

УДК 630\*812.7:582.632.2

Э. Э. Пауль, доцент (БГТУ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА ПРИ СЖАТИИ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

Излагаются результаты определения прочности древесины дуба при сжатии поперек волокон. Показано, что прочность древесины дуба при сжатии поперек волокон существенно зависит от плотности древесины и ширины годичного слоя. Влияние указанных факторов в большей степени проявляется в радиальном направлении древесины. Изучен также характер деформирования древесины дуба при сжатии поперек волокон.

The results of determining strength of oak wood in compressing perpendicular to grain are described in the article. The strength of oak wood in compressing perpendicular to grain can change greatly depending on the wood density, the annual ring width and the direction of compression. It has been shown that the mentioned factors take place in more extent in radial direction of wood than in tangential direction. The character of deformation of wood in compressing depending on the density and the direction compressing is stated here.

**Введение.** В конструкциях и изделиях часто встречаются случаи, когда древесина работает на сжатие поперек волокон. В то же время способность древесины сопротивляться сжатию в поперечном направлении по отношению к волокнам изучена недостаточно полно. Имеющиеся в литературных источниках данные для некоторых древесных пород, по утверждению профессора Уголева Б. Н. [1] – известного ученого в области древесиноведения – «следует рассматривать как ориентировочные», а для древесины дуба они вообще отсутствуют. Для дуба имеются только некоторые сведения для частного случая сжатия поперек волокон – местного смятия волокон. О том, что прочность древесины при сжатии вдоль волокон изучена еще недостаточно, а имеющиеся в литературе данные не могут рассматриваться как окончательные, свидетельствует и то, что в официальном издании справочных данных по физико-механическим свойствам древесины [2] показатели прочности древесины при сжатии поперек волокон отсутствуют.

В настоящей работе приводятся результаты исследования прочности древесины дуба при сжатии поперек волокон в зависимости от плотности древесины и ширины годичного слоя как основных факторов, влияющих на механические свойства древесины. Для исследований был подобран исходный материал древесины дуба с довольно большим диапазоном плотности (от 556 до 780 кг/м<sup>3</sup>) и числом годичных слоев в 1 см (от 1,9 до 12,1). Испытания проводились по методике, предусмотренной ГОСТ 16483.11–72, с определением в соответствии с методикой так называемого «условного предела прочности». Образцы подвергались испытанию в радиальном и тангенциальном направлениях.

**Основная часть.** Результаты исследований приведены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2. Из приве-

денных данных в таблицах видно, что в зависимости от плотности, ширины годичного слоя и направления сжатия прочность древесины дуба при сжатии поперек волокон может значительно варьировать и составлять в среднем значении от 4,5 до 7,7 МПа. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что с увеличением плотности древесины прочность древесины дуба при сжатии поперек волокон существенно возрастает. Так, если для древесины с малой плотностью в пределах 556–650 кг/м<sup>3</sup> условный предел прочности при сжатии поперек волокон составил в радиальном направлении в среднем 6,1 МПа, в тангенциальном – 4,5 МПа, то для древесины с высокой плотностью (701–780 кг/м<sup>3</sup>) эти показатели увеличились в радиальном направлении до 7,6 МПа и в тангенциальном – до 5,2 МПа. Графический анализ результатов исследований показал, что зависимость между плотностью древесины и прочностью при сжатии поперек волокон имеет линейный характер как в радиальном, так и тангенциальном направлениях. Математическое выражение установленных зависимостей имеет вид для радиального направления

$$y = 0,0099 x + 0,26$$

и тангенциального

$$y = 0,004 x + 2,2,$$

где  $x$  – плотность древесины при 12%-ной влажности, кг/м<sup>3</sup>.

Из табл. 1 также видно, что для древесины дуба в радиальном направлении наряду с более высокой прочностью по сравнению с тангенциальным наблюдается и более интенсивное приращение прочности с увеличением плотности. Так, если в радиальном направлении с увеличением плотности от 603 до 766 кг/м<sup>3</sup> прочность увеличилась на 24,6%, то в тангенциальном – только на 15,5%.

