

УДК 620:178.3

А.В. Коноплєв

**АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОДНОГО МЕТОДА
УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ**

Проведен анализ одного из методов ускоренного определения предела выносливости, основанного на испытании объектов с возрастающей и убывающей скоростью нагружения.

Показано, что суммарная точность этого метода формируется за счёт систематической и случайной погрешностей, причём систематическая погрешность носит противоречивый характер.

Ключевые слова: ускоренные испытания, предел выносливости, кривая усталости.

Проведено аналіз одного з методів прискореного визначення границі витривалості, заснованого на випробуванні об'єктів із зростаючою і убываючою швидкістю навантаження.

Показано, що сумарна точність цього методу формується за рахунок систематичної і випадкової погрешностей, причому систематична погрешність носить суперечливий характер.

Ключові слова: прискорені випробування, межа витривалості, крива втоми.

Conducted one analysis of methods of speed-up determination of limit of endurance, based on probation of objects with increasing and decreasing speed of lading.

It is rotined that total exactness of this method is formed due to systematic and casual errors, thus a systematic error carries contradictory character.

Keywords: speed-up tests, limit of endurance, curve of fatigue.

Постановка проблемы. Среди методов, основанных на испытаниях двух объектов, метод О.Н. Пелюхно является единственным методом, позволяющим определять предел выносливости только на основе опытной информации [1]. С этой точки зрения он уникален и представляет наибольший интерес при анализе методов данной группы.

Целью работы является проведение анализа точности метода О.Н. Пелюхно с точки зрения его систематической и случайной погрешностей.

Изложение основного материала. Согласно методу первый объект испытывают от начального напряжения σ_{11} при линейно возрастающей нагрузке со скоростью α и фиксируют напряжение, при

котором произошло разрушение – σ_{P1} (рис. 1). Испытание второго объекта проводят при непрерывно убывающей нагрузке с той же скоростью α от начального напряжения, равного разрушающему напряжению первого объекта. Если пренебречь рассеянием свойств объектов и явлением тренировки металла, то второй объект, теоретически, согласно линейной гипотезе накопления повреждений, разрушится при напряжении равном пределу выносливости первого.

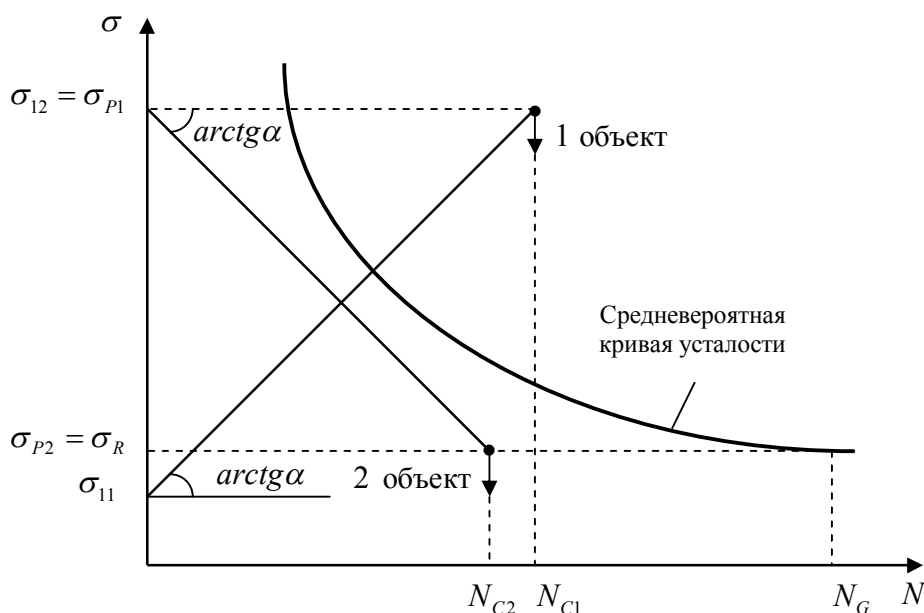


Рис. 1. Схема испытаний объектов при возрастающей и убывающей нагрузке

На схеме приняты следующие обозначения: σ_R – предел выносливости; σ_{P2} – напряжение разрушения второго объекта; N_{C1} и N_{C2} – суммарная долговечность до разрушения соответственно для первого и второго объектов; N_G – долговечность, соответствующая пределу выносливости.

Реально, с учётом рассеяния прочностных свойств объектов, возможны только два варианта: если $\sigma_{R1} > \sigma_{R2}$, то второй объект разрушится при напряжении, превышающем σ_{R1} ; если же окажется, что $\sigma_{R1} < \sigma_{R2}$, этот объект не разрушится. Чтобы результат не был потерян, проводят повторные испытания неразрушившегося объекта, причём при возрастающей нагрузке с той же скоростью α (рис. 2).

