

С.М. Кульман, к.т.н., дир.
ПП «Компанія Інтердизайн»

Л.М. Бойко, аспір.
Житомирський державний технологічний університет

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТИМЧАСОВОГО РЯДУ КРИВОЇ ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ КУТОВОГО З'ЄДНАННЯ КОРПУСНИХ МЕБЛІВ (КЗКМ)

В статті проведено дослідження та моделювання за допомогою фрактального аналізу закономірності руйнування та деформування кутового з'єднання корпусних меблів (КЗКМ), виготовленого з ламінованої деревостружкової плити (ЛДСП). Визначено показник Херста та виявлено фрактальну залежність механізму руйнування зразків з ЛДСП на згин.

Вступ. Відомо [5], що багато експериментальних даних володіють фрактальною статистикою, моделювання яких, можуть бути проведені за допомогою фрактального аналізу. Одним з найперспективніших напрямів фрактального аналізу є вивчення динаміки в часі такої характеристики, як фрактальна розмірність D .

Існують різні способи визначення фрактальної розмірності. До таких відноситься R/S -спосіб, на підставі якого визначається показник Херста [5]. Цей спосіб містить мінімальні припущення про систему, що вивчається і може класифікувати тимчасові ряди. Він може відрізнити випадковий ряд від невідповідного, навіть якщо випадковий ряд є не гауссовським (тобто, не нормально розподілений).

Для порівняння різних типів тимчасових рядів, Херст ввів наступне співвідношення:

$$R/S = (a \cdot N)^H, \quad (1)$$

де R/S – нормований розмах від накопиченого середнього, N – кількість спостережень, a – деяка константа, H – показник Херста.

Існує три різні класифікації для показника Херста:

1) $H = 0,5$. Цей показник вказує на випадковий ряд. Події випадкові і не кориговані. Сьогодні не впливає на майбутнє. Функція щільності, вірогідності може бути нормальною кривою, але це не обов'язкова умова.

2) $0 \leq H < 0,5$. Цей період відповідає антиперсистентним рядам. Такий тип системи часто називають «повернення до середнього». Якщо система демонструє «зростання» в попередній період то, швидше за все, в наступному періоді почнеться «спад». І навпаки, якщо відбувся спад зниження, то вірогідне близько «зростання». Стійкість такої антиперсистентної поведінки залежить від того, наскільки H близько до нуля. Такий ряд мінливіший, ніж ряд випадковий, оскільки складається з частих реверсів «спад–зростання».

3) $0,5 < H < 1,0$. Це персистентні або трендостійкі ряди. Якщо ряд зростає в попередній період то, ймовірно, що він зберігатиме цю тенденцію якийсь час в майбутньому. Чим ближче H до 0,5, тим більше ряд має шум і тим менш виражений його тренд. Персистентний ряд – це узагальнений броунівський рух, або зміщені випадкові блукання. Сила цього зсуву залежить від того, наскільки H більше 0,5.

Метою даної статті є дослідження та моделювання за допомогою фрактального аналізу закономірності руйнування та деформування ЛДСП та те, як впливають зовнішні чинники КЗКМ. Зокрема, для того, щоб проводити діагностування і передбачити нестабільний стан меблевих конструкцій на підставі критичного значення фрактальної розмірності тимчасового ряду кривої тривалої міцності, при наближенні до якого ЛДСП втрачає стійкість і переходить в нестабільний стан.

Основна частина. Для доказу цієї гіпотези щодо фрактальності механізму деформації і руйнування КЗКМ був застосований метод Херста і визначено значення фрактальної розмірності тимчасового ряду параметра порядку δ_t [6].

Під час дослідження будемо розглядати у вигляді тимчасового ряду величину деформації ε_i у момент часу t_i . У нашому випадку, ми проводили дослідження як усього часового інтервалу кривої повзучості (тривалої міцності), так і декілька характерних для цієї кривої дискретних тимчасових рядів. Крім того, можна враховувати, що майже всі процеси, що можуть бути пов'язані з накопиченням пошкоджень, якісно-подібні до процесу повзучості [7].

Розглянемо графік залежності величини абсолютної деформації при випробуванні зразка 21.04.07.03.05 з ламінованою ДСП 700 кг/м³ на згин, при напруженні 13,25 МПа і температурі 20 °С, який наведено на рисунку 1.