Таблица 1

**Влияние плотности древесины дуба  
на условный предел прочности при сжатии поперек волокон**

Плотность, кг/м <sup>3</sup> , при влажности 12%			Условный предел прочности, МПа, при влажности 12%			
Диапазон плотности	Среднее	%	Радиальное направление		Тангенциальное направление	
			МПа	%	МПа	%
556–650	603	100	6,1	100	4,5	100
651–750	701	116,2	7,2	118,0	5,1	113,3
751–780	766	127,0	7,6	124,6	5,2	115,5
Среднее	690	–	6,9	–	4,9	–

Большая прочность древесины дуба и ее зависимость от плотности в радиальном направлении объясняется тем, что в древесине дуба имеются хорошо развитые широкие сердцевинные лучи, которые совместно с повышенным содержанием механической ткани в более плотной древесине увеличивают жесткость древесины в радиальном направлении и тем самым повышают ее способность в большей степени сопротивляться сжимающим усилиям.

Результаты исследования влияния ширины годичного слоя на прочность древесины дуба при сжатии поперек волокон представлены в табл. 2, из которой следует, что с увеличением числа годичных слоев в 1 см заметно уменьшается и прочность при сжатии поперек волокон. Так, если при количестве годичных слоев в 1 см равном 3,6 прочность в радиальном направлении составила 7,7 МПа, а в тангенциальном – 5,2 МПа, то при количестве 11 слоев прочность была меньше и соответственно равнялась 6,1 и 4,6 МПа. Эта зависимость имеет линейный характер и вид математического выражения для радиального направления

$$y = -0,224x + 8,41$$

и тангенциального

$$y = -0,096x + 5,56,$$

где  $x$  – количество годичных слоев в 1 см.

Уменьшение прочности древесины дуба при сжатии поперек волокон с увеличением количества годичных слоев в 1 см объясняется тем, что у древесины дуба при уменьшении ширины годичного слоя снижение прочности происходит за счет сокращения содержания поздней зоны годичного слоя, которая выполняет в основном механическую (опорную) функцию, в результате чего такая древесина обладает меньшей прочностью.

При сжатии поперек волокон древесина сильно деформируется. Поэтому стоит рассмотреть и характер деформирования древесины дуба при сжатии в поперечном направлении. Известно, что при прессовании древесины поперек волокон в зависимости от древесной породы и направления сжатия возможны два типа деформирования древесины: однофазное или трехфазное [3].

На рис. 1 показаны особенности деформирования древесины дуба при сжатии в радиальном направлении, из которого следует, что при сжатии древесины малой плотности (кривая 1) деформация осуществляется по однофазному типу, а для древесины с высокой плотностью (кривая 3) характер деформирования напоминает трехфазное деформирование с постепенным переходом второй фазы в третью и неполным завершением последней к моменту появления видимых разрушений древесины.

Таблица 2

**Влияние ширины годичного слоя древесины дуба  
на условный предел прочности при сжатии поперек волокон**

Ширина годичного слоя, количество слоев в 1 см			Условный предел прочности в МПа при влажности 12%			
Диапазон ширины слоя	Среднее	%	Радиальное направление		Тангенциальное направление	
			МПа	%	МПа	%
1,9–5,3	3,6	100	7,7	100	5,2	100
5,4–8,8	7,1	197,2	7,0	90,9	5,0	96,2
8,9–12,1	11,0	305,5	6,1	79,2	4,6	88,5
Среднее	7,2	–	6,9	–	4,9	–

Для древесины средней плотности конфигурация кривой деформирования (кривая 2) также имеет тенденцию вырисовываться по типу, весьма близкому кривой 1.

