



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ ВДОЛЬ ВОЛОКОН ОБРАЗЦОВ ИЗ ЦЕЛЬНОЙ, ПРОДОЛЬНО СКЛЕЕННОЙ, И ПЕРЕКРЕСТНО СКЛЕЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Maxim Argunov – Vailiy Dmitriev – Rodion Potapov – Prokopiyy Romanov

Abstract

The objective of the paper is to analyse the strength of specimens created from pine wood glued in longitudinal and transverse directions and deformations of the specimens. Test prisms with dimensions 100x100 mm and with the height of 150 mm were used as specimens. Adhesive based on PVA was used in the specimens. Quality of bonding was in accordance with EN 204. The nature of the specimen damage and deformation diagram was set using the experiments. Following the experiments, the analysis and description was conducted. The existence of different behaviour of the 3 specimens during pressure testing was mentioned in the research. Following the outcomes of the research the conclusions were drawn.

Key words: *wood glued in longitudinal direction, wood glued in transverse direction, deformation, longitudinal compression, coefficient of variation, tensile strength*

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время появляются новые конструктивные формы несущих ограждающих конструкций из древесины.

В исследованиях прочности и деформативности древесины накоплен огромный массив результатов, полученных исследователями Словакии, России и многих других стран. Разработаны различные методики испытаний напряженно-деформированных состояний образцов. Разработаны и широко используются «Рекомендации по испытанию лабораторных образцов и натуральных деревянных конструкций». За последние десятилетия внедрены в практике проектирования, изготовления, строительства новые конструктивные формы деревянных клееных конструкций.

Новой перспективной разработкой являются деревянные перекрестно клеенные панели для многоэтажного деревянного строительства. Из подобных панелей во многих странах построены жилые дома до девяти и более этажей. При перекрестном склеивании панельных конструкций, их высокая прочность обеспечивается совместной работой продольных и поперечных слоев в массиве панели.

В данной статье приведены сравнительные результаты испытаний лабораторных фрагментов деревянных перекрестно клеенных панелей.

Авторами высказана гипотеза о значительном поддерживающем эффекте поперечно клеенных слоев при восприятии стеновой панелью вертикальных

нагрузок. Была поставлена цель - определить количественное значение поддерживающего эффекта при продольном сжатии перекрестно склеенных образцов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Влажность образцов определена в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.7-71, при помощи прибора измерения влажности ВПК-12. Его принцип действия основан на кондуктометрическом методе измерения влажности.

Вес измерен с помощью лабораторных весов ВСН-30/1-3, с точностью измерения до 0,01 грамма.

Испытания образцов на прочность произведены на малогабаритном прессе ИП 1250М-авто (рис. 1).



Рис. 1 Испытательный пресс ИП-1250М-авто

Скорость нагружения испытательного пресса должна обеспечивать разрушение образца через $(0,5 \pm 1,5)$ мин после начала нагружения, в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.10-89. Была установлена скорость нагружения равная 5 кН/с. Максимальную нагрузку P измеряют с погрешностью не более 1 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В результате испытаний деформация при сжатии вдоль волокон выражается в небольшом укорочении образцов. Характер разрушения образцов при сжатии вдоль волокон зависит от качества и состояния древесины. Характер разрушения может принимать различную форму, наиболее распространенные – это сдвиг и смятие. В первом случае волокна искривляются, сдвигаясь в сторону и относительно друг друга, а во втором – одна часть волокна сминается и частично проникает в полость другой части. У образцов цельного бруса наблюдается сдвиг, образующий косую

складку или встречные складки с продольным расколом. У продольно-склеенных образцов так же наблюдается сдвиг, без образования продольных трещин. В перекрестно-склеенных образцах у ламелей расположенных вдоль волокон наблюдается смятие волокон. А у ламелей расположенных перпендикулярно силе нагружения, видимых разрушений не наблюдается. Это обусловлено тем что у древесины поперек волокон деформация более упругая, чем вдоль волокон. Ламели расположенные поперек волокон включаются в общую работу образца, увеличивая тем самым ее показатели упругости.

