

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ВТОРОЙ ФОРМЫ РАЗРУШЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

pgs@kursksu.ru

В статье предложена методика, основанная на методах механики разрушения, и представлены результаты экспериментальных исследований по контролю параметров трещиностойкости второй формы разрушения изделий и конструкций из клееной древесины.

**Ключевые слова:** контроль трещиностойкости, трещиностойкость, клееная древесина, трещина, механика разрушения.

Механика разрушения предназначена разрабатывать методы прогноза разрушения тел с дефектами типа трещин. При расчете с позиций механики разрушения (МР) учитывается размер и форма трещины, геометрия тела, уровень нагружения, а также свойства материала, характеризующиеся силовыми (критический коэффициент интенсивности напряжений (КИН  $K_{IC}$ ) и энергетическими (критическая интенсивность освобождения энергии ( $G_c$ )) характеристиками [1], [2], [3].

Критическую интенсивность освобождения энергии клееной древесины при нормальном отрыве предлагаем определять методом подат-

ливости на основании призматических образцов с двумя поперечными надрезами и кососимметричным нагружением. Подобного рода образцы были использованы для цельной древесины в работе [4]. С целью апробации данной методики в лабораторных условиях провели испытания образцов такого типа размерами:  $h=30$  мм,  $L=2b=60$  мм,  $c=L/15=4$  мм, толщиной  $t=140$  мм и длиной задаваемой трещины  $a=6, 7,5, 9, 10,5$  мм ( $0,2h, 0,25h, 0,3h, 0,35h$ ) (рис.1). Образцы вырезались из клееных деревянных балок длиной 2800 мм сечением  $170 \times 140$  мм (материал – сосна, клей ФР-12). Влажность образцов перед началом испытаний составила 9 %.

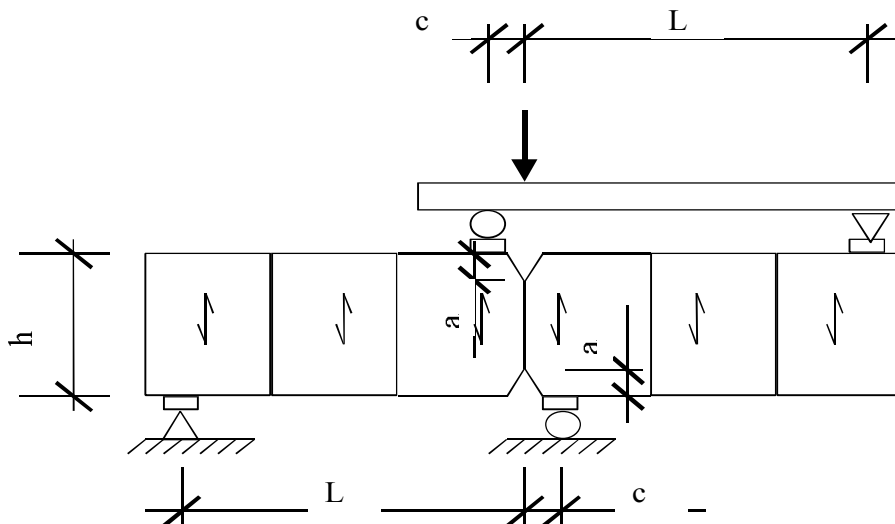


Рис. 1. Призматический образец с двумя поперечными надрезами для определения  $G_{IIc}$ .

Начальную трещину инициировали ножовочным полотном толщиной 2 мм, не доводя до заданной длины на 1 мм, которые затем дорабатывали специально изготовленным ножовочным полотном, делающим пропилов по клееному шву толщиной не более 0,1 мм. Такое заострение моделировало натуральную форму вершины трещины и дало наибольшую концентрацию напряжений.

Во время испытаний образцы не теряли устойчивость и разрушались хрупко со слабой акустической эмиссией. Развитие трещины, начинающейся в клееном слое, в последующем переходило в массив древесины.

В результате испытаний были получены разрушающая нагрузка  $P_{fr}$  и диаграмма «нагрузка-перемещение точки приложения силы». Далее  $G_{IIc}$  вычисляли методом податливости. По

кривым диаграмм были определены экспериментальные значения податливостей  $C_{\text{exp}}$ . Для этого на базе прямолинейных участков восходящих ветвей указанных кривых были определены регрессионные прямые  $y=bx$ . По наклону прямых были вычислены величины податливостей  $C$  при каждой длине инициированной трещины ( $C=1/b$ ). Далее построили зависимость между  $C$  и длиной трещины  $a$  ( $C(a)=9,023 \cdot 10^{-5}$

$e^{0,0657a}$ ) и критическую энергию освобождения вычислили по формуле

$$G_{\text{ис}} = \frac{Q^2}{2t} \frac{dC}{da}, \quad (1)$$

где  $Q$  – экспериментальные значения поперечных сил в сечениях с надрезами.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Результаты испытаний балочных образцов на трещиностойкость при сдвиге

