

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ ПРИ РАСЧЕТАХ НА ПРОЧНОСТЬ ОХЛАЖДАЕМОЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ

Сушко Р.А.<sup>1</sup>, Безбородов С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, [rom.sushko@gmail.com](mailto:rom.sushko@gmail.com)

*Ключевые слова:* турбина, рабочая лопатка, ползучесть, напряженно-деформированное состояние, релаксация напряжений, коэффициент запаса.

Явление ползучести – это нелинейное изменение во времени деформаций (собственно ползучесть) и напряжений (релаксация), возникших в начале приложения нагрузки [1]. Влияние ползучести на напряженно-деформированное состояние рассмотрено на примере рабочей лопатки (РЛ) турбины [2]. Для учета свойств ползучести использовано уравнение Нортона, описывающее второй участок кривой ползучести, поскольку первый участок кривой имеет малую временную продолжительность, а третий недопустим при эксплуатации изделия.

По результатам испытаний 68 цилиндрических образцов диаметром 5мм с кристаллографической ориентацией <001> на длительную прочность для температур 750, 850, 950, 1050, 1150 °С, принята величина критической деформации ползучести, когда материал переходит в третью зону кривой ползучести, 1%.

В отличие от расчетов, не учитывающих ползучесть материала, в расчетах с ползучестью необходимо учитывать ресурс, на который проводится расчет, до его запуска.

Оценку запаса длительной статической прочности необходимо выполнять с учетом многорежимности на основании типового полётного цикла двигателя. В данном случае для проведения расчётов выбрано три режима. Рабочие режимы в соответствии с допущениями нормативной документации объединялись в группы, рабочие нагрузки (частота вращения, температуры) должны соответствовать максимальному в группе режиму (в запас). Для каждой группы доля наработки от ресурса принимается суммарной по включенным в нее режимам.

Расчётная модель рабочего колеса турбины представляет собой сектор, состоящий из диска, вала, дефлектора и лопатки. По результатам расчетов было выявлено:

1) при учете свойств ползучести имеет место релаксация напряжений в критических зонах РЛ, что сказывается на НДС лопатки, увеличивая коэффициенты запаса по местной прочности;

2) ползучесть наблюдается только в критических зонах РЛ; это связано с тем, что деформация ползучести (или скорость ползучести) является функцией трех переменных: напряжения, температуры и времени, поэтому она проявляется только в местах наибольших напряжений (критических зонах) в сочетании с высокими температурами;

3) максимальное значение эквивалентной деформации ползучести наблюдаются на наиболее нагруженном взлётном режиме и составляет 0,77%, что не превышает допустимой величины 1%.

Необходимо отметить, что все расчёты в данной работе выполнены в номинальной геометрии, при этом актуальной задачей является оценка допустимых отклонений по толщинам стенок, по пропускной способности, кристаллографической ориентации, при которых будут обеспечены требуемые ресурсные показатели лопатки.

### Список литературы

1. Васильев, Б.Е. Определение расчетной долговечности деталей турбин с помