

Прогнозирование долговечность композиционных материалов на основе древесины

СЕРГЕЙ КУЛЬМАН

Научно - производственная фирма «Компания ИНТЕРДИЗАЙН», Украина

Abstract: : Crosstalk effect of thermal expansion and the effect of thermoelasticity in the external power and thermal loads leads to dissipation of the system free internal energy, and in full accordance with Le Chatelier's principle to its spending to overcome the external thermal and mechanical effects. Nonlinear dynamic model of deformation and fracture of composite materials based on wood adequately describes the stress-rupture life and can form the basis of durability prediction methodology.

Keywords: Composite materials, nonlinear dynamics, durability, oscillator, attractor, autooscillations

Исследования долговечности ламинированных древесно-стружечных плит в конструкциях мебели, проведенные на основе кинетической теории прочности, позволили решить задачу уменьшения материалоемкости мебельных изделий, путем оценки их долговечности, а также предложить алгоритм решения задачи выбора оптимальной мебельной конструкции [1].

В основе кинетического подхода лежит представление о разрушении как о термоактивационном процессе, в котором решающая роль принадлежит тепловому движению атомов твердого тела. Однако, хотя формулы, описывающие кинетику разрушения формально и отражают роль теплового движения в прочности, в них в явном виде не присутствуют такие фундаментальные характеристики теплового движения как теплоемкость (гармонические колебания), тепловое расширение (ангармонические колебания) и параметр Грюнайзена (степень ангармоничности тепловых колебаний при внешнем воздействии) [2].

В работе [3] были исследованы кинетика, а так же влияние нелинейных эффектов взаимодействия внутренних факторов на длительную прочность. Было выявлено, что именно присутствие перекрестных эффектов при деформировании приводит к накоплению локальных разрушений, и в конечном итоге к глобальному разрушению.

Исследование динамики взаимодействия температуры и внутренних напряжений показало [4], что именно отставание изменения локальной температуры в зоне разрушения от изменения локальных внутренних напряжений в этой зоне, приводит к периодическому производству энтропии с в конечном итоге к разрушению.

Поэтому, естественно предположить, что и скорости изменений параметров, определяющих состояние тела в данный момент времени, так же зависят от этих параметров.

Исходя из выявленных феноменологических соотношений, была постулирована динамическая модель деформирования и разрушения композиционных материалов на основе древесины, в виде системы взаимосвязанных дифференциальных уравнений [5]:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \alpha(T - T_0)\sigma - \frac{1}{2}(\sigma - \sigma_0)\varepsilon \\ \frac{d\sigma}{dt} = (\varepsilon - \varepsilon_0)E + \alpha(T - T_0)E - \delta \\ \frac{d\varepsilon}{dt} = \alpha(T - T_0) - (\sigma - \sigma_0)/E \end{cases} \quad (1)$$

Цель исследования - обоснование возможности использования динамической модели деформирования в качестве основы методики прогнозирования долговечности композиционных материалов на основе древесины.

Методика исследования базировалась на сравнительном анализе результатов машинного и натурального экспериментов.

Результаты исследования. В качестве объекта исследования были приняты образцы ламинированного ДСП производства ТОВ «Кроно-Украина». Заводские характеристики: модуль упругости $E = 2600$ МПа, предел прочности при изгибе $[\sigma] = 14$ МПа, плотность 700 кг/м³, $\alpha = 0.00005$ K⁻¹. При начальных условиях: $t = t_0$; $T_0 = 300$ K; $\sigma_0 = 10$ МПа; $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E}$. Отклонение от начальных условий в момент запуска системы учитывает микроскопическая флуктуационная поправка, $\delta = 0,001$ МПа в начальный момент времени, которая постепенно затухает практически до нуля по истечении 100 условных единиц времени (Рис.1)

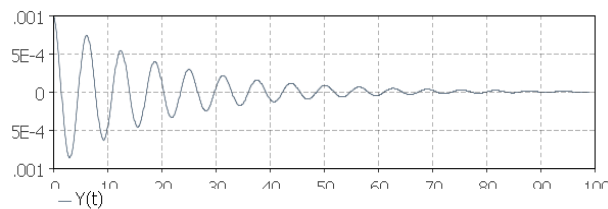


Рис. 1. Изменение флуктуационной поправки $\delta = Y(t)$ в течение первых 100 единиц условного времени.

Решение системы ОДУ (1) методом Рунге-Кутты четвертого порядка представлено в виде фазовых траекторий в режиме непрерывного времени на ниже приведенных рисунках, что позволяет проследить эволюцию системы.

