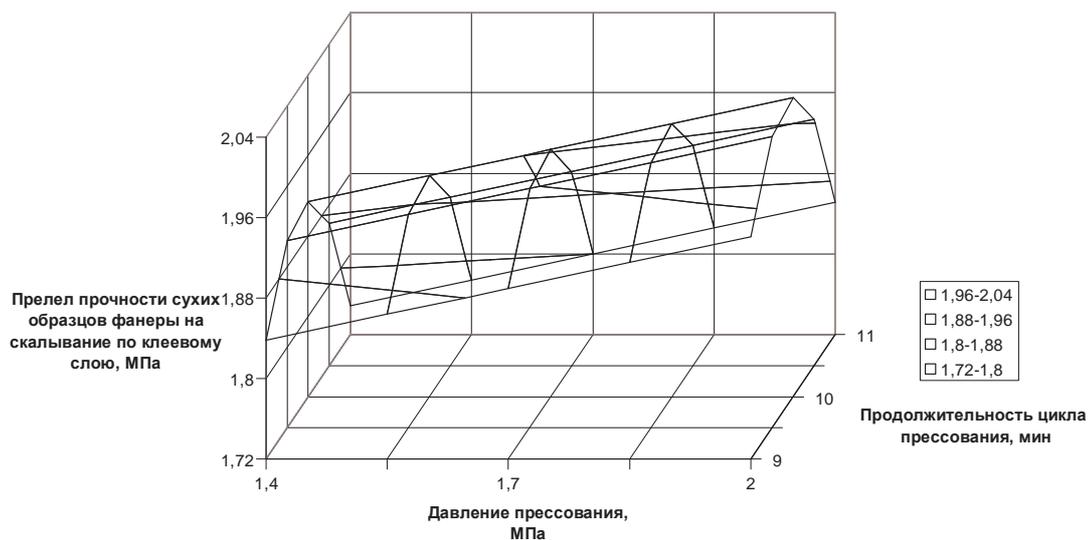
По полученным уравнениям регрессии построены графические зависимости в виде поверхностей отклика. Выборочные поверхности отклика приведены на рис. 5 – 9.

Из графических зависимостей (рис. 5 и б) видно, что максимальный показатель предела прочности сухих образцов комбинированной фанеры при скалывании по клеевому слою сосна-осина наблюдается при продолжительности прессования 10 мин. Показатели соответствуют требованиям ГОСТ 3916.1-96.

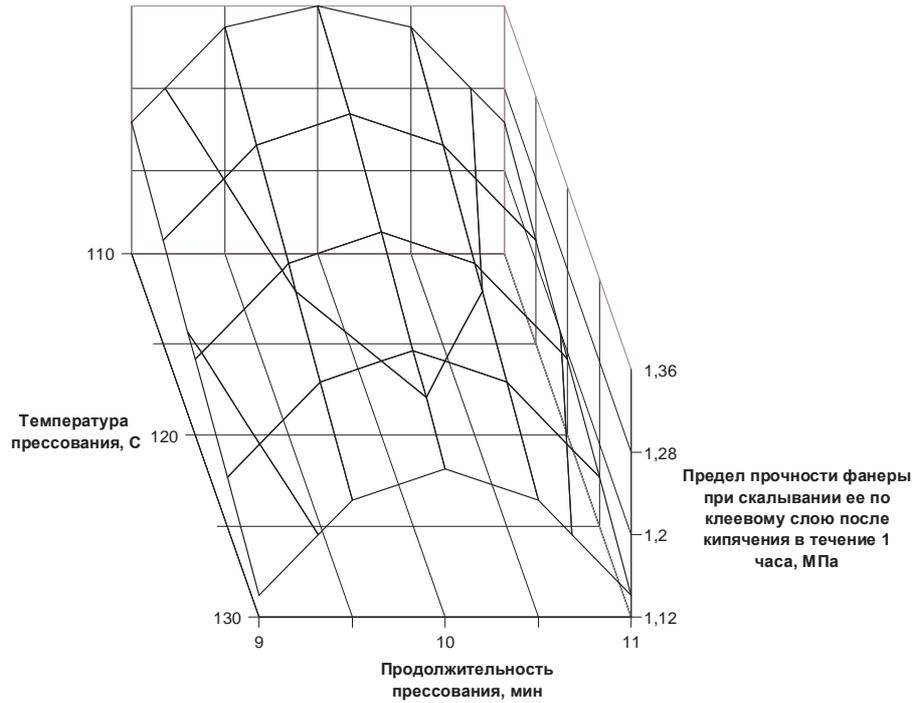
Аналогичные результаты наблюдаются и при испытании образцов фанеры после их кипячения (рис. 7).



