

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 647.02

В.В. Соловьев, М. В. Румянцев

Соловьев Владимир Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет 69 печатных работ в области исследования дереворежущих инструментов и процессов резания древесины.



Румянцев Михаил Владимирович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Архангельский государственный технический университет. Аспирант кафедры строительной механики и сопротивления материалов АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области исследования трещиностойкости клеевых соединений.



ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ТРЕЩИН НОРМАЛЬНОГО ОТРЫВА

Опытным путем определена вязкость разрушения клееной древесины с различным расположением годичных слоев; показана возможность использования компактных образцов, рекомендуемых для испытаний изотропных материалов.

Нарушения непрерывности клеевых соединений, возникающие как в процессе изготовления клееной композиции, так и при ее эксплуатации, являются факторами, существенно снижающими несущую способность конструкции. Малая толщина клеевых слоёв позволяет рассматривать их как трещины. При этом оценка прочности, основанная на базе классических критериев наступления предельного состояния, представляется лишь как первое приближение. Уточнение коэффициентов запаса прочности требует изучения условий, определяющих начало распространения дефектов.

В настоящее время используют различные энергетические, деформационные, силовые подходы (критерии) [6] к оценке состояния трещин. Из них наиболее часто применяют силовой критерий. Для трещины, находящейся в условиях сложного напряжённого состояния, его представляют в виде [3]

$$\frac{K_I}{K_{IC}} + \frac{K_{II}}{K_{IIC}} + \frac{K_{III}}{K_{IIIC}} = 1, \quad (1)$$

где K_I, K_{II}, K_{III} – коэффициенты интенсивности напряжений для трещин, соответственно находящихся в условиях нормального отрыва, плоского и антиплоского сдвига.

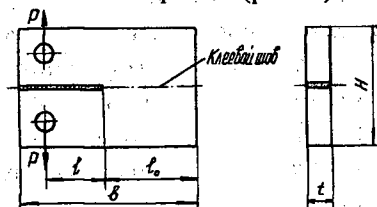
$K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC}$ – критические коэффициенты интенсивности напряжений, определяющие способность материала сопротивляться развитию трещин по указанным типам деформаций.

Коэффициенты K_I, K_{II}, K_{III} отражают условия нагруженности конструкции, форму, длину и расположение трещины. Нахождение этих величин составляет задачу теории упругости для тела с разрезом [4].

Коэффициенты $K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC}$, представляющие собой механические характеристики материала, определяют по опытным данным. Методика определения трещиностойкости (вязкости разрушения) материала, утвержденная стандартом [2], разработана лишь для трещин нормального отрыва в изотропных материалах. Методика проведения испытаний для анизотропных материалов находится в стадии разработки. Различные методы определения вязкости разрушения обсуждались применительно к древесине [1, 5]. В работе [5] установлено, что для трещин первого типа наиболее целесообразно проводить эксперимент на компактных образцах, используемых при испытаниях изотропных материалов [2]. Цель нашей работы – рассмотреть возможность применения этой методики при определении трещиностойкости клеевых соединений древесины для трещин нормального отрыва.

Следуя [2, 5], мы использовали компактные образцы (рис. 1).

Рис.1. Образец для испытаний на внецентренное растяжение (H и t – высота и толщина образца)



Критический коэффициент интенсивности напряжений определяли по формуле [2]

$$K_{IC} = \frac{P_c}{\pi\sqrt{b}} \cdot 13,74 \left(1 - 3,380 \frac{l}{b} + 5,572 \left(\frac{l}{b} \right)^2 \right), \quad (2)$$

где P_c – нагрузка, соответствующая началу развития трещины;

l – длина трещины;

b – длина образца.

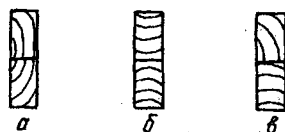
Образцы склеивали из двух деталей. Клей наносили лишь на часть длины (l_0) образца. Оставшийся непроклеенным участок образца расценивали как начальную трещину. Длина трещины, входящая в расчетную формулу, указана на рис. 1, ее назначали в соответствии с требованиями [2] в пределах $(0,45 \dots 0,55)b$. В последующем, после разрушения образца, длину начальной трещины уточняли. Ее размер принимали как средний по трем измерениям (l_1, l_2, l_3) от точки приложения силы до границы клевого шва (рис. 2).

Для опытов использовали образцы из древесины сосны и березы влажностью 7 ... 12 %. Заготовки, содержащие сучки, трещины, синеву и другие дефекты, отбраковывали.

