

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ И РЕСУРСА ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ

Коростылёв А.В., Сергеев А.Д., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии

Характерной особенностью работы рассматриваемого оборудования является нестационарность силового и температурного воздействия, связанная с условиями эксплуатации. Повышенные рабочие температуры вызывают деформации ползучести.

Трубчатый элемент рассматриваем как цилиндрическую оболочку, нагруженную внутренним давлением и осевым усилием при температурном воздействии. Математическую модель неизотермического вязкоупругого деформирования изделия строим на основе теории нестационарной ползучести [1].

При построении математической модели кинетики процесса вязкоупругого деформирования вводим временной параметр τ , определяющий развитие процесса нагружения изделия. Полагаем, что программа нагружения задана. Определены также начальные физико-механические характеристики конструкционного материала и начальное состояние конструкции. Программу нагружения разбиваем на ряд этапов, расчет которых выполняем последовательно.

Технические условия эксплуатации рассматриваемого оборудования обуславливают вероятностный характер температурного воздействия. Для расчёта ресурса трубчатых элементов необходим учёт температуры стенки трубы T как случайной величины. В этом случае интенсивность скорости деформаций ползучести v_i^c также является случайной величиной, плотность распределения которой определяется функцией

$$v_i^c = \varphi(T) \quad (1)$$

Принимаем, что случайная величина T распределена в интервале $T_0 - \Delta T_1 < T < T_0 + \Delta T_2$ по нормальному закону. При заданном значении \tilde{F} функции распределения $F(T)$ методом последовательных приближений находим величину интенсивности скорости деформаций ползучести \tilde{v}_i^c , соответствующую значению \tilde{T} .

В результате численного анализа находим значения параметров состояния изделия во всех узловых точках процесса нагружения на заданном интервале изменения временного параметра τ , получая, таким образом, полное описание кинетики неизотермического вязкоупругого деформирования конструкции как случайного процесса с заданной вероятностью безотказной работы \tilde{P} .

Реализация разработанного метода осуществлена в виде программного обеспечения. Программный комплекс «LifeTube» имеет модульную структуру, функционирует в операционных системах Windows 2000/XP. Позволяет выполнять численный анализ надёжности и ресурса трубчатых элементов высокотемпературного оборудования.

Приведены результаты численного исследования надёжности и ресурса трубчатых элементов печей конверсии метана при различных режимах нагружения для заданных значений вероятности безотказной работы.

1. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. – М., "Машиностроение". 1975. 455 с., ил.