

Влияние ползучести на прочность элементов паровой турбины

И.А.Пальков, С.А Пальков

АО «Турбоатом», Харьков, Украина

Аннотация. В работе представлена методика обработки и аппроксимации имеющихся в литературе экспериментальных кривых ползучести. Приведены результаты аппроксимации для сталей в соединении. Излагаются результаты исследования напряженно-деформированного состояния и анализа контактного взаимодействия элементов паровой турбины при ползучести. При этом использовались стандартные комплексы на основе МКЭ, задача решалась в трехмерной постановке. Осуществлен анализ перераспределения напряжений в зоне разрушения, возникающих при взаимодействии элементов с течением времени.

Получена картина распределения напряжений и деформаций, указывающая на целесообразность решения задачи с учетом влияния деформаций ползучести. Анализ контактных давлений позволил качественно оценить степень нагрузки, приходящуюся на опорные площадки и объяснить образование трещин в рассматриваемом узле.

Ключевые слова: паровая турбина; прочность; деформации ползучести

При длительном нагружении деталей турбин, эксплуатация которых протекает при повышенных температурах, возникают необратимые деформации, в результате чего напряжения могут изменяться во времени. Это явление изменения во времени деформаций и напряжений, возникающих при нагружении, называют ползучестью.

В практике эксплуатации турбомашин известно много случаев, когда за счет ползучести деформации деталей достигали таких величин, при которых нарушались условия нормальной эксплуатации агрегатов [1].

Решение задач ползучести связано с большими трудностями в сравнении с анализом упругопластического поведения, поскольку определяющие уравнения ползучести являются обычно более сложными.

О сложности аналитического описания характеристик ползучести можно судить по классическому графическому изображению изменения деформации ползучести с течением времени t (рис. 1), полученному по результатам испытаний в условиях постоянного напряжения σ и температуры T .

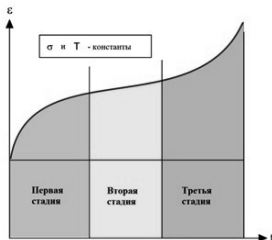


Рис. 1 – Характерный вид кривой ползучести

В большинстве программных комплексов, основанных на МКЭ, представлена возможность моделирования первых двух стадий ползучести (первичная и вторичная). Третья стадия обычно не подвергается расчету, поскольку подразумевает приближение разрушения.

В данной работе в качестве модели для описания явлений ползучести выбрана модифицированная временная модель с упрочнением.

$$\varepsilon_{cr} = f(t, \sigma, T, C_1, C_2, C_3, C_4),$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 - коэффициенты.

Модифицированная временная модель ползучести с упрочнением принадлежит к методам неявной ползучести и характеризуется устойчивостью, точностью и быстротой решения.

Суть метода состоит в нахождении таких значений x (в данном случае коэффициентов C_1, C_2, C_3, C_4), при которых минимизируется сумма квадратов отклонений ε_i

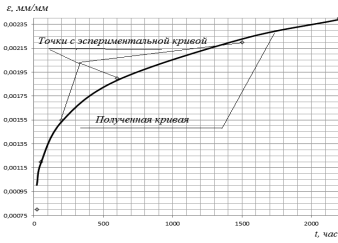


Рис. 2 – Аппроксимация экспериментальных кривых для стали 20X3MВФ при температуре 500 °С

$$\sum_i e_i^2 = \sum_i (y_i - f_i(C_1, C_2, C_3, C_4))^2 \rightarrow \min_{C_1, C_2, C_3, C_4}, i = 1 \dots n$$

где n – количество точек на экспериментальной кривой.

На рис. 2 представлены результаты аппроксимации для стали 20X3MВФ.

На рис. 3 – 4 излагаются результаты исследования напряженно-деформированного состояния и анализа контактного взаимодействия элементов паровой турбины при ползучести.

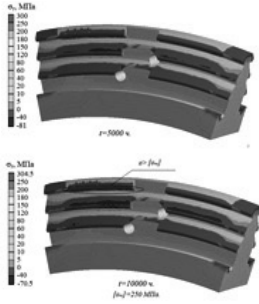


Рис. 3 – Изменение радиальных напряжений при ползучести в конструкции грибка диска 1-й ст. РСД т. К-500-240

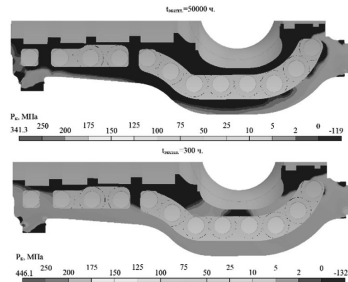


Рис. 4 – Изменение контактных давлений при ползучести в фланцевом соединении внутреннего корпуса

Вплив повзучості на міцність елементів парової турбіни І.А. Пальков, С.А Пальков

Анотація. У роботі представлена методика обробки та апроксимації наявних в літературі експериментальних кривих повзучості. Наведено результати апроксимації для сталей в з'єднанні. Викладаються результати дослідження напружено-деформованого стану та аналізу контактної взаємодії елементів парової турбіни при повзучості. При цьому використовувалися стандартні комплекси на основі МСЕ, завдання вирівнювалося в тривимірній постановці. Здійснено аналіз перерозподілу напружень в зоні руйнування, що виникають при взаємодії елементів з плином часу.

Отримано картина розподілу напружень і деформацій, яка вказує на доцільність рішення задачі з урахуванням впливу деформацій повзучості. Аналіз контактних тисків дозволив якісно оцінити ступінь навантаження, що припадає на опорні майданчики і пояснити утворення тріщин в розглянутому вузлі.

Ключові слова: парова турбіна; міцність; деформації повзучості

Литература

1. Методические указания по расследованию причин повреждений деталей роторов паровых турбин электростанций: РД 153-34.1-17.424-2001. – М.: ОАО "ВТИ", 2002. – 82 с.