

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАЦИИ ШПОНА ЭЛАСТОМЕРОМ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

С.А. Хапёрских, Е.А. Головина

*В статье рассматривается способ определения предела прочности при разрыве модифицированного шпона (путем пропитки шпона раствором эластомера с различной концентрацией каучука) в естественных условиях. Проведен анализ влияния концентрации каучука на прочностные свойства модифицированного шпона при его растяжении. Разработана пропиточная система при которой модифицированный шпон, с различной ориентацией волокон, обладает повышенным пределом прочности при его разрыве.*

*Ключевые слова: модификация, эластомер, шпон, предел прочности при разрыве.*

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время решением задачи повышения предельных значений прочности при разрыве древесно-волоконистых композитов, в том числе и шпона, занимаются такие исследователи, как Агеева Т.С. и Левинский Ю.Б. [1]. Эта группа ученых анализирует конструкционную надежность строительной фанеры на основе клеевых соединений, шпон в ее составе обработан эластомером. Их исследование направлено на расчет напряжений и деформаций в отдельных слоях шпона с дополнительной обработкой эластомером. В то же время влияние эластомера на напряжения и деформации в модифицированном шпоне отдельно не рассматривалось, либо ему уделено не достаточно внимания [2].

В данной работе рассматриваются дерево-волоконистые композиты (образцы шпона ясеня), модифицированные эластомером на основе этиленпропилен-диенового каучука (EPDM) в различных растворителях.

В эксперименте применялся метод «холодной» пропитки в естественных условиях. В качестве эластомера применялся EPDM-каучук [3]. Выбор данного метода обусловлен следующими соображениями. В работе была предпринята попытка модификации только поверхности шпона, поэтому сразу необходимо отказаться от химических методов обработки поверхности, затрагивающих при этом и объем самого волокна, которые могут привести к его деградации

При исследовании влияния модифицирующих добавок на упруго-прочностные характеристики образцов шпона стоит отметить, что пропиточные системы оказались эффективными не только при испытании на растяжение вдоль волокон, но и для шпона с расположением волокон под углом 45°.

Анализ результатов испытаний показал, что наиболее эффективной оказалась модификация шпона эластомером при концентрации пропиточного раствора 1%.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования отбирались образцы шпона ясеня при влажности 45%, размерами согласно ГОСТ 20800-75 [4].

Испытания проведены на растяжение модифицированных образцов вдоль волокон, поперек и с расположением под углом 45°.

При испытаниях можно было наблюдать неравномерную прочность при растяжении и разрыве, что связано с неравномерностью расположения волокон в шпоне в виду того, что дерево - это природный материал [5].

Испытания модифицированного шпона вдоль волокон представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Предел прочности шпона ясеня при его растяжении

Показатель	σ, МПа		
	вдоль волокон	под 45°	поперек волокон
1) модификация посредством толуола, с содержанием каучука: - 1% - 2% - 3%	80	1,7	1,1
	52	2,1	1,2
	50	3,5	1,7
2) модификация посредством тетрахлорметана, с содержанием каучука: - 1% - 2% - 3%	75	1,6	1,3
	67	2,3	1,5
	58	3,8	1,6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАЦИИ ШПОНА ЭЛАСТОМЕРОМ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Так, с учетом того, что не модифицированный образец имеет предельное значение прочности на растяжение в размере 57,6 МПа, наибольший прирост показателя получил образец, модифицированный 1%-ым раствором эластомера как с использованием в пропиточной системе толуола [6], так и тетрагидрофурана [7]. Прирост показателя составил порядка 39%. Наименьший прирост по пределу прочности получили образцы с максимальной концентрацией пропиточной системы, а в случае с системой, где использован толуол, показатель имеет отрицательную тенденцию. Снижение составило порядка 13%.

Назовем условно пропиточную систему на основе толуола - №1, а на основе тетрагидрофурана - №2.

При планировании эксперимента для математического описания процесса применялся трендовый анализ и его уравнение для двух варьируемых факторов, которые позволяют оптимизировать проведение экспериментальных исследований.

После обработки данных эксперимента [8] была получена зависимость предела прочности шпона ясеня от концентрации пропиточного раствора на основе эластомера, данные которые представлены на рисунке 1.

