



Гасанов А. Б.



Юнис Башир Н.



Онищенко Н. Г.

Гасанов А. Б., канд. техн. наук, доцент,  
Юнис Башир Н., канд. техн. наук, доцент,  
Онищенко Н. Г., ассистент,

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), г. Харьков

## ТЕРМОСТОЙКОСТЬ НАГРУЖЕННЫХ В ПОСТОЯННОМ РЕЖИМЕ ДВП И ДСП И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Установлен механизм разрушения древесностружечной плиты при изгибе и сжатии в определенном диапазоне нагрузок и температур.

Древесностружечные и древесноволокнистые плиты очень широко используются в жилищном строительстве для обшивки стеновых панелей, перегородок, потолков и полов. Главными недостатками этих материалов являются низкая прочность, долговечность и термостойкость, которые в комплексе характеризуют их работоспособность, которая в отличие от общепринятого термина «несущая способность», связанного с прочностью материала, включает комплекс из трех параметров:

- 1 – максимальная нагрузка;
- 2 – температура;
- 3 – время воздействия.

Давно известно [1, 2], что для полимеров и других органических конструкционных материалов, резко проявляется температурно-временная зависимость от прочности изделия.

Она описывается уравнением (2, 3)

$$\sigma = 1/\gamma (U_{0\max} - 2.3RT/1-T_m \lg \tau/\tau_{\min}) \quad (1)$$

где  $\gamma$ ,  $U_{0\max}$ ,  $T_m$  и  $\tau_{\min}$  – физические константы материала;

$\gamma$  – структурно-механическая константа;

$U_{0\max}$  – максимальная энергия активации разрушения;

$T_m$  – предельная температурасуществования твердого тела;

$\tau_{\min}$  – минимальная долговечность на период колебания кинетических единиц – атомов, групп атомов, сегментов;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – температура, К;

$\tau$  – время до разрушения (долговечность).

Поэтому, чтобы прогнозировать прочность материала во времени или при изменении температуры, нужно знать величины этих физических констант. При этом можно определить и два других эксплуатационных параметра материала – его долговечность и термостойкость (теплостойкость)  $T$ :

$$\tau = \tau_{\min} \exp[(U_0 - \gamma\sigma)/R (1/T - 1/T_m)]; \quad (2)$$

$$T = [1/T_m + 2.3R/(U_0 - \gamma\sigma) \lg \tau/\tau_{\min}]^{-1} \quad (3)$$

поскольку каждая из указанных физических констант качественно одинаково влияет на все три основных параметра материала. В этом проявляется принцип температурно-временной и силовой эквивалентности при механическом разрушении.

Длительные испытания древесных плит (твердой и мягкой ДВП и твердой ДСП плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>) проводили при поперечном изгибе и центральном сжатии на специальных стендах в режиме заданного постоянного напряжения и температуры [4]. В результате испытаний фиксировали время доразрушения. Образцы размерами 130x20 мм для изгиба и 10x10 мм для сжатия вырезали из плит толщиной 3,7 мм (древесноволокнистых) и 16 мм (древесностружечных).

Результаты испытаний древесностружечной плиты в координатах, «логарифм времени до разрушения – обратна н температура», при вариации постоянных напряжений представлены на рис. 1. Каждая точка на полученных экспериментальных зависимостях является усредненным результатом 6-12 измерений.