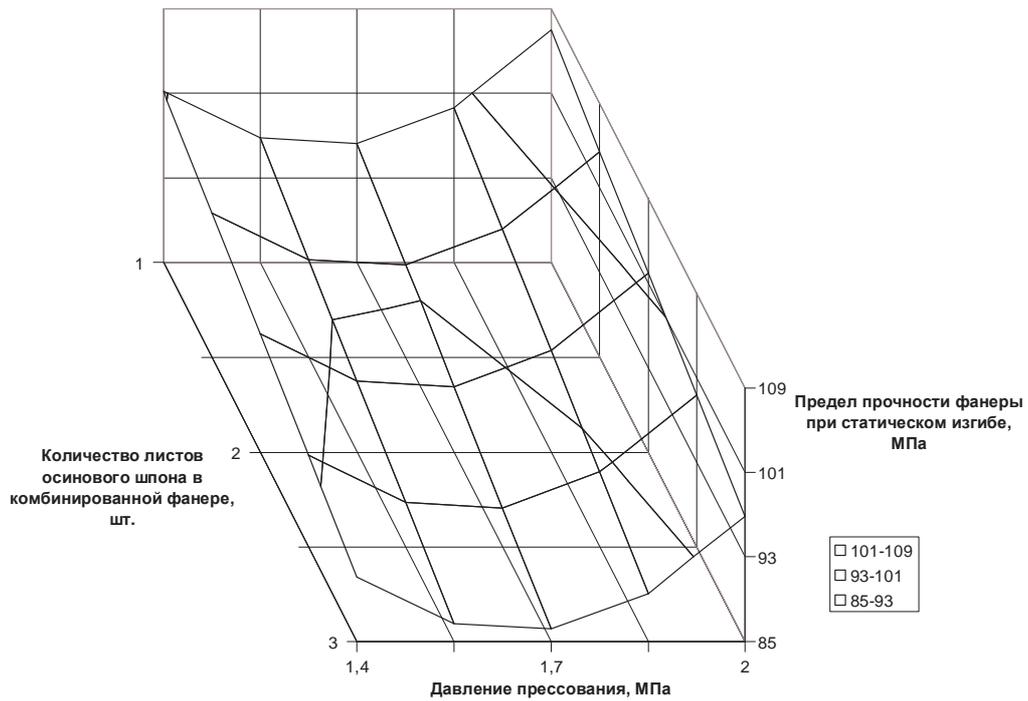
**Рис. 5.** Зависимость прочности сухих образцов фанеры при скалывании их по клеевому слою от температуры прессования и продолжительности прессования (давление прессования 1,7 МПа, два листа осинового шпона в семислойной фанере).



**Рис. 6.** Зависимость прочности сухих образцов фанеры при скалывании их по клеевому слою сосна-осина от давления прессования и продолжительности прессования (температура прессования 120 °С, два листа осинового шпона в семислойной фанере).



**Рис. 7.** Зависимость прочности фанеры при скалывании ее по клеевому слою от температуры прессования и продолжительности прессования (кипячение в течение 1 часа, давление прессования 1,7 МПа, два листа осинового шпона в семислойной фанере).



**Рис. 8.** Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от давления прессования и количества листов осинового шпона в комбинированной фанере при температуре прессования 120 °С и продолжительности цикла прессования 10 мин.