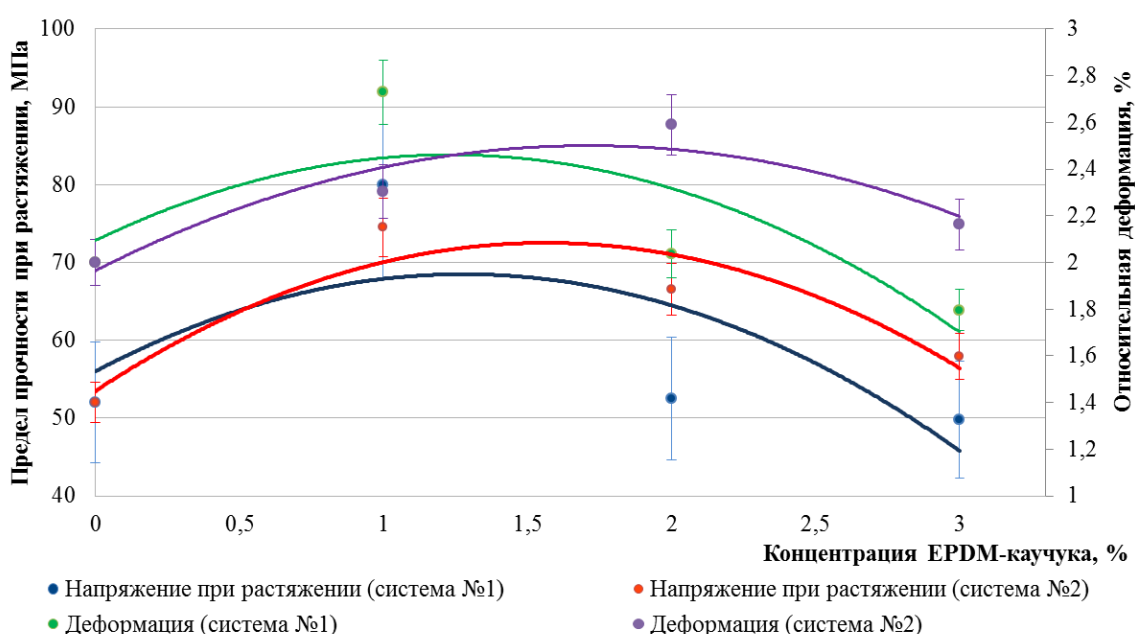


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности на растяжение образцов ясеня шпона вдоль волокон и его относительной деформации от концентрации пропиточного раствора на основе EPDM-каучука

Анализируя две пропиточные системы на основе эластомера, видно, что при 1 %-ом содержании каучука в системе предел прочности ясеня шпона имеет наибольшее значение.

Увеличение концентрации каучука приводит к снижению прочностных характеристик, так при 3 %-ом содержании каучука в пропиточной системе, предел прочности при растяжении шпона ясеня уменьшается на 13 %, чем до его модификации. Что может свидетельствовать о нецелесообразности применения данного раствора с целью модификации.

Снижение предела прочности при растяжении, относительно 1%-ой пропиточной системы может объясняться наличием агрес-

сивной среды в растворителях.

При анализе свойств шпона ясеня, модифицированного в пропиточной системе №2, также наблюдается снижение предела прочности при растяжении в 3 %-м растворе, но его показатель в 1,2 раза выше, чем у необработанного стандартного образца, в отличие от системы №1.

Иными словами, введение модифицирующей добавки в пропиточные системы №1, 2 лимитируется 1 %, при этом наблюдается увеличение предела прочности в 1,4 и 1,3 раза соответственно по сравнению со стандартом.

Кроме того, данные зависимости предполагают нахождение универсального состава эластомера посредством математической

зависимости для обеих систем, которую можно получить исходя из имеющихся уравнений.

Так, для пропиточной системы №1 зависимость снижения предела прочности относительно концентрации пропиточного раствора можно описать уравнением:

$$\sigma = -7,6 c^2 + 19,5 c + 56, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – предел прочности, МПа,  $c$  – концентрация каучука в пропиточной системе, %.

Уравнение зависимости предела прочности от концентрации пропиточной системы №2 представим в виде зависимости:

$$\sigma = -7,8 c^2 + 24,3 c + 53,5. \quad (2)$$

Приравнявая зависимость (1) и (2) получаем квадратное уравнение концентрации каучука в пропиточной системе, когда прочностные характеристики систем одинаковы:

$$0,2 c^2 + -4,8 c + 2,5 = 0$$

Решая это уравнение, получили  $c = 0,5$ .

