

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИНИРОВАННОЙ ФАНЕРЫ

В статье рассматриваются результаты исследований по использованию древесины осины в технологии производства комбинированной фанеры с древесиной сосны. Полученные результаты позволят увеличить промышленное использование древесины осины.

Ключевые слова: комбинированная фанера, древесина осины, древесина сосны, адгезия, физико-механические показатели фанеры.

L.A. Evstigneeva, S.V. Denisov

THE ASPEN WOOD USE IN THE COMBINED PLYWOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

The research results on the aspen wood use in the production technology of the plywood combined with pine wood are considered in the article. The received results will allow to increase the industrial aspen wood use.

Key words: combined plywood, aspen wood, pine wood, adhesion, plywood physical and mechanical properties.

До настоящего времени древесина осины из-за своей износостойкости, хорошей обрабатываемости и относительно малого веса использовалась в спичечной промышленности, при производстве клееных блоков для гнутых деталей, корзин для фруктов и овощей, также из осины делают древесный уголь. Известно применение осины в обувной промышленности и других отраслях.

Осина как быстрорастущее дерево представляет собой важнейший вид для лесных хозяйств короткого цикла. Сохнет древесина осины медленно и не склонна к растрескиванию или короблению во время этого процесса. Хорошо обрабатывается режущим инструментами. Несмотря на это, осина не находит широкого промышленного применения. В связи с уменьшением объемов лесозаготовок вследствие истощения лесных ресурсов в последнее время все чаще рассматривается вопрос о рациональном использовании древесного сырья и, как следствие, использовании древесины осины [8].

В Братском государственном университете на кафедре воспроизводства и переработки лесных ресурсов были проведены исследования по изготовлению комбинированной фанеры с использованием шпона древесины осины и сосны на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3013.

Постоянные факторы и их величины при проведении экспериментов выбраны согласно представленным в таблице:

Постоянные факторы экспериментов	Величина
Толщина фанеры, мм	15
Толщина шпона, мм	2,2
Температура окружающей среды, °С	20
Слойность фанеры, шт.	7
Вязкость смолы СФЖ-3013 по ВЗ-4, с	82

Учитывая, что физические характеристики шпона хвойных пород и осины значительно отличаются, а следовательно, влияют на процессы адгезии при склеивании, на первом этапе проводились исследования по изучению физико-химических характеристик клея (смолы СФЖ-3013) при взаимодействии последнего с лицевой и оборотной сторонами шпона, шероховатость которых отличается на 10–15 % в зависимости от режимов лущения и других факторов.

На основании утверждений П.А. Белова, С.А. Лурье и других ученых, изучавших свойства адгезионных соединений [1, 2, 7], адгезия клеевых соединений в значительной степени зависит от процессов смачивания и растекания клея по поверхности шпона.

Оценка смачивающей способности клея осуществлялась по величине краевого угла смачивания, определяемой по методу лежащей капли [2, 4].

Измерение краевого угла смачивания (θ) осуществлялось посредством микроскопа МПБ-3 на образцах лущеного шпона из древесины сосны и осины, влажностью от 0 до 8 % и шероховатостью $R_z=120-130$ мкм для лицевой стороны и $R_z=140-150$ мкм для оборотной стороны (осина), $R_z=240-260$ мкм для лицевой стороны и $R_z=280-300$ мкм для оборотной стороны (сосна).

Результаты исследований представлены в виде графических зависимостей на рисунке 1.

