

О.Г. Осяев, Ю.А. Татурин, А.В. Остапенко

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Обобщение результатов исследований длительной прочности для металлических и композитных элементов несущих конструкций свидетельствует о наличии двух наиболее важных признаков: ползучести и накоплении повреждений материалов этих конструкций.

Накопление повреждений, так же как и ползучесть является термодинамически необратимым процессом. Поэтому для решения задач длительной прочности целесообразно использовать методы термодинамики необратимых процессов. В связи с этим для построения модели разрушения рассмотрим энтропийный критерий длительной прочности.

Энтропийный критерий длительной прочности формулируется следующим образом [1].

Разрушение элементарного объема материала происходит в тот момент времени, к которому в нем накопится некоторое предельное значение плотности энтропии s_* . Тогда, в соответствии с приведенной выше формулировкой критерия, накопленная в процессе силового и теплового нагружения внутри единицы объема материала энтропия Δs в момент разрушения должна удовлетворять соотношению

$$s_0 + \Delta s = s_* . \quad (1)$$

В случае чисто вязкого разрушения, когда в материале реализовано определенное напряженно-деформированное состояние, существует определенное поле температур и процесс является адиабатическим, скорость производства энтропии в фиксированной единице объема обуславливается лишь диссипацией энергии в процессе деформации и предельное соотношение (2.1) примет вид

$$s_0 + \int_0^{t_*} \frac{W(t)}{T(t)} dt = s_* , \quad (2)$$

где $W(t)$ – скорость диссипации энергии, или функция рассеивания;

t_* – время до разрушения.

Таким образом, использование энтропийного критерия длительной прочности при вязком разрушении предполагает знание функции рассеивания $W(t)$, зависящей от принятой реологической модели материала.

Так, например, для линейно вязкоупругих изотропных материалов при одноосном напряженном состоянии имеем следующие выражения для функции рассеивания:

модель Фойгта

$$W = \eta \dot{\epsilon}^2 , \quad (3)$$

модель Максвелла

$$W = \frac{1}{\eta} \sigma^2 , \quad (4)$$

где η – коэффициент вязкости.

В качестве накопленной поврежденности рассмотрим относительное изменение долговечности конструкций под нагрузкой

$$D(t) = t_i / \tau_i^* , \quad (5)$$

где t_i - время действия напряжений;

τ_i^* - соответствующая долговечность.

С учетом влияния температуры и напряжения на время до разрушения выражение (2.5) в интегродифференциальной форме имеет вид [1]

$$D(t) = \int_0^{\tau^*} \frac{dt}{\tau^* [\sigma(t); T(t)]} = 1. \quad (6)$$

Определение теплового $T(t)$ и напряженно-деформированного $\sigma(t)$ состояния в выражении (2.6) определяется с использованием моделей [2].

Приближенные оценки с учетом нелинейности процесса накопления повреждений могут быть выполнены с помощью соотношения [3]:

$$D(t) = \int_0^{\tau^*} (t^* - \tau)^n d\varepsilon / \varphi[\sigma(\tau)] = 1, \quad (7)$$

где n – константа, зависящая от свойств материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольденблат И.И., Бажанов В.Л., Копнов В.А. Длительная прочность в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1977. – 248 с.
2. Осяев О.Г., Остапенко А.В., Паталашко С.В. Оценка технического состояния несущих конструкций с учетом факторов длительной эксплуатации // Сб. науч. труд. РИС ЮРГУЭС Вып. 4. Ч.2. – Ростов н/Д, 2005. – С. 217-221.
3. Москвитин В.В. Соппротивление вязкоупругих материалов. – М.: Наука, 1972. – 214 с.

О.Г. Осяев, Ю.А. Татурин, А.В. Остапенко

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Одной из основных проблем эксплуатации объектов повышенной опасности является оценка прочностной надежности силовых конструкций таких объектов. Примерами могут служить сосуды, эксплуатируемые при избыточном внутреннем или внешнем давлении, объекты ракетно-космической и авиационной техники, судостроения, атомной энергетики и другие. Технический уровень безопасности указанных объектов определяется, прежде всего, прочностной надежностью несущих механических конструкций. Уровень безопасности может быть определен как вероятность безотказной работы и означать, что при эксплуатации конструкции не достигается предельного состояния по деформациям и напряжениям, не происходит нарушений сварных, адгезионных и других швов, мест склейки, скрепления и изменения формы изделия, приводящих к отказу и другим признакам разрушения или потери работоспособности силовой конструкции [1-3]. Вероятность отказа конструкции можно определить как функцию времени следующим образом [1]:

$$R(\tau \leq t) = F(t), \quad t > 0, \quad (1)$$

где τ – случайная величина, обозначающая наработку на отказ;

$F(t)$ – вероятность выхода системы из строя к моменту времени t .

Вероятность безотказной работы конструкции можно записать в виде

$$P(\tau > t) = 1 - F(t), \quad (2)$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы (ВБР).