Склеивание производили на основании инструкции по применению каждого вида клея.

В целях изучения влияния анизотропии материала и неоднородностей клееной композиции, обусловленных анизотропией, сортировали детали образцов по ориентации годичных слоев относительно поверхности склеивания. В результате чего образцы были поделены на три группы, отличающиеся ориентацией годичных слоев (рис. 3).

Рис. 3. Расположение годичных слоев: *a* – радиальное, *б* – тангенциальное, *в* – смешанное



В ходе пробных экспериментов установлено, что толщина образца из древесины, в отличие от образца из металлических материалов, не оказывает влияния на величину показателей трещиностойкости. Однако в более толстых образцах неоднородность клевого соединения проявляется в большей степени. Поэтому для получения той же точности результатов требуется испытание большего числа образцов. Кроме того, установлено, что точка *A* на диаграмме разрушения образца (рис. 4), соответствующая началу распространения трещины, расположена в пределах угла β [2]. Тангенс угла α_s на 5 % меньше тангенса угла наклона касательной к начальному линейному участку диаграммы α . Поэтому в качестве критической нагрузки P_c принимали максимальную, которую выдерживал образец до разрушения. Основанием для этого служило и то, что в устойчивом режиме нагружения образца роста трещины не обнаружено.

Результаты испытаний образцов, склеенных ЭПЦ-1 (числитель) и ПВА (знаменатель), представлены в таблице.

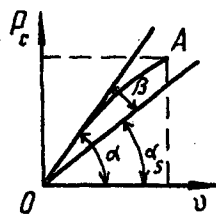


Рис. 4. Диаграмма разрушения образца

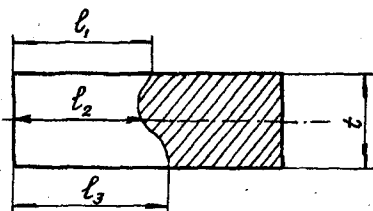


Рис. 2. Форма границы клевого шва

Влияние расположения годовичных слоев на вязкость разрушения образцов

Порода древесины	Расположение годовичных слоев	Марка клея	Вязкость разрушения, МПа · м ^{1/2}	Среднеквадратичное отклонение, МПа · м ^{1/2}	Коэффициент вариации, %	Доверительный интервал, МПа · м ^{1/2}
Сосна	Радиальное	ЭПЦ-1	0,33	0,05	16	[0,30; 0,36]
		ПВА	0,34	0,06	19	[0,30; 0,36]
	Тангенциальное	ЭПЦ-1	0,38	0,08	20	[0,31; 0,45]
		ПВА	0,38	0,05	14	[0,34; 0,42]
	Смешанное	ЭПЦ-1	0,35	0,07	20	[0,29; 0,41]
		ПВА	0,35	0,05	15	[0,29; 0,41]
Береза	Радиальное	ПВА	0,52	0,09	17	[0,46; 0,58]
	Тангенциальное	ПВА	0,60	0,07	12	[0,55; 0,65]

Опыты показали, что развитие трещины, начинающейся в клеевом слое, в последующем переходит в массив древесины. Это характерно для всех случаев расположения годовичных слоев. Разрушение по клеевому шву происходит только в том случае, если нарушено качество клеевого соединения. По-видимому, именно это обстоятельство оказывается причиной того, что вязкость разрушения не зависит от марки клея.

Таким образом, полученные показатели в значительной мере отражают свойства древесины. Об этом свидетельствует тот факт, что вязкость разрушения (K_{IC}) зависит от расположения годовичных слоев. Для тангенциального направления вязкость разрушения в среднем на 10 % больше, чем для радиального.

Испытания, проведенные на партиях образцов со случайным расположением слоев, показали, что около 80 % разрушений происходит в древесине с радиальным расположением годовичных слоев. Полученный показатель трещиностойкости можно рассматривать как средний для случайной ориентации годовичных слоев по отношению к плоскости склеивания.

В заключение следует отметить, что определение влияния таких факторов, как старение клеевого шва, изменение влажности древесины и температура окружающей среды, требует проведения дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганноев М.М. Определение вязкости разрушения древесины для трещин нормального отрыва // Заводская лаборатория. – 1994. - № 11. – С. 48–54.
2. ГОСТ 25.506–85. Расчёты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 62 с.
3. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие / Под общей ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988. – Т. 1. – 488 с.
4. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие / Под общей ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988. – Т. 3. – 620 с.