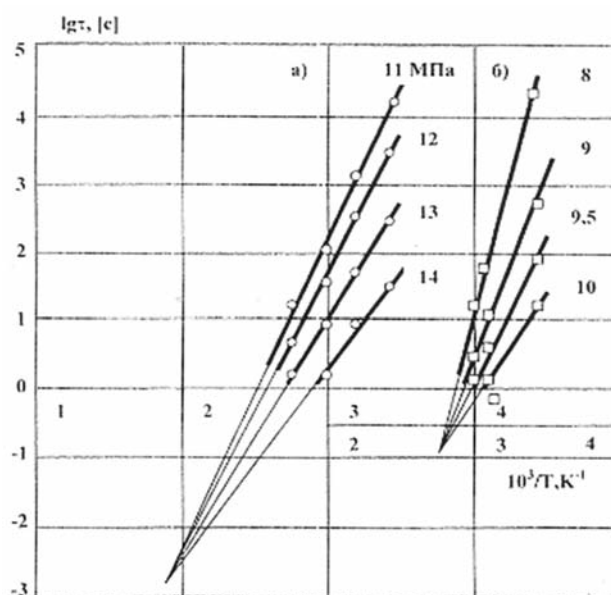


Рис. 1 Зависимость долговечности от обратной температуры для ДСП  
а – при поперечном изгибе; б – при сжатии

Из рис. 1 видно, что зависимости имеют линейный характер и образуют семейство прямых, сходящихся в одну точку. Эти зависимости описываются уравнениями (1-3). Физические константы, входящие в эти уравнения, определяли графоаналитическим способом [4].

Константа  $\tau_{\min}$  и  $T_m$  определяются из положения (таблица 1). Для нахождения остальных 2-х констант  $U_0$  и  $\gamma$  для каждой прямой в координатах  $\lg \tau^{10^3}/T$  определяют значение энергии активации  $U_{(a)}$  из наклона прямых по равенству

$$U_{(a)} = [(2,3K_d \lg \tau_{(a)}/\Delta)/1]/T$$

При экстраполяции на  $\sigma = 0$  определяется максимальная энергия активации  $U_0$ , а по тангенсу ( $\lg$ ) угла наклона прямой  $U_0$  величина –  $\gamma$ .

Из таблицы 1 видно, что все константы ДСП существенно различаются при изменении вида нагрузки. Так, при сжатии величина максимальной энергии активации увеличивается по сравнению с поперечным изгибом. Это связано с разным механизмом поведения под нагрузкой при изгибе и сжатии. При изгибе величина  $U_0$  соответствует энергии химической связи [1] и близка величине энергии активации разрушения целлюлозы [3]. При сжатии резкое увеличение максимальной энергии активации можно объяснить преобладающей ролью деформационных процессов, что проявляется и на величинах остальных констант. Deformation of the material is determined mainly by breaking intermolecular bonds [2].

Таблица 1.

Значения физических и эмпирических констант и основных параметров работоспособности

		$\tau_m, \text{с}$	$10^3 / T_m, \text{K}^{-1}$	$U_0, \text{кДж/моль}$	$\gamma, \text{кДж (моль-хМПа)}$	$\tau, \text{с}$	$\sigma, \text{МПа}$	$T, \text{К}$
ДСП	Сжатие	$10^{-0,95}$	2,72	474	41,8	$10^{1,98}$	9,37	292
ДСП	Поперечный изгиб	$10^{-2,9}$	1,85	213	11,3	$10^{2,98}$	1,25	291
ДВП (мягкое)	Поперечный изгиб	$\frac{10^{1,8}}{10^{-0,5}}$	$\frac{2,5}{2,6}$	$\frac{230}{150}$	$\frac{200}{95}$	$\frac{-}{10^{0,8}}$	$\frac{-}{0,97}$	$\frac{-}{268}$
ДВП (твердое)		$10^9$	3,8	-588	-78	$10^{8,6}$	2,36	-

Образцы из ДВП испытывали только при поперечном изгибе (рис. 2).