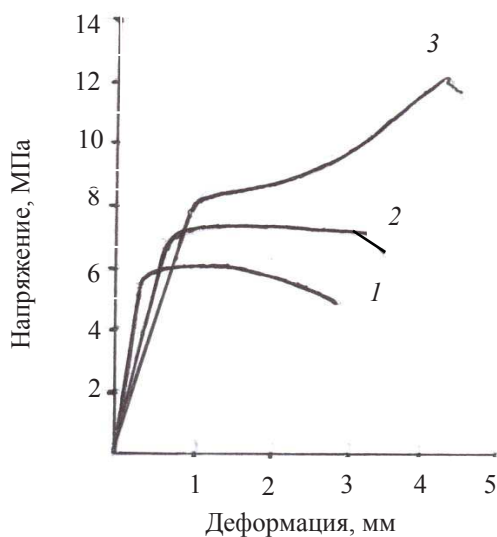


Рис. 1. Диаграммы деформирования древесины дуба при сжатии в радиальном направлении:  
1 – при низкой; 2 – средней;  
3 – высокой плотности древесины

При сжатии в тангенциальном направлении (рис. 2) независимо от плотности древесины деформирование осуществляется по трехфазному типу, подобно как и при сжатии в радиальном направлении для древесины с высокой плотностью.

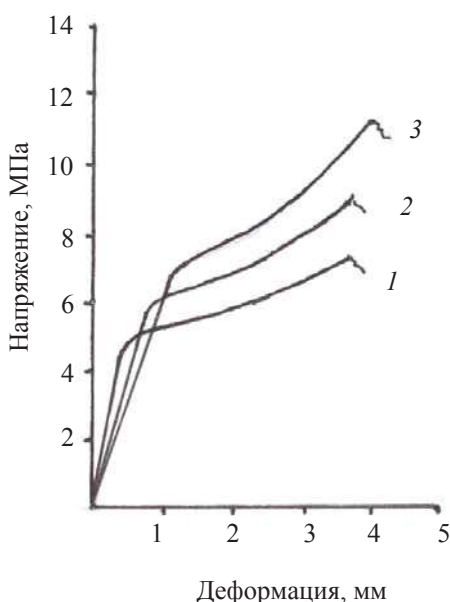


Рис. 2. Диаграммы деформирования древесины дуба при сжатии в тангенциальном направлении:  
1 – при низкой; 2 – средней;  
3 – высокой плотности древесины

Отмеченный характер деформирования древесины дуба при сжатии поперек волокон в разных направлениях и при разной плотности древесины может быть объяснен особенностями анатомического строения древесины дуба. При радиальном сжатии древесины с малой плотностью прочность ее обеспечивается за счет сопротивления сжимающим нагрузкам широких сердцевинных лучей, с потерей устойчивости которых наступает и мгновенное разрушение древесины. У древесины высокой плотности при сжатии в радиальном направлении наряду с сердцевинными лучами сопротивление оказывает и хорошо развитая (особенно в древесине с высокой плотностью) поздняя зона годичного слоя, в результате чего при деформации наблюдается тенденция перехода однофазного деформирования на деформирование в три фазы.

При сжатии в тангенциальном направлении роль сердцевинных в противодействии сжатию весьма незначительна и прочность древесины в данном случае обеспечивается в результате сопротивления анатомических элементов поздней зоны годичного слоя: мелких сосудов и волокон либриформа, последовательное участие которых в процессе деформирования приводит к деформированию, весьма близкому к трехфазному. Несущественное влияние сердцевинных лучей в данном случае объясняет и более низкую прочность древесины дуба при сжатии в тангенциальном направлении по сравнению с радиальным.

**Заключение.** Проведенные исследования позволили установить численные значения показателей прочности древесины дуба при сжатии поперек волокон в зависимости от плотности древесины, ширины годичного слоя и направления сжатия, а также получить математические выражения этих зависимостей. Эти данные могут найти применение при расчетах прочности деталей и изделий из древесины дуба, которые в процессе эксплуатации будут испытывать напряжения сжатия поперек волокон.

#### Литература

1. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б. Н. Уголев. – М.: Изд. МГУЛ, 2007. – 351 с.
2. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов: ГСССД 69-84 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 29 с.
3. Хухрянский, П. Н. Прессование древесины / П. Н. Хухрянский. – М.: Лесная промышленность, 1964. – 350 с.
4. Леонтьев, Н. Л. Техника статических вычислений / Н. Л. Леонтьев. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 250 с.

Поступила 14.04.2010