Расчетная часть метода основана на использовании линейной гипотезы накопления повреждений и уравнении Вейбулла. Условия разрушения первого и второго объектов имеют вид

$$(\sigma_{P1} - \sigma_R)^{m_W+1} = \alpha(m_W + 1) \cdot 10^{C_W}; \quad (1)$$

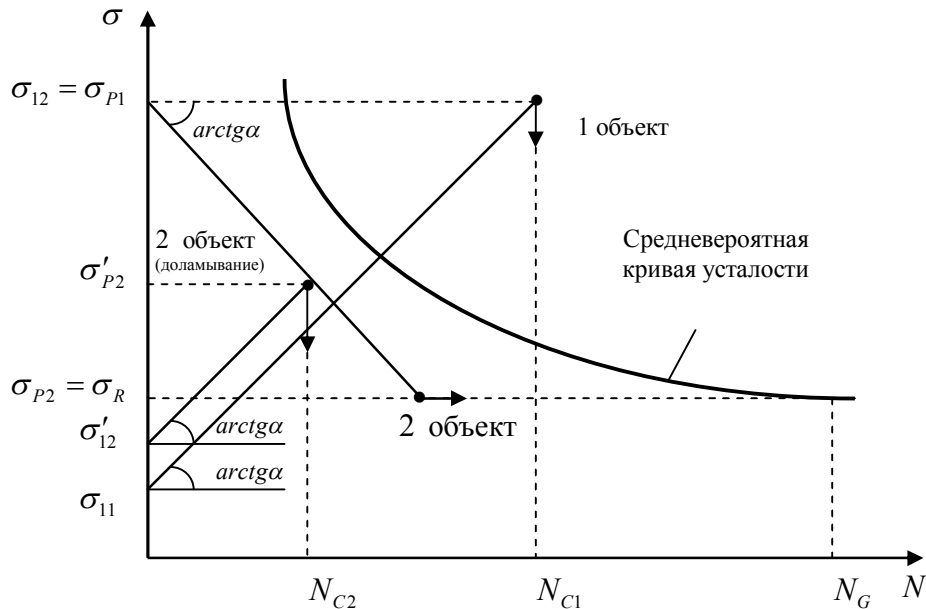


Рис. 2. Схема испытаний с доламыванием второго объекта

$$(\sigma_{P1} - \sigma_R)^{m_W+1} + (\sigma'_{P2} - \sigma_R)^{m_W+1} = \alpha(m_W + 1) \cdot 10^{C_W}. \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2), получим

$$(\sigma'_{P2} - \sigma_R)^{m_W+1} = 0. \quad (3)$$

Откуда $\sigma_R = \sigma'_{P2}$.

Выводы. Методу присущи два существенных недостатка. Во-первых, суммы накопленных усталостных повреждений при возрастающей и убывающей нагрузке могут существенно отличаться [2], и, во-вторых, предел выносливости определяется с систематической ошибкой, заложенной в самой схеме испытаний. Действительно, испытываемый менее прочный объект при убывающей нагрузке от начальных напряжений, при которых разрушился более прочный объект, получим результат,

превышающий предел выносливости более прочного объекта, что противоречит реальности. Для подтверждения этого логического вывода рассмотрим пример, основанный на виртуальном эксперименте. Пусть пределы выносливости двух объектов составляют 200 МПа и 190 МПа. Принимая в уравнениях (1) и (2) $m_w = 1,0$; $C_w = 7,0$ (унифицированная кривая усталости) и $\alpha = 100$ Па/цикл, получим

$$\begin{aligned}\sigma_{12} &= \sigma_{R2} + \sqrt{(\sigma_{P1} - \sigma_{R2})^2 - \alpha(m_w + 1)10^{C_w}} = \\ &= 190 + \sqrt{(244,7 - 190)^2 100 \cdot 10^{-6} (1 + 1) 10^7} = 221,5 \text{ МПа}\end{aligned}$$

Таким образом, относительная ошибка для принятых исходных данных составила 16,6 %, что подтверждает сделанный выше логический вывод.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пелюхно О.Н., Коноплѐв А.В., Греченко П.И. Оценка циклической прочности конструктивных материалов и деталей на основе ускоренных испытаний // Роль молодых конструкторов и исследователей химического машиностроения в реализации целевых комплексных программ, направленных на ускорение научно-технического прогресса в отрасли: Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых исследователей. – Ленинград, 1988. – С. 77-78.
2. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ. Предсказание. Предотвращение. – М.: Мир, 1984. – 624 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2015

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Машинознавство і деталі машин» Одеського національного політехнічного університету **В.В. Іванов**