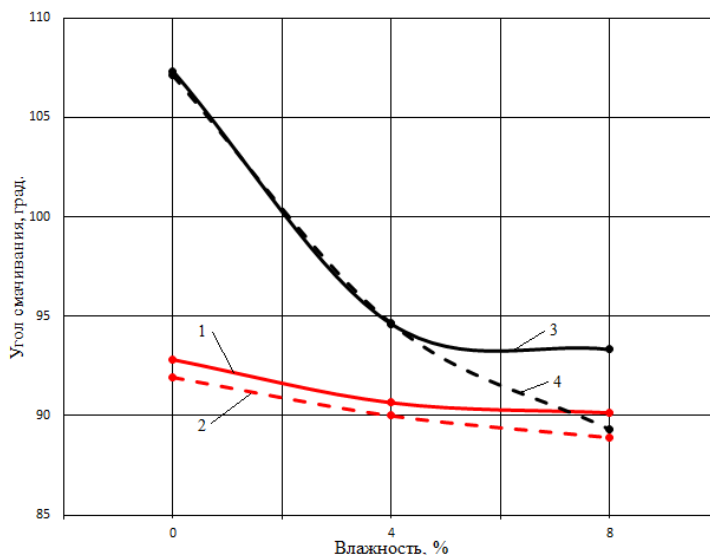


Рис. 1. Зависимость средних значений краевого угла смачивания для древесины сосны: 1 – для оборотной стороны; 2 – для лицевой стороны; для древесины осины: 3 – для оборотной стороны, 4 – для лицевой стороны

Представленные на рисунке 1 графические зависимости влияния влажности шпона на изменение величины краевого угла смачивания позволяют сделать заключение о том, что увеличение влажности подложки в пределах, регламентируемых ГОСТ 99 «Шпон лущеный», приводит к резкому уменьшению краевого угла смачивания, а следовательно, и к улучшению смачивающей способности как для древесины осины, так и для древесины сосны.

Анализируя полученные кривые, представленные на графике, можно сделать вывод, что для обеспечения наилучших условий смачивания влажность шпона должна находиться в пределах 6–8 %.

Следует также учесть, что при использовании древесины осины несколько ухудшается процесс смачивания, что может оказать влияние на получение различной адгезионной прочности клеевого соединения, особенно для случая осина-клей-осина.

На основании результатов исследования смачивающей способности клея (при использовании подложек из различных пород), а также величины его поверхностного натяжения ($\delta_{ж-г}$), определенной по методу лежащей капли, были произведены расчеты теоретической (расчетной) работы адгезии жидкости (клея) к поверхности подложки (шпона).

В результате анализа представленных кривых установлено, что использование хвойного шпона обеспечивает наилучшие условия смачивания. Однако и шпон древесины осины при влажности 5–8 % обеспечивает хорошие результаты.

На втором этапе определена теоретическая работа адгезии, которая в значительной степени зависит от смачивающей способности клеев и физических характеристик исследуемых образцов [3, 7]. При известном поверхностном натяжении смолы (клея) для определения работы адгезии этой жидкости к поверхности необходимо знать условия смачивания твердой поверхности этой жидкостью, которая определяется величиной краевого угла смачивания.

Работа адгезии W_a является мерой взаимодействия частиц на границе раздела двух фаз и определяется через косинус краевого угла смачивания и поверхностного натяжения жидкости (смолы).

$$W_a = \delta_{ж-г} \cdot (1 + \cos \theta),$$

где W_a – работа адгезии; $\delta_{ж-г}$ – поверхностное натяжение на границе раздела двух конденсированных фаз (жидкость – газ); θ – краевой угол, или угол смачивания.

Согласно графическим зависимостям, представленным на рисунке 2, 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 объясняется худшей смачивающей способностью.

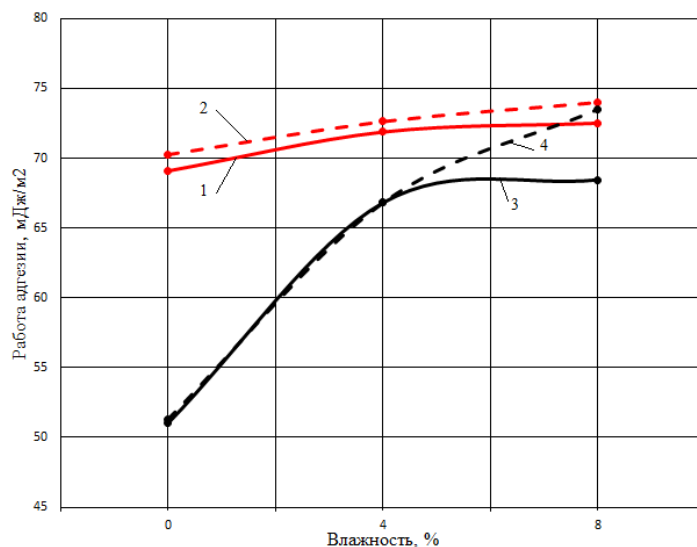


Рис. 2. Графическая зависимость теоретической работы адгезии для шпона древесины сосны: 1 – для оборотной стороны; 2 – для лицевой стороны; для древесины осины: 3 – для оборотной стороны, 4 – для лицевой стороны