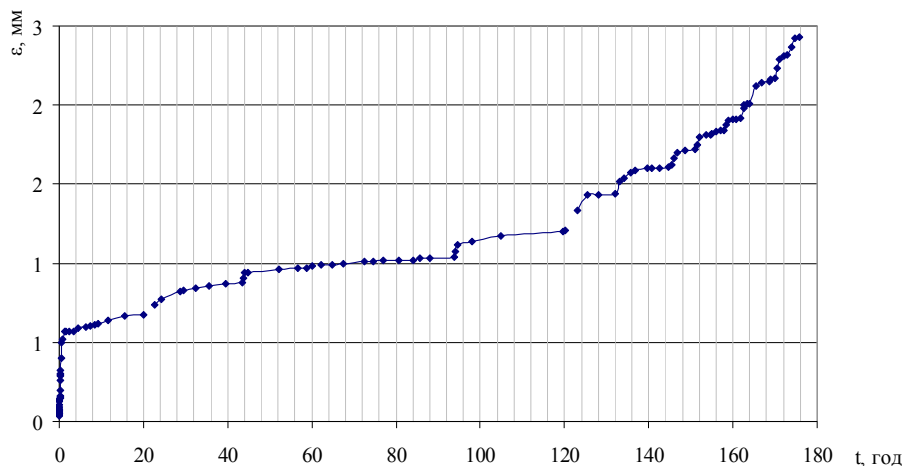


Рис.1. Графік залежності величини абсолютної деформації ε (параметра порядку δ_t) зразка 21.04.07.03.05

На рисунку 2 і 3 наведено $(R/S-N_t)$ – залежність показників Херста для тимчасового ряду зображеного на рисунку 1, що побудовані в логарифмічних координатах.

Де R і S – відповідно кумулятивні і стандартні відхилення від середнього значення в заданій підвибірці із N_t подій, що реалізуються на тимчасовому інтервалі. Показник Херста H визначався через тангенс нахилу прямої, що отримана в результаті апроксимації точок прямої методом лінійної регресії.

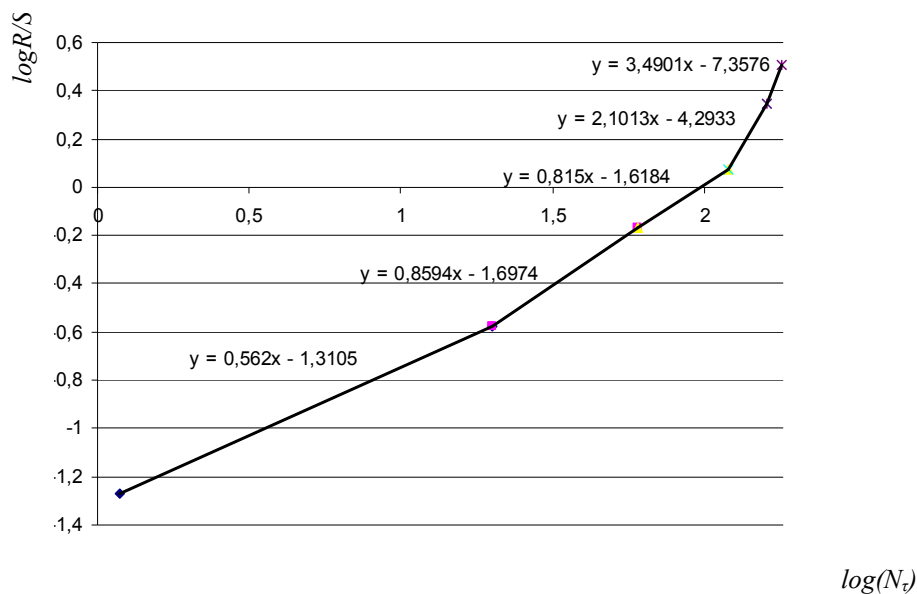


Рис. 2. Зміна показника Херста H для різних ділянок тимчасового ряду, що наведено на рисунку 1