Образцы после испытания показаны на рис. 2.



Рис. 2 Образцы испытаний: а – цельный образец древесины, б – продольно склеенный образец, в – перекрестно склеенный образец

По результатам испытания составлены графики деформаций (рис.3) по средним значениям, с указанием максимальной нагрузки, при которой произошло разрушение образца.

В результате статистического анализа пределов прочности (табл. 1) по ГОСТ 16483.0-89, были определены коэффициенты вариации. Коэффициент вариации показывает относительное отклонение случайной величины от среднего арифметического. Их значения наглядно показаны на гистограмме (рис. 4).

Наименьшие отклонение от среднего значения показала перекрестно склеенная древесина, наибольшее – цельная древесина. Нижняя граница доверительного интервала отличается от среднего значения соответствующим образом. Практическое значение имеет именно минимальный показатель прочности, который может принять данный материал.

Таким образом, перекрестно склеенная древесина имеет наиболее стабильные показатели предела прочности. Можно сказать, что влияние анизотропии древесины при перекрестном склеивании ламелей существенно снижается.

Если за исходный показатель принять пределы прочности цельных образцов, то можно сформулировать следующие выводы:

1. Предел прочности образцов продольно-склеенных превышает предел прочности цельных образцов на 10,7% за счет поддерживающего эффекта между склеенными слоями образца.
2. Разрушающая нагрузка перекрестно-склеенных образцов составляет 73% от разрушающей нагрузки цельных образцов. Предел прочности цельных образцов должен был составлять 60% от предела прочности цельных образцов, при учете только продольно ориентированных ламелей склеенного образца.

Предел прочности на продольное сжатие существенно зависит от качества древесины, и от качества склеивания слоев. Разрушения имеют характер потери устойчивости волокон, с последующим развитием продольных трещин.

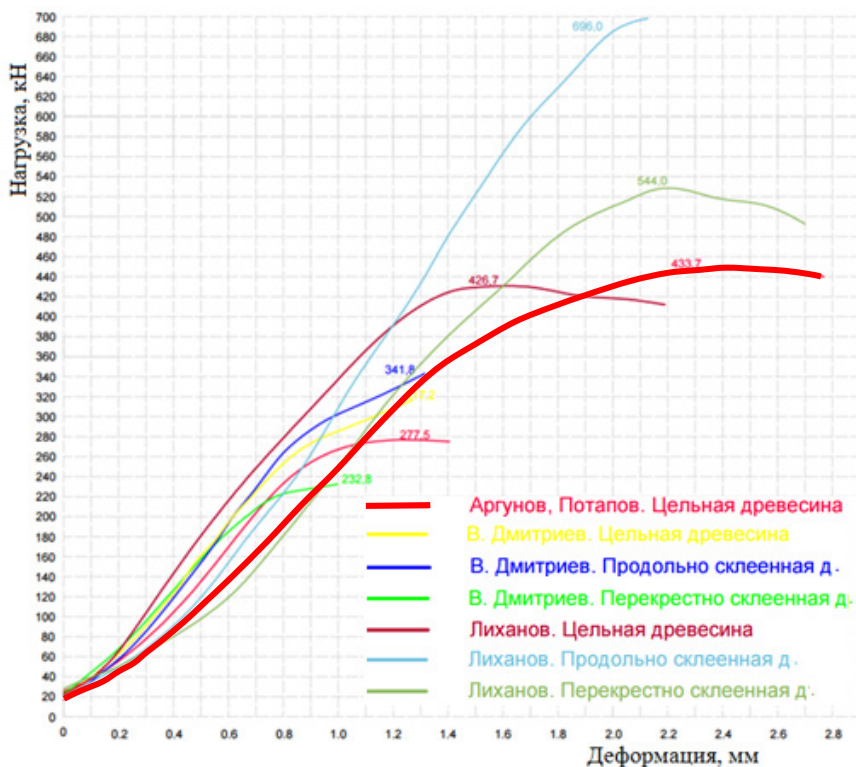


Рис. 3 Графики деформаций всех испытаний на одной шкале

Допускаем, что в этом случае работают только продольные слои. Выведем их процентное содержание продольных 3-х слоев из всех 5 перекрестно-склеенных:

$$\eta = \frac{S_{\parallel}}{S} \times 100\% = \frac{3}{5} \times 100\% = 60\% \quad (1)$$