Несомненно, что лучшие показатели работы адгезии наблюдаются при увеличении влажности подложки шпона обеих пород до $W=6-8\%$. Учитывая требования ГОСТ-3916 для склеивания комбинированной фанеры, при дальнейших исследованиях использовался шпон влажностью 6–7 %.

На основании полученных результатов предварительных опытов в лабораторных условиях на кафедре воспроизводства и переработки лесных ресурсов Братского государственного университета на следующем этапе проведены исследования по склеиванию шпона и изучению зависимостей прочностных свойств комбинированной фанеры от различных факторов.

На основании анализа работ в области склеивания фанеры [4–6] в качестве переменных факторов экспериментов приняты следующие:

- Давление прессования P , МПа – 1,4; 1,7 и 2,0 (X_1).
- Продолжительность прессования τ_1 , мин – 9, 10 и 11 (X_2).
- Температура прессования t , °С – 110, 120 и 130 (X_3).
- Количество листов осинового шпона в 7-слойном пакете, шт. – 1 ÷ 3 (X_4).

С целью получения адекватного математического описания технологического производства комбинированной фанеры был проведен многофакторный эксперимент по В-композиционному плану второго порядка.

В качестве выходных параметров служили пределы прочности фанеры при изгибе и при скалывании ее по клеевому слою.

На основании полученных результатов исследований разработаны математические модели описания процесса склеивания шпона, позволяющие с заданной вероятностью прогнозировать прочностные характеристики получаемой фанеры.

Математическое описание зависимости предела прочности клееной фанеры на изгиб:

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

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 в воде в течение 1 часа:

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

Согласно полученным уравнениям регрессии построены графические зависимости в виде поверхностей отклика.

Выборочные поверхности отклика приведены на рисунках 3–6.

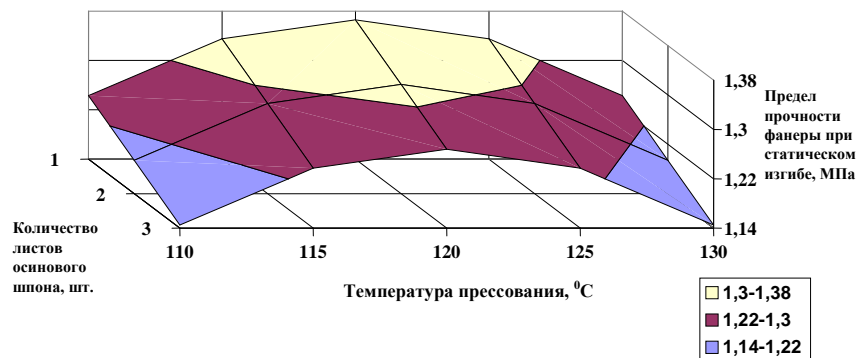


Рис. 3. Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от количества листов осинового шпона и температуры прессования (давление прессования – 1,7 МПа, продолжительность прессования – 10 мин)