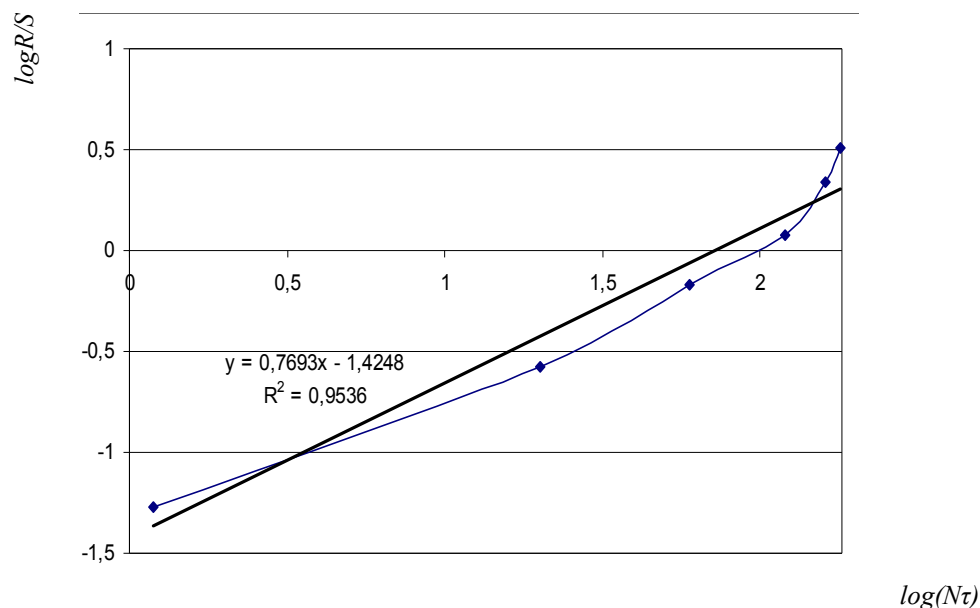


Рис. 3. Середня фрактальна розмірність тимчасового ряду величин приростів параметра порядку $\Delta\delta = \delta_{t+1} - \delta_t$ в часі, t

У результаті дослідження тимчасового ряду було виявлено, що показник Херста для вибірки $0 < \tau < \tau_d$ (де τ_d – час до руйнування) більший, ніж 0,5 і рівний $H = 0,77 \pm 0,02$.

Для вибірки $0 < \tau < \tau_1$, де τ_1 – час початкової ділянки кривої деформації, до моменту сталої повзучості, показник Херста рівний $H = 0,45 \pm 0,02$. Для вибірки $\tau_1 < \tau < \tau_2$, де τ_2 – точка перегину кривої повзучості, цей показник рівний $H = 0,56 \pm 0,03$. На кінцевій ділянці кривої повзучості (крипа), тобто для вибірки $\tau_3 < \tau < \tau_d$ показник Херста стає більше одиниці і рівний $H = 2,3$.

Таким чином, отримані дані свідчать про те, що в процесі деформації і подальшому руйнуванні, матеріал поводить себе по різному в різні проміжки часу. У початковий період навантаження, до моменту сталої повзучості (тобто області пружних деформацій) $H < 0,5$ і це означає, що процес є антиперсистентним. При подальшому навантаженні процес деформації має значення $H = 0,5$ і його тренд стає все більш персистентним. Наявність фрактальності показує на скерованість подій в часі, тобто вказує на те, що подальші процеси залежать від попередніх («пам'ять»). В середньому, на всій ділянці деформації, аж до руйнування процес деформації в часі є переважно стійким (персистентним) процесом з показником $H_{cp} = 0,77 \pm 0,02$.

Фрактальна розмірність тимчасового ряду пов'язана з величиною показника Херста H співвідношенням [5]: $D = 2 - H$.

Середній показник Херста рівний $H = 0,77 \pm 0,02$ і це означає, що фрактальна розмірність тимчасового ряду рівна $D = 1,23 \pm 0,02$. Відомо, що за величиною фрактальної розмірності тимчасового ряду виділяють три типи поведінки системи [1]. При величині фронтальної розмірності $1,5 < D < 2$ спостерігається антиперсистентність – зміна тенденції (ефект «пам'яті», при цьому система після відхилення повертається в початковий стан частіше, ніж при випадковому процесі). Таким чином, значення $D = 1,23$ вказує на персистентність (стійкість) поведінки системи. В даному дослідженні під системою розглядаємо КЗКМ.