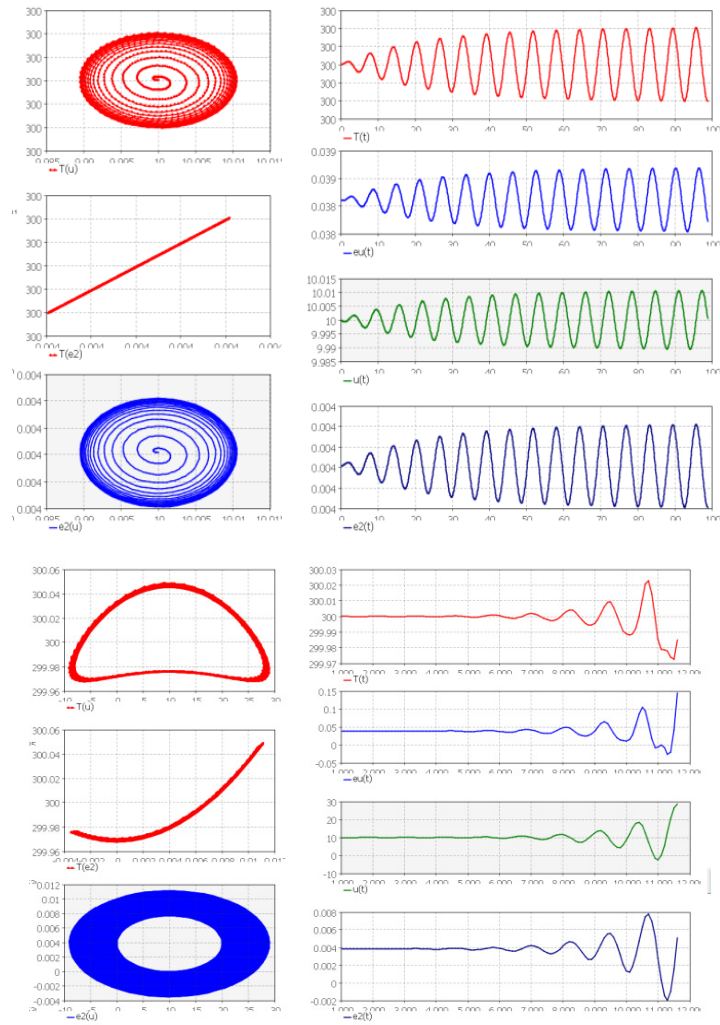


Рис. 2. Поведение модели в первые 100 и в следующую 1000 ед. условного времени (u – напряжение; $e2$ – деформация; T – температура; eu – работа деформации; фазовые диаграммы зависимости деформации $e2(u)$ и локальной температуры $T(u)$ в зоне локальной деформации от напряжения u)

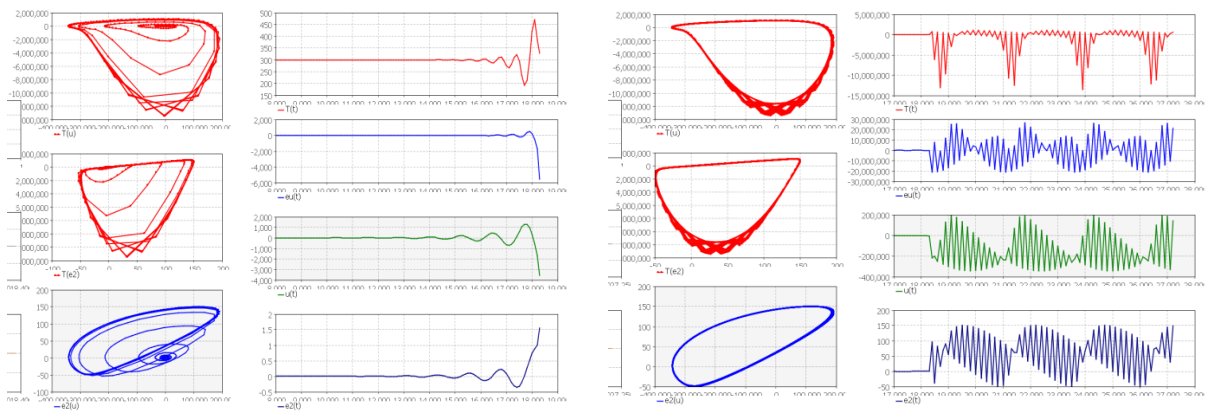


Рис. 3. Поведение модели в момент бифуркации и переход в область релаксационных автоколебаний, аттрактора

Внутренние локальные напряжения динамической системы постепенно увеличиваются, и в момент достижения предела прочности материала, система очевидно, должна считаться разрушенной (Рис. 2). Враховуючи той факт, що модель описує еволюцію системи під час деформування у режимі безперервного часу, використовуємо її для прогнозування моменту під час яких локальні внутрішні напруження досягнуть межі міцності. Тобто визначимо час до руйнування, або довговічність матеріалу.

