

О.А. Киселева, П.М. Кольцов

О ВЫПОЛНЕНИИ ПРИНЦИПА БЕЙЛИ ПРИ ИСПЫТАНИИ
НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ

Время до разрушения (долговечность) или до заданного уровня деформации подчиняется правилу аддитивности: т.е. время «жизни» твердого тела не зависит от перерывов («отдыха») при его нагружении. В течение всего времени нагружения в материале накапливаются необратимые изменения, приводящие к разделению тела на части [1]. Данный процесс описывается принципом Бейли

$$\int_0^{\tau} \frac{dt}{\tau[\sigma(t)]} = 1, \quad (1)$$

где τ – долговечность; σ – длительная прочность; t – время действия нагрузки.

Уравнение характеризует принцип наложения или суммирования парциальных разрушений твердого тела в моменты времени от начала нагружения до того, когда сумма израсходованных долей ресурса долговечности станет равной единице. Данный принцип справедлив не только при разрушении, но и при деформировании.

Однако принцип Бейли не всегда выполняется. Если время релаксации того же порядка, что и период цикла нагружения, то принцип аддитивности времен нагружения нарушается. Это объясняется происходящими в полуфазе разгрузки ослаблениями твердых тел, которые возникают от дезориентации структуры материала в сочетании с гистерезисным разогревом. Если время релаксации намного больше периода цикла, то оно не влияет на долговечность и ее суммирование. При многократном нагружении значительно теряется несущая способность (критерий Майнера), и принцип Бейли также не выполняется [1, 2].

Богословским В.Н. [2] было предложено использовать принцип Бейли при пожаре. В этом случае понятие «предела огнестойкости» является эквивалентом понятия «долговечности» твердого тела, отнесенного к специфическим условиям пожара. Фактически «предел огнестойкости» конструкции характеризует время ее существования от начала воздействия пожара до наступления предельного состояния, т.е. долговечность в условиях пожара. При этом принцип Бейли примет вид

$$\int_0^{\tau_d} \frac{d\tau}{\tau_0 \exp\left[\frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT(\tau)}\right]} = 1, \quad (2)$$

где τ_0 – минимальная долговечность; U_0 – максимальная энергия активации; γ – структурно-механическая константа; σ – напряжение; T – температура; k – коэффициент.

В работе [3] было проверено выполнение принципа Бейли для композитных материалов на примере древесностружечных плит. Для этого при поперечном изгибе испытали по 6 образцов размером $10 \times 17 \times 130$ мм. Первая серия образцов испытывалась при непрерывном действии нагрузки, а вторая подвергалась дискретному нагружению, т.е. действие нагрузки (30...60 мин) чередовалось с отдыхом (60 мин). Условия испытаний (температура, влажность, величина напряжения) поддерживались идентичными для обеих серий. Эксперимент проводился при повышенной температуре (40 °С). Полученные результаты приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что для древесностружечных плит в обоих случаях долговечность одинакова. Следовательно, для данного материала принцип Бейли справедлив: под нагрузкой накапливаются нарушения, которые не залечиваются после ее снятия, и поэтому время действия нагрузки суммируется.

В процессе эксплуатации композитные материалы работают также в режиме переменных температур. Поэтому было проверено выполнение принципа Бейли для древесностружечных плит, работающих в режиме циклического изменения температуры. Для этого при поперечном изгибе были испытаны две серии образцов. Первая серия испытывалась при непрерывном действии нагрузки и температуры, а вторая подвергалась дискретному нагружению и прогреву, т.е. действие нагрузки и повышенной температуры 40 °С (15 мин) чередовалось с отдыхом при комнатной температуре 18 °С. Условия испытаний (влажность и величина напряжений) поддерживались идентичными для общих серий. Полученные результаты представлены в табл. 2.

1 Влияние характера действия нагрузки на долговечность древесностружечных плит

Действие нагрузки	Номер образца	Напряжение σ , МПа	Время до разрушения	Долговечность $\lg \tau$, [с]	$\lg \tau_{ср}$, [с]
Рывное	1	7,6	9518	3,98	3,6
	2		9014	3,95	
	3		10 707	4,03	
	4		18	1,25	
	5		77 879	4,89	
	6		3077	3,49	
Постепенное	1	7,6	4575	3,66	3,6
	2		26 924	4,43	
	3		53 422	4,73	
	4		81 283	4,91	
	5		3514	3,54	
	6		2	0,3	

2 Влияние действия переменной нагрузки и температуры на долговечность древесностружечных плит

Действие нагрузки	Номер образца	Напряжение σ , МПа	Время до разрушения	Долговечность $\lg \tau$, [с]	$\lg \tau_{ср}$, [с]
Рывное	1	13,5	4887	3,689	2,931
	2		3664	3,564	

	3		661	2,820	
	4		3598	3,556	
	5		4498	3,653	
	6		2	0,301	
етное	1	13,5	22	1,342	1,168
	2		160	2,204	
	3		1	0	
	4		1440	3,158	
	5		2	0,301	
	6		1	0	

Из таблицы видно, что при дискретном действии нагрузки и температуры долговечность падает (на 1,5 порядка). Следовательно, на древесных пластиках принцип Бейли не выполняется. Было установлено, что ДСП стойки к тепловому старению [4]. Следовательно, снижение долговечности связано с резким изменением температуры, приводящей к увеличению колебаний атомов при постоянном изменении длины связей (связи то растягиваются, то сжимаются), что в свою очередь может привести к возникновению концентраторов напряжений.

Список литературы

- 1 Ратнер, С.Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев. М. : Изд-во «Химия», 1992. 320 с.
- 2 Богословский, В.Н. О возможности прогноза долговечности строительных материалов и конструкций на основе кинетического подхода / В.Н. Богословский, В.М. Райтман, Н.А. Парфентьева // ИВУЗ : Строительство. Новосибирск, 1982. № 9. С. 62 – 68.
- 3 Киселева, О.А. Прогнозирование работоспособности древесностружечных и древесноволокнистых композитов в строительных изделиях : дис. ... канд. техн. наук / О.А. Киселева. Воронеж, 2003. 205 с.
- 4 Влияние температуры и влаги на старение древесных плит и фанеры / О.А. Киселева, В.П. Ярцев, А.В. Сузюмов, В.О. Рындин // Композиционные строительные материалы. Теория и практика : сб. науч. тр. Междунар. научно-техн. конф. Пенза, 2004. С. 126 – 128.