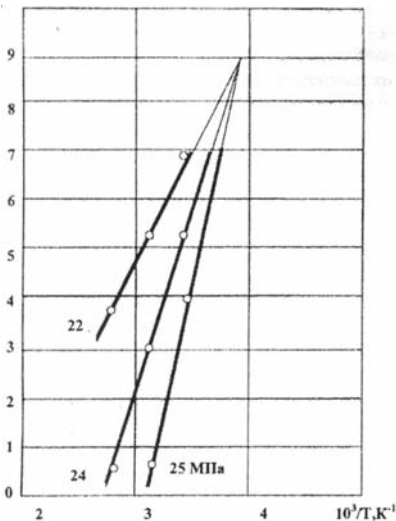


Рис. 2. Зависимость долговечности от обратной температуры для твердого ДВП

Из рисунка видно, что для твердых ДВП они имеют вид обратного пучка. Для их описания в [3] предложено эмпирическое уравнение:

$$\tau = \tau_m^* \exp [(U_0^* - \gamma \sigma) / RT (T_m^* / T - 1)] \tag{4}$$

где  $U_0^*, \gamma, T_m^*$  и  $\tau_m^*$  – эмпирические константы.

По аналогии с уравнениями (1)–(3) для оценки работоспособности в твердом ДВП из уравнения (4) получили выражения для длительной прочности:

$$\sigma = 1/\gamma [U_m^* - 2,3 \text{ КТ} / (T_m^* / T - 1) \lg \tau / (\tau_m^*)] \tag{5}$$

и термостойкости:

$$1/T = 1/(2T_m^*) [\sqrt{(2,3R / (U_m^* - \gamma \sigma)) \lg \tau / (\tau_m^*)} - 1] \tag{6}$$

В координатах  $\lg \tau - \sigma$  на прямых наблюдается излом, а в координатах  $\lg \tau - 10^3/T$  прямые сходятся в два пучка [6].

При малых напряжениях определяющим является послойное разрушение отдельных фрагментов плиты, а при больших она работает монолитно. Это подтверждается визуально после разрушения образцов, а также величинами физических констант. Действительно при послойном разрушении  $U_0$  близка величине фенолоформальдегидной смолы, тогда как при монолитном разрушении она равна максимальной энергии активации целлюлозы. Значения остальных констант также подтверждают изменение механизма разрушения мягкой ДВП при определенных граничных напряжениях.

По уравнениям (1)–(3) и (4)–(6) при заданных параметрах эксплуатации можно рассчитать границы работоспособности древесных плит (таблица 1).

Выводы

Закономерности времени разрушения древесных плит при поперечном изгибе и сжатии в широком диапазоне заданных постоянных напряжений и температур описываются семейством веерообразных прямых, т.е. подчиняются кинетической концепции прочности.

Экспериментально и теоретически установлен различный механизм разрушения при изгибе и сжатии древесностружечной плиты, что отражается на величинах физических констант, определяющих работоспособность материала. При изгибе происходит равномерное разрушение по сечению образца, при сжатии образец сплющивается до определенной толщины, а затем резко разрушается на фрагменты.

При разрушении изгибом твердых древесноволокнистых плит происходит перестройка структуры, что отражается на виде экспериментальных зависимостей (получается обратный пучок) для мягкой ДВП, в исследованном диапазоне нагрузок и температур происходит изменение характера разрушения, что проявляется в изменении физических констант.

Полученные аналитические зависимости и величины входящих в них констант позволяют прогнозировать прочность, долговечность и термостойкость древесных плит при заданных параметрах эксплуатации.

Література:

1. Регель В.Р., Слущер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел.- М., 1979.- 560 с.  
2. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмас.Как прогнозировать работоспособность.- М.: Химия, 1992.- 320 с..  
3. Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях.: Автореф.дис. д-ра техн.наук.- Воронеж, 1998.- 42 с.  
4. Леденев В.В. Испытания полимерных материалов в конструкциях и изделиях.Учебное пособие/ЛГТУ.- Тамбов, 1995.- 150 с.  
5. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных материалов. Учебное пособие. Воля. Киев., 2006.- 180 с.  
6. Лазутин Д.В. Определение работоспособности древесноволокнистых плит. Тезисы докладов научн.конф.- Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2000.- с. 220.  
7. Чернявский В.Л. Адаптация биотических систем. Бетон и железобетон: монография.- Д. Изд-во Днепропетровского национального университета ж/д транспорта им. ак. В.Лазаряна.- 2008.- С. 86.