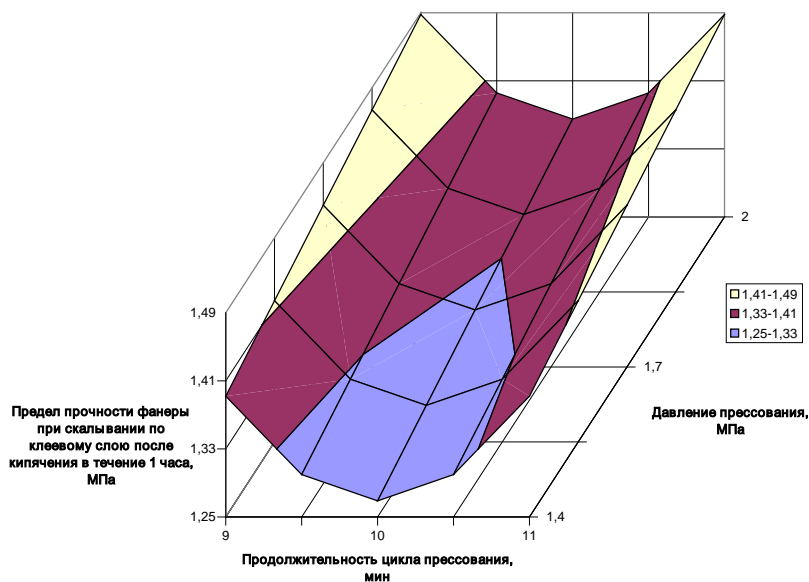


Рис. 4. Зависимость прочности фанеры при скалывании ее по клеевому слою после кипячения в течение 1 часа от давления прессования и продолжительности прессования (температура прессования – 120 °С и количество листов осинового шпона в семислойной фанере – 2)

На представленных графических зависимостях (рис. 4) предел прочности при скальвании определяется в сечении сосна-осина. Результаты прочности при скальвании по сечению осина-осина не соответствовали требованиям стандартов, поэтому не приводятся.

В целом физико-механические характеристики полученной комбинированной фанеры соответствовали требованиям ГОСТ 3916 «Фанера клееная». Следует учесть, что количество слоев осинового шпона в пакете фанеры не должно превышать 30–40 %, так как использование не более трех слоев осинового шпона в семислойном пакете обеспечивает возможность получения фанеры с минимально допустимой прочностью при изгибе.

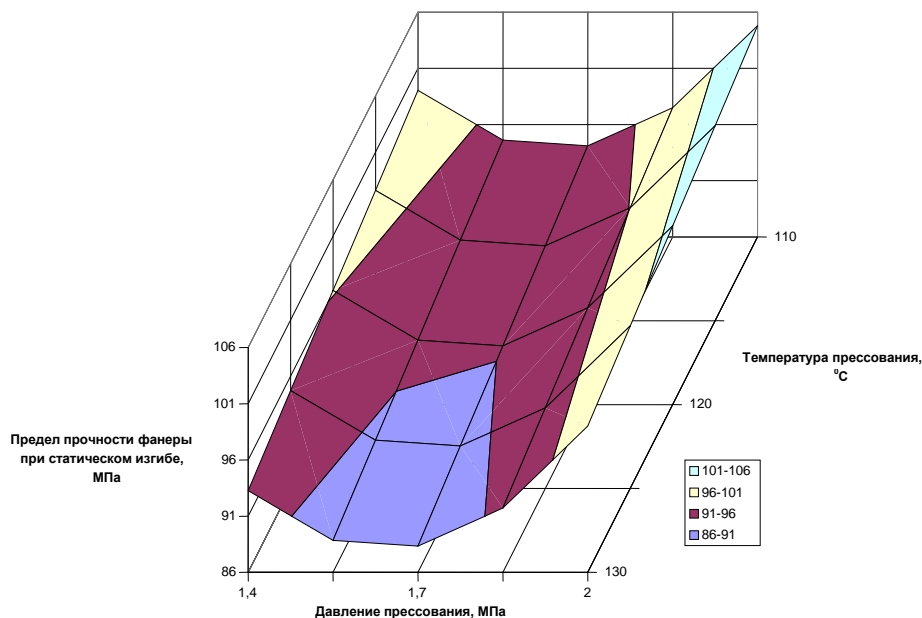


Рис.5. Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от давления прессования и температуры прессования (продолжительность прессования – 10 мин, количество листов осинового шпона в семислойной фанере – 2)

