

ОЦЕНКА РЕСУРСА ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ С УЧЁТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКОГО И ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

© 2018 И.Х. Бадамшин

Уфимский государственный авиационный технический университет

THE TURBINE BLADES LIFE'S EVALUATION WITH CONSIDERING STATIC AND THERMAL CYCLER LOADING INTERACTIONS

Badamshin I.Kh. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

For new materials, information on the elasticity and strength characteristics necessary for calculating the stress-strain state of the turbine blades is limited. In these conditions, there is a need for theoretical and semi empirical methods for calculating the elastic, strength and creep characteristics. The proposed theoretical methods based on forces of interatomic interaction calculation. The classical methods based on the hypothesis of continuity do not allow calculating the material strength and thermo physical properties.

Вводная часть

«Известно, что длительная прочность, полученная при повторных испытаниях, оказывается ниже, чем прочность, соответствующая непрерывным испытаниям. Если провести серию опытов с повторным нагружением, то можно определить коэффициент чувствительности к повторным испытаниям, как отношение предела длительной прочности, полученного при повторных нагружениях, к обычному значению длительную прочности $k_z = (\sigma_{\tau}^t)_z / \sigma_{\tau}^t$.

Из сравнения испытаний, отличающихся продолжительностью этапа - 1 и 5 часов - следует, что значение k_z , подсчитанные для одинакового числа циклов, имеют одни и те же значения, то есть не зависят от продолжительности этапов и являются функциями числа циклов» [1].

Сложностью данного подхода является необходимость проведения дорогостоящих и трудоёмких экспериментов. Поэтому возникает задача расчётной оценки ресурса лопатки турбины с учётом взаимодействия статического и термоциклического нагружения.

Задача решается на примере модельной лопатки турбины из жаропрочного сплава.

Исходные предпосылки

«Исследованиями в области физики твёрдого тела показано, что в основе прочности твёрдых тел лежит равновесие межатомных сил притяжения и отталкивания между зарядами кристаллической решётки.

Применение этого фундаментального свойства материалов позволяет развить ме-

тоды расчёта на прочность конструкций и перейти в модели поведения материалов от гипотезы сплошности среды к учёту сил межатомного взаимодействия на уровне элементарной атомной ячейки. Такой подход открывает возможность теоретически рассчитывать прочностные, упругие и теплофизические характеристики элементов конструкций, в которые входят: модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел упругости, предел текучести, коэффициент теплового расширения, коэффициент теплопроводности, плотность, являющиеся исходными данными в расчёте напряжённо-деформированного состояния деталей» [2].

Для оценки действующих напряжений необходимо иметь температурные зависимости свойств материала, которые определяются по методам, изложенным в работах [2]. Используются следующие *допущения*.

1. Суммарная повреждаемость Π_{Σ} лопатки складывается из следующих составляющих: статическая повреждаемость Π_{τ} на стационарных режимах и циклическая повреждаемость Π_N на переменных режимах. Тогда $\Pi_{\Sigma} = \Pi_{\tau} + \Pi_N$.

2. Критерием предельного состояния рабочей лопатки является результирующая деформация ползучести на стационарном и переменном режимах работы двигателя.

Результаты расчёта

Основой расчёта является диаграммы ползучести, полученные по методу [2].

В результате расчёта получены следующие *местные* деформации ползучести

при $M = 0$, $H = 0$ (табл.1):

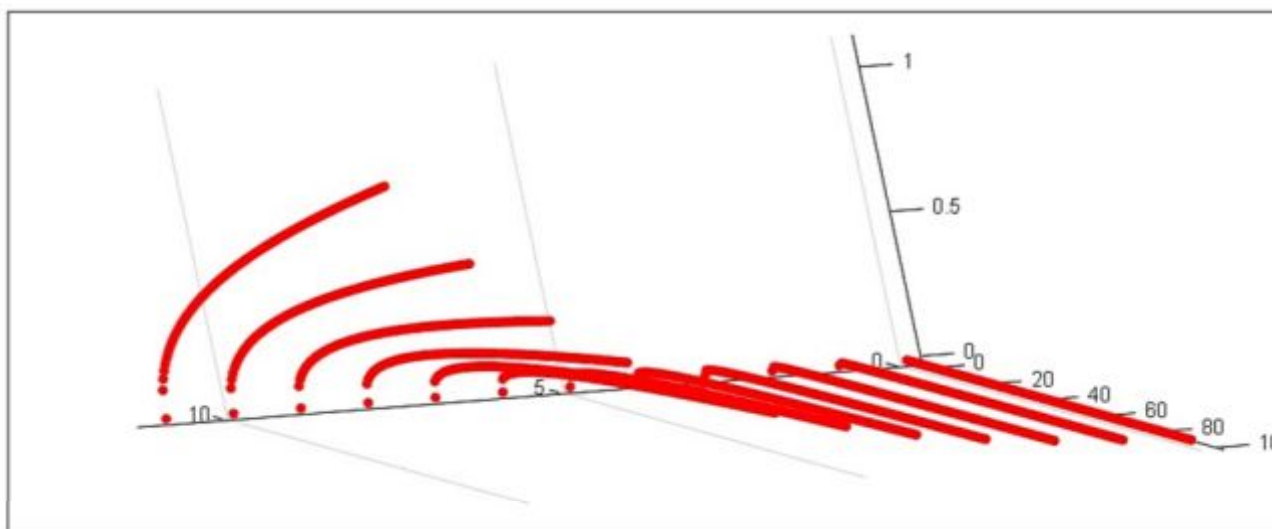


Рис.1 Пример диаграммы ползучести

Таблица 1 - *Местные* деформации ползучести при $M = 0$, $H = 0$

Наименование режима	Деформация ползучести, % на режиме		
	стационарный, «взлётный»	циклический, «малый газ-взлётный»	суммарная
типовой	0,577	0,168	0,745
с подогревом	0,689	0,056	0,745

Примечание. В табл.1 приведены значения *местных* деформаций. При этом значение макродеформации лопатки может и не превышать 0,2 %.

Из результатов расчёта видно, что деформация ползучести на переходном режиме уменьшилась за счёт подогрева с 0,168 % до 0,056%. При постоянной суммарной деформации ползучести может быть увеличена стационарная деформация с 0,577 % до 0,689 %. В пересчёте на наработку это означает повышение ресурса на стационарном режиме.

Таким образом, за счёт подогрева лопатки турбины её ресурс на режиме «взлёт-

ный» можно увеличить примерно в полтора раза.

Подогрев элементов турбины реализуется способом, приведённым в работе [3].

Библиографический список

1. Кузнецов Н.Д., Цейтлин В.И. Эквивалентные испытания газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
2. Бадамшин И.Х. От четырёх к одному. Силы внутриатомного взаимодействия и прочность материалов: монография. – 2-е изд., перераб. и доп. / Бадамшин И. Х. – М.: Издательский дом Академии естествознания, 2016. – 134 с.
3. Способ повышения ресурса ГТД по числу запусков.