То есть, при концентрации каучука в пропиточной системе (на любой из рассматриваемых пропиточных систем) в размере 0,5% - значение предела прочности шпона ясеня в обеих системах будет одинаковой.

Аналогичным образом, составлены уравнения для нахождения универсального значения относительной деформации.

Для системы №1 уравнение значений относительной деформации представлено следующим образом:

$$y = -0,3 \varepsilon^2 + 0,6 \varepsilon + 2,1. \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – относительная деформация образца, %.

Для системы с тетрахлорметаном уравнение значений относительной деформации имеет вид:

$$y = -0,2 \varepsilon^2 + 0,6 \varepsilon + 2. \quad (4)$$

Приравняв уравнения, получили, что максимальное значение относительной деформации шпон ясеня получит при концентрации пропиточной системы в размере 1,2%.

Таким образом, если целью модификации шпона ясеня является повышение предела прочности при его растяжении, то при изготовлении пропиточного раствора эластомера необходимо использовать 0,5% EPDM-каучука. А, при условии, что цель модификации – повышение деформационных свойств ясеневго шпона, то в этом случае максимальное значение даст содержание каучука в эластомере в размере 1,2%.

Проведем испытания модифицированно-

го шпона с расположением волокон под углом  $45^\circ$  посредством зависимости предела прочности при растяжении шпона от концентрации пропиточного раствора.

Испытания модифицированного шпона с расположением волокон под углом  $45^\circ$  представлены в таблице 1.

Наибольший прирост показателя получил образец, модифицированный 3%-ым раствором эластомера в обеих системах. Увеличение предела прочности произошло более, чем в 2 раза для системы №1 и в 2,4 раза для системы №2. Наименьший прирост предела прочности получили образцы с 1%-ой концентрацией пропиточной системы.

То есть, для повышения предела прочности волокон ясеневго шпона, расположенных под углом  $45^\circ$ , оптимальным является 3%-ый пропиточный раствор. Следовательно, повышая предел прочности при растяжении шпона, необходимо учитывать и направление волокон в нем.

Описывая математическую модель для двух варьируемых факторов, которые позволяют оптимизировать проведение экспериментальных исследований, получили зависимость (рисунок 2), которые позволяют просчитать оптимальные параметры анализируемой системы.

Так, для пропиточной системы №1 зависимость повышения предела прочности относительно концентрации пропиточного раствора описывается уравнением:

$$\sigma = 0,3 c^2 - 0,3 c + 1,6, \quad (5)$$

А для пропиточной системы №2 представим следующим образом:

$$\sigma = 0,4 c^2 - 0,4 c + 1,6. \quad (6)$$

Для того, чтобы найти точку равновесия предела прочности относительно концентрации пропиточного раствора, приравняем зависимости (5) и (6) и получим значение  $c$ , равное 1. Следовательно, при концентрации каучука в пропиточной системе в размере 1% - значение предела прочности шпона ясеня в обеих системах будет одинаковой.

Вычисляя аналогичным образом, значение относительной деформации представлено ниже. Для системы №1:

$$y = -0,14 \varepsilon^2 + 0,41 \varepsilon + 0,89. \quad (7)$$

Для системы №2:

$$y = 0,04 \varepsilon^2 - 0,05 \varepsilon + 0,95. \quad (8)$$

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАЦИИ ШПОНА ЭЛАСТОМЕРОМ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