Направление волокон склеиваемых частей	Марка образца	$P_{\text{fr}}$ (Н)	$P_{\text{fr срзнач}}$ (Н)	$Q_{\text{max}}$ (Н)	$\sigma_p$	$\gamma_p$ (%)	$C$ (мм/Н) $\cdot 10^{-3}$	$C_{\text{срзнач}}$ (мм/Н) $\cdot 10^{-3}$	$\sigma_c$ $\cdot 10^{-5}$	$\gamma_c$ (%)	$dC/da$ $\cdot 10^{-5}$	$G_{\text{ис}}$ (Н/м)
Смешанное	0,2b№1	5820	12746	11153	3754	29,4	0,178	0,139	1,97	14,2	0,879	3906
	0,2b№2	11690					0,139					
Тангенциальное	0,2b№1	10120					0,131					
	0,2b№2	14500					0,119					
	0,2b№3	19260					0,12					
Радиальное	0,2b№1	11070					0,164					
	0,2b№2	15180					0,128					
	0,2b№3	14330					0,133					
Смешанное	0,25b№1	7930					11004					
	0,25b№2	7650	0,155									
	0,25b№3	10680	0,161									
Тангенциальное	0,25b№1	12110	0,123									
	0,25b№2	10240	0,14									
	0,25b№3	11550	0,124									
Радиальное	0,25b№1	10500	0,154									
	0,25b№2	19090	0,126									
	0,25b№3	9290	0,162									
Смешанное	0,3b№1	7030	9906	8667	2088	21,0	0,168	0,165	2,18	13,2	1,071	2873
	0,3b№2	8190					0,188					
	0,3b№3	12200					0,153					
Тангенциальное	0,3b№1	10550					0,131					
	0,3b№2	13830					0,131					
	0,3b№3	10360					0,164					
Радиальное	0,3b№1	7850					0,176					
	0,3b№2	8500					0,186					
	0,3b№3	10640					0,192					
Смешанное	0,35b№1	11150	7111	6222	2206	31,0	0,148	0,185	3,16	17,1	1,182	1664
	0,35b№2	9320					0,154					
	0,35b№3	5470					0,214					
Тангенциальное	0,35b№1	7070					0,165					
	0,35b№2	4430					0,23					
	0,35b№3	8150					0,149					
Радиальное	0,35b№1	5880					0,189					
	0,35b№2	8350					0,187					
	0,35b№3	4180					0,23					

$\sigma_p$ ,  $\sigma_c$  – среднеквадратичное отклонение по разрушающей нагрузке и податливости соответственно

$\gamma_p$ ,  $\gamma_c$  – коэффициент вариации по разрушающей нагрузке и податливости соответственно

В результате (табл. 1) среднее значение критической интенсивности освобождения энер-

гии без учета направления волокон склеенных частей  $G_{\text{ис}}=2906$  Н/м.

Рекомендуемая методика определения критической интенсивности освобождения энергии клееной древесины методом податливости на основании испытаний призматических образцов с двумя поперечными надрезами обеспечивает стабильность результатов, а также легко реализуема в лабораторных условиях, а следовательно может быть использована при контроле параметров трещиностойкости второй формы разрушения изделий и конструкций из клееной древесины.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Найчук А.Я. Деревянные конструкции в спортивных зданиях и сооружениях Республики Беларусь. Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. Випуск 5. 2010 р.
2. Найчук А.Я., Захаркевич И.Ф. Некоторые вопросы нормирования вязкости разрушения древесины // БрГТУ. Строительство и архитектура. 2005. № 2(32). С. 57–59.
3. Найчук А.Я. Прочность элементов деревянных конструкций в условиях сложного неоднородного напряженного состояния // Автореф. дис. Докт. техн наук. М., 2006. 46 с.
4. Гаппоев М.М. Оценка несущей способности деревянных конструкций методами механики разрушения // Автореф. дис. Докт. техн наук. М., 1996. 34 с.

---

**Avdyakov D.V.**

#### **APPLICATION OF METHODS OF FRACTURE MECHANICS IN THE CONTROL PARAMETERS OF FRACTURE TOUGHNESS OF THE SECOND FORM OF THE DESTRUCTION OF THE PRODUCTS AND STRUCTURES FROM GLUED WOOD**

*The paper proposes a methodology based on the methods of fracture mechanics, and presents the results of experimental studies on the controlling parameters of fracture toughness of the second form of the destruction of the products and structures from glued wood.*

**Key words:** *control of fracture toughness, fracture toughness, laminated wood, fracture, fracture mechanics.*

---

**Авдяков Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства  
Курский государственный университет.  
Адрес: 305000 Курск, ул. Радищева, 33.  
E-mail: pgs@kursksu.ru