В качестве результатов натурального эксперимента использовались данные, полученные при исследовании долговечности ламинированных ДСП при плоском и объемном напряженном состояниях [1]. Сравнение результатов машинного и натурального экспериментов показаны на Рис. 4.

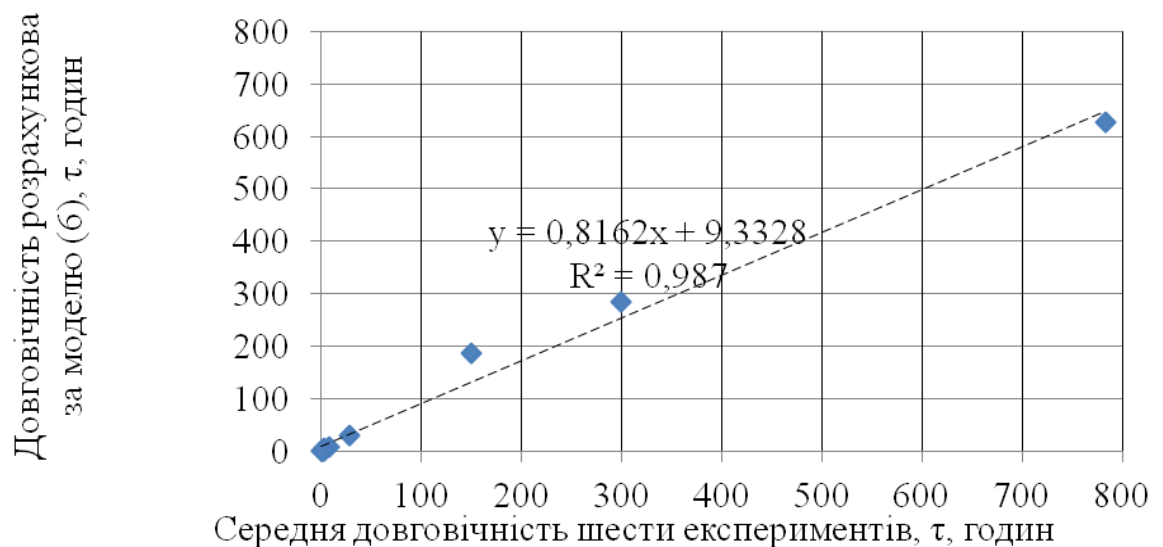


Рис. 4. Сравнение экспериментальной долговечности $\tau_{\text{експ}}$ с ее расчетным значением $\tau_{\text{розн}}$

Выводы. Предложенная динамическая модель адекватно описывает длительную прочность композиционных материалов на основе древесины и может быть положена в основу методики прогнозирования долговечности.

REFERENCES:

1. Бойко Л.М. Довговічність личкованих стружкових плит у конструкціях меблів [Монографія]/ Л.М. Бойко, І.Г. Грабар, С.М. Кульман. – К.: Освіта України, 2013.- 210 с.
2. Петров В.А. Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов. / В.А. Петров, А.Я. Башкарев, В.И. Веттергенъ. – СПб.: Политехникак, 1993. – 475 с.
3. Кульман С.М. Кінетика тривалої міцності композиційних матеріалів на основі деревини / С.М. Кульман // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до VI науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 196 – 206.

4. Кульман С.М. Нелінійні ефекти деформування і руйнування композиційних матеріалів на основі деревини / Кульман С.М. // Науковий вісник НУБіП України / Серія "Лісівництво та декоративне садівництво. – 2011. – Вип. 164, ч. 1. – С. 250 – 255.
5. Кульман С.М. Нелінійна динамічна модель деформування та руйнування композиційних матеріалів на основі деревини / Кульман С.М. // Науковий вісник НУБіП України / Серія "Лісівництво та декоративне садівництво. – 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 312 – 319.

Streszczenie : *Prognoza trwałości materiałów kompozytowych na bazie drewna.* Przenikanie rozszerzalności termicznej i efekt termo elastyczności źródła i obciążeń termicznych prowadzi do rozproszenia wolnej energii w układzie i zgodnie z zasadą Le Chatelier's rozprasza się w zewnętrznych efektach cieplnych i mechanicznych. Nieliniowy model deformacji i pęknięcia w materiałach kompozytowych opartych na drewnie opisuje czas naprężeń i pęknięcia i może posłużyć do stworzenia metodyki przewidywania trwałości.

Corresponding author:

Sergey Kulman
Interdesign comp.
Kievskaya str. 77
10001, Zhitomir, Ukraine
interdesign@ukr.net
+38 098 4971934