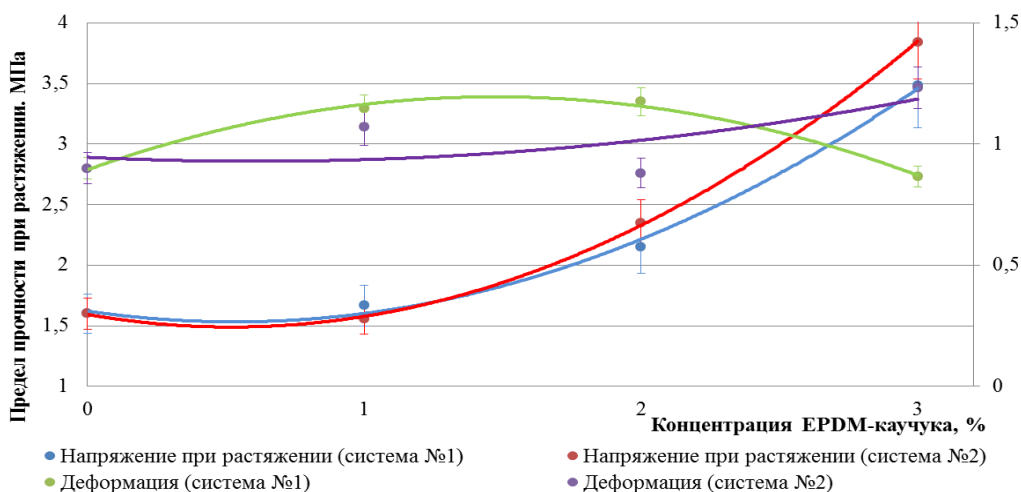


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности на растяжение образцов ясеневго шпона с расположением волокон под углом 45° и его относительной деформации от концентрации пропиточного раствора на основе EPDM-каучука

Приравнивая (7) и (8), получили  $\varepsilon = 2,4\%$ .

Иными словами, если целью модификации шпона ясеня с расположением волокон под углом 45° является повышение предела прочности при его растяжении, то необходимо использовать 1% EPDM-каучука. А, если цель модификации – повысить деформацию ясеневго шпона, то максимальное значение даст содержание каучука в эластомере в размере 2,4%.

Кроме того, проведены испытания ясеневго шпона с поперечным расположением

волокон, данные результатов представлены в таблице 1.

Наибольшее значение предела прочности при разрыве получили образцы, модифицированные 3%-ым содержанием EPDM-каучука в пропиточной системе. Стоит также отметить, что наряду с увеличением концентрации каучука в системе возрастает прочность при растяжении как в системе №1, так и в системе №2.

Графическая интерпретация зависимости предела прочности при растяжении ясеневго шпона в поперечном направлении волокон представлена посредством рисунка 3.

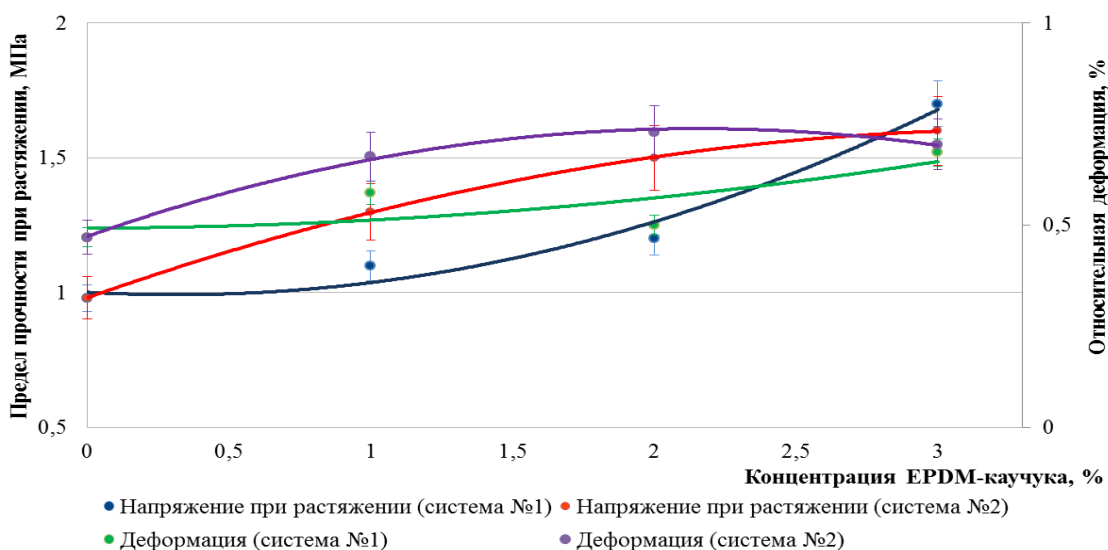


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности на растяжение образцов ясеневго шпона с поперечным расположением волокон и его относительной деформации от концентрации пропиточного раствора на основе EPDM-каучука

На основании представленных данных вычислено, что для двух пропиточных систем необходима концентрация каучука в размере 3,2%.