Наявність фрактальності вказує на скерованість подій в часі, тобто наступні події залежать від попередніх («пам'ять»). При цьому, скерованість подій залежить від тимчасового інтервалу. На початкових етапах вона слабка $H = 0,45 \dots 0,56$, а на подальших, після точки перегину кривої повзучості, вона збільшується до $H = 0,85$. На персистентність процесу вказує середня фрактальна розмірність $D = 1,23$. Отже, процес деформації при подальшому руйнуванні має фрактальну кінетику, а процеси, що відбуваються при цьому є скерованими.

Висновки. Часовий ряд зміни деформації в часі є фрактальним. У початковий період навантаження, до моменту сталої повзучості (тобто в області пружних деформацій), показник Херста, має значення $H < 0,5$ і це означає, що процес є антиперсистентним. При подальшому навантаженні процес деформації проходить значення $H = 0,5$ і його тренд стає все більш персистентним. Наявність фрактальності вказує на скерованість подій в часі і вказує на те, що подальші процеси залежать від попередніх. Фрактальна розмірність тимчасового ряду $D = 1,23$ вказує на персистентність (стійкість) поведінки системи.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 52078-2003. Плиты древесно-стружечные, облицованные пленками на основе термореактивных полимеров. Введ. 01.01.2004. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 15 с.
2. ТУ 13-0260215-02-87. Плиты древесностружечные облицованные пленками на основе термореактивных полимеров. Технические условия. Введ. впервые. Введ. 20.08.87. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.
3. ГОСТ 27935-88. Плиты древесноволокнистые и древесностружечные. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 17125-71 и ГОСТ 19229-73. Введ. 01.01.90. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.
4. ГОСТ 10632-89. Плиты древесностружечные. Технические условия. – Взамен ГОСТ 10632-77. Введ. 02.02.89. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
5. *Федер Е.* Фракталы / *Е.Федер.* – М. : Мир, 1991. – 254 с.
6. *Хакен Г.* Синергетика / *Г.Хакен.* – М. : Мир, 1980. – 430 с.
7. *Регель В.Р.* Кинетическая природа прочности твердых тел / *В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский.* – М. : Наука, 1974. – 560 с.

КУЛЬМАН Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, директор ПП «Компанія Інтердизайн».
Наукові інтереси:

- конструювання, дизайн та прогнозування ресурсу виробів з деревини;
- синергетика середовища
- самоорганізація складних систем.

БОЙКО Людмила Миколаївна – аспірантка Житомирського державного технологічного університету, головний конструктор меблів ТОВ «Меркс груп».

Наукові інтереси:

- конструювання, дизайн та прогнозування ресурсу корпусних меблів.

Подано 14.10.2010

Кульман С.М., Бойко Л.М. Фрактальный анализ тимчасового ряду кривої тривалої міцності кутового з'єднання корпусних меблів (КЗКМ)

Кульман С.Н., Бойко Л.Н. Фрактальный анализ временного ряда кривой длительной прочности угловых соединений корпусной мебели (КЗКМ)

Kulman S.N., Wojko L.N. Fractal analysis of temporal row of the crooked protracted durability of angular connection of cabinet-type furniture (KZKM)

УДК 539.4.019.1:684.4

Фрактальный анализ временного ряда кривой длительной прочности угловых соединений корпусной мебели (КЗКМ) / С.Н. Кульман, Л.Н. Бойко

В статье проведено исследование и моделирование при помощи фрактального анализа закономерностей разрушения и деформирования угловых соединений корпусной мебели (КЗКМ) изготовленных из ламинированной древесностружечной плиты (ЛДСП) [1-4]. Определен показатель Херста и обнаружена фрактальная зависимость механизма разрушения образцов из ЛДСП на изгибе.

УДК 539.4.019.1:684.4

Fractal analysis of temporal row of the crooked protracted durability of angular connection of cabinet-type furniture (Kzkm) / S.N. Kulman, L.N. Wojko

In this article research and design through the fractal analysis of conformity to the law of destruction and deformation of angular connection of cabinet-type furniture (KZKM) is conducted made from a laminated chip board (LDSP) [1-4]. Certainly index of Kherst and found out fractal dependence of mechanism of destruction of standards from LDSP on a bend.