где η – процент древесины в образце, направленных продольно силе сжатия;

S_{\parallel} – количество слоев, направленных параллельно силе сжатия;

S – общее количество слоев в образце.

Далее для продольных слоев в перекрестно склеенной древесине определяем предел прочности:

где σ_{px} – предел прочности для продольных слоев в перекрестно склеенной древесине;

где σ_{px} – предел прочности для продольных слоев в перекрестно склеенной древесине;

Таблица 1 Пределы прочности образцов приведенные к влажности 12%, Мпа

Фамилии авторов							
М. Аргунов, Р. Потапов (2016 год)		В. Дмитриев (2015 год)			О. Лиханов (2014 год)		
Цельная древесина 100*100	Цельная древесина 100*175	Цельная древесина	Продольно склеенная древесина	Перекрестно склеенная древесина	Цельная древесина	Продольно склеенная древесина	Перекрестно склеенная древесина
25,70	23,82	33,20	31,50	23,10	42,00	68,00	53,00
24,34	21,46	30,50	35,10	22,40	41,00	70,00	54,00
29,25	19,50	35,50	36,00	21,70	45,00	71,00	55,00
28,07	26,05	35,50	35,40	23,30		74,00	53,00
29,21	25,43	30,00		23,40		65,00	52,00
22,50	24,47						
28,85	25,72						
23,68	25,07						
Среднее значение							
26,45	23,94	32,94	34,50	22,78	42,67	69,60	53,40

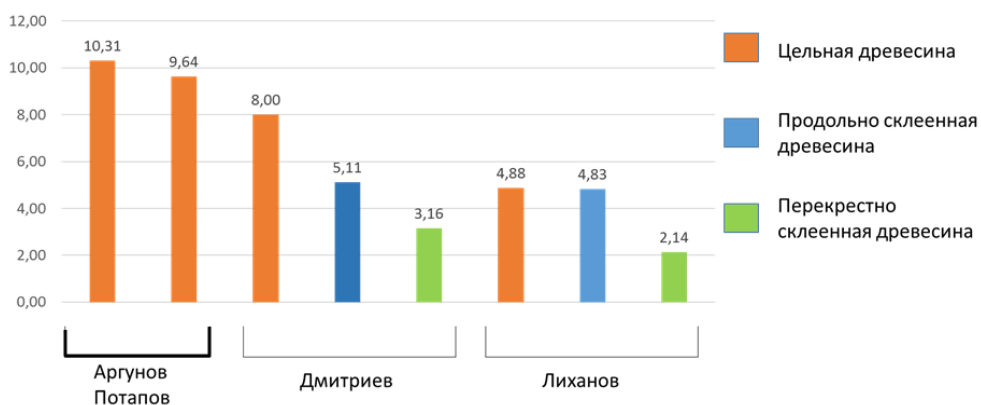


Рис. 4 Гистограмма значений коэффициента вариации

$$\sigma_{px} = \frac{\sigma_x}{\eta} \times 100\% = \frac{22,78}{60} \times 100\% = 37,97 \text{ Мпа} \quad (2)$$

σ_x – предел прочности перекрестно склеенной древесины;

и сравним с пределом прочности продольно склеенной древесины σ_p :

$$\theta = 1 - \frac{\sigma_p}{\sigma_{px}} = 1 - \frac{34,5}{37,97} = 0,09 \text{ или } 9\% \quad (3)$$

где θ - коэффициентом поддержки продольных слоев поперечными.