Именно при такой концентрации обе системы будут иметь одинаковый предел прочности при растяжении.

Обобщая вышесказанное, представим зависимость относительного предела прочности при растяжении модифицированного образца на рисунке 4.

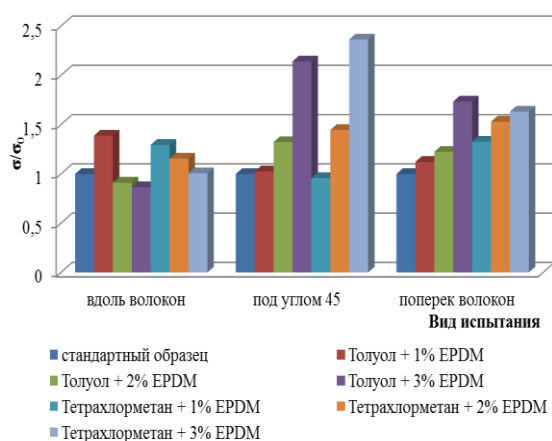


Рисунок 4 – Зависимость относительного предела прочности при растяжении модифицированных образцов

Рисунок 4 наглядно демонстрирует изменение предела прочности модифицированных образцов относительно стандартного образца в зависимости от концентрации пропиточной системы.

В целом отмечается возрастание предела прочности при растяжении шпона ясеня, особенно при испытаниях с расположением волокон поперек и под углом 45°. Вместе стоит отметить, что наилучшие результаты достигнуты в растворителе – тетрагидрометан. Что может быть связано с наиболее щадящей средой растворителя относительно толуола.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально установлено, что введение в низковязкий пропиточный раствор эластомера на основе этиленпропилендиенового каучука (EPDM) приводит к повышению предела прочности при растяжении и относительной деформации образцов шпона. А именно:

- в 1,5 раза увеличился предел прочности при растяжении вдоль волокон для шпона, пропитанного в растворе толуола с со-

держанием каучука 1%, а в тетрагидрометане – в 1,4 раза;

- значение предела прочности при растяжении возросло в 2,2 раза при испытаниях шпона с расположением волокон под углом 45° при использовании пропиточной системы с 3%-ым содержанием EPDM-каучука;

- в пропиточном растворе с содержанием эластомера в размере 3%, при проведении эксперимента на растяжение образцов шпона, предел прочности возрос в 1,7 раза.

Таким образом, варьируя концентрацию эластомера (EPDM-каучука), существует возможность повысить эксплуатационные качества шпона, применяя необходимый состав под определенные условия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Агеева Т.С. Влияние модификации шпона эластомерами на конструкционную надежность клеевых соединений / Т.С. Агеева, Ю.Б. Левинский // Современные проблемы науки и техники. – 2013. - №2. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9019> (дата обращения: 21.01.2017).

2. Царёва, Т. С. Влияние дополнительной обработки шпона на качество комбинированной строительной фанеры / Т. С. Царёва, Ю. Б. Левинский // Системы. Методы. Технологии. - 2012. - № 3 (15) - С. 92-96.

3. Большой энциклопедический словарь. – Режим доступа: [http://enc-dic.com/enc\\_big/SHpon-69040.html](http://enc-dic.com/enc_big/SHpon-69040.html) (Дата обращения 14.01.2017).

4. ГОСТ 20800-75 «Шпон лущеный. Методы испытаний».

5. Свешников А.С. Формирование композиционного материала на основе шпона и древесно-клеевой композиции: диссертация ... кандидата технических наук: 05.21.05 / Свешников Александр Сергеевич; [Место защиты: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова]. - Санкт-Петербург, 2014. - 169 с.

6. ГОСТ 5789-78 «Реактивы. Толуол. Технические условия».

7. ГОСТ 20288-74 «Реактивы. Углерод четыреххлористый».

8. ГОСТ 9620-94 «Древесина слоистая клееная. Отбор образцов и общие требования при испытании».

*Хапёрских Снежана Александровна* - магистрант 2-го курса по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(903)947-18-83.

*Головина Елена Анатольевна* – к.т.н., доцент, кафедра современных специальных материалов, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852) 290-956.