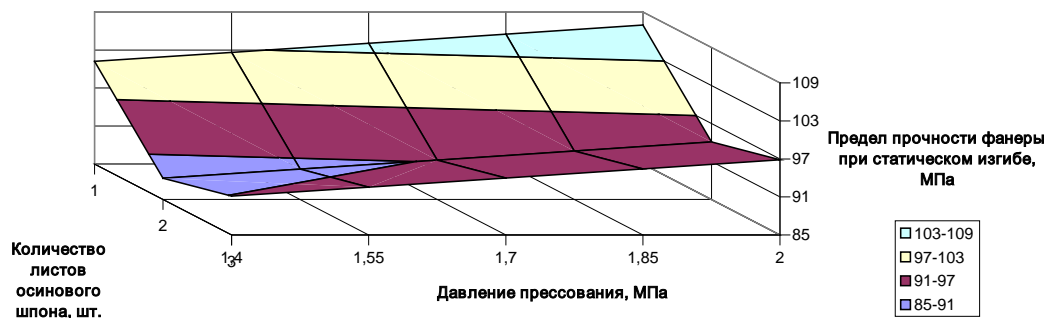


Рис. 6. Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от давления прессования и количества листов осинового шпона (продолжительность прессования – 10 мин, температура прессования – 120 °C)

На основании результатов экспериментальных исследований можно сделать вывод, что прочность фанеры при статическом изгибе уменьшается с увеличением количества листов осинового шпона в комбинированной фанере. Это можно объяснить плохими физико-механическими свойствами древесины осины. Поэтому добавление шпона древесины осины следует осуществлять до определенного количества, при котором прочность фанеры на изгиб соответствует требованиям ГОСТ 3916.1-96.

С увеличением давления прессования прочность фанеры при статическом изгибе увеличивается, очевидно, за счет лучшего контактирования поверхностей осинового и соснового шпона, вследствие их большей деформации.

Повышение температуры прессования приводит к некоторому снижению прочности фанеры при статическом изгибе, но последняя соответствует требованиям ГОСТ 3916.1-96. Повышение температуры более 120°C приводит к деструкции клеевого шва.

Наибольшие прочностные показатели наблюдаются при продолжительности цикла прессования 10 минут. При увеличении продолжительности цикла прессования наблюдается снижение предела прочности фанеры. Это можно объяснить началом процесса тепловой деструкции клеевого соединения.

Таким образом, на основании анализа математических моделей и их взаимодействий можно сделать заключение о том, что оптимальными параметрами режима прессования комбинированной фанеры в рамках проведенных исследований являются: давление прессования 1,7 МПа, температура прессования 120°C и продолжительность прессования 10 минут.

Для обеспечения высоких качественных показателей фанеры, соответствующей требованиям ГОСТ-3916, количество листов осинового шпона в семислойном пакете не должно превышать двух, при этом листы осинового шпона обязательно должны чередоваться с листами соснового шпона.

Оптимальной схемой набора фанерного пакета при изготовлении семислойной фанеры, обеспечивающей максимальную прочность, является сосна-сосна-осина-сосна-осина-сосна-сосна.

Таким образом, доказана возможность использования шпона из древесины осины в производстве комбинированной фанеры, что будет способствовать не только расширению сырьевой базы, но и может значительно повысить эффективность производства за счет сокращения использования более дорогостоящей и ценной древесины сосны.

Литература

1. Белов П. А., Лурье С. А. Теория идеальных адгезионных взаимодействий // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2007. – Т. 13. – С. 519.
2. Денисов С.В., Русаков Д.С. Исследование адгезионных свойств модифицированных клеевых композиций // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2005. – № 2. – С. 48–54.
3. Денисов С.В., Русаков Д.С. Исследование возможности склеивания хвойной фанеры на основе модифицированных отходов лесохимического производства фенолоформальдегидных смол // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2004. – С. 186.
4. Денисов С.В., Русаков Д.С. Оптимизация технологических режимов склеивания фанеры модифицированными клеевыми композициями // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2005. – № 2. – С. 54–60.
5. Денисов С.В., Русаков Д.С. Эффективная технология склеивания хвойной фанеры модифицированными клеями // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2004. – № 2. – С. 192–195.
6. Денисов С.В., Тимрякова Д.И. Исследование возможности производства комбинированной фанеры на основе модифицированных фенолформальдегидных смол // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2007. – № 1. – С. 57–60.
7. Денисов С.В., Чуханова Д.И. Исследование процессов, протекающих в склеиваемом пакете // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2008. – № 1. – С. 170–174.
8. Рунова Е.М., Денисов С.В. Исследование прироста хвойных пород в условиях техногенного загрязнения // Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2003. – С. 143.