ДИСКУССИИ И ИТОГЫ

В Северо-Восточном Федеральном Университете (Россия, г. Якутск), в 2014-2016 годах, авторами (О. Лиханов, В. Дмитриев, М. Аргунов, Р. Потапов) проведены испытания на сжатие вдоль волокон трех типов деревянных образцов - цельной, продольно склеенной и перекрестно склеенной - для оценки предела прочности и деформативности. Продольно и перекрестно склеенные образцы изготовлены из 5 ламелей (слоев).

Для достижения поставленной цели испытания образцов были определены следующие задачи:

- определение влажности образцов;
- сопоставление прочностных свойств образцов;
- составление графика деформации по результатам испытания.

Образцы изготовлены из сосны с применением клеевой смеси на основе поливинилацетата (ПВА). Размеры, количество, вес и влажность образцов приведены в таблице 2:

Таблица 2 Размеры, количество, вес и влажность образцов

№	Авторы	Типы	Размеры, мм			Влажность, W %.	Вес, кг.	Количество
			a	B	H			
1	О. Лиханов (2014 год)	Цельная древесина	100	100	150	28,30	0,79	3
		Продольно-склеенная древесина	100	100	150	6,70	0,624	5
		Перекрестно-склеенная древесина	100	100	150	7,9	0,67	5
2	В. Дмитриев (2015 год)	Цельная древесина	100	100	150	12,9	0,629	5
		Продольно-склеенная древесина	100	100	150	11,2	0,666	5
		Перекрестно-склеенная древесина	100	100	150	11,4	0,657	5
3	М. Аргунов, Р. Потапов (2016 год)	Цельная древесина	100	100	150	10	0,663	8
		Цельная древесина	100	175	150	10	1,121	8
Итого испытанных образцов								44

Для сравнения деформированного состояния были совмещены графики деформаций всех испытаний в рис. 3 и 4 и таб. 1. Результат испытаний, полученный в 2016 году Аргуновым М. и Потаповым Р. и результат, полученный в 2015 году В. Дмитриевым при испытаниях цельной древесины, показали хорошее схождение. Анализ этих результатов и сравнительные испытания будут продолжены. Различные виды древесины показали примерно одинаковый угол наклона графика в зоне упругих деформаций, это указывает на стабильности модуля упругости древесины.

Наибольшее значение максимальной силы нагружения, при которой произошло разрушение образцов имеют результаты испытания О. Лиханова 2014 году.

Полученные данные показали, что наименьшим пределом прочности обладает перекрестно склеенная древесина. Это обусловлено тем, что часть волокон древесины образца направлена перпендикулярно направлению нагружающей силы. При этом происходит сжатие древесины поперек волокон, прочность которой значительно меньше. Допускаем, что в этом случае работают только продольные слои.

Из этих данных можно сделать вывод, что поперечные слои в перекрестно склеенной деревянной конструкции, состоящей из 5 слоев, оказывают значительный поддерживающий эффект, и повышают предел прочности на продольное сжатие, в данном случае на 9%, (коэффициент $\theta = 0,09$) по сравнению с прочностью гипотетического образца, который состоял бы из 3 продольных слоев.

Статья возникла при финансовой поддержке проекта Министерства образования, науки и спорта Словацкой Республики KEGA 011TU Z-4/2015.

Перевод абстракта на английский язык: Žaneta Balážová.

ЛИТЕРАТУРА

- Скопинский В. Н., Захаров А. А. Сопротивление материалов: Учебное пособие. Часть I. – М.: МГИУ, 1999 – 128с.
- Рекомендации по контролю качества клеевых соединений деревянных клееных конструкций/ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981. – 63с.
- Руководство по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций/Центр. н-и ин-т строит. конструкций им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1982. – 79 с.
- Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. 2-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1986 – 368 с.
- СП 64.13330-2011 Деревянные конструкции. – ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко - институт ОАО «НИЦ Строительство»
- ГОСТ 16483.10-89 «Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон образцов из древесины».
- ГОСТ 16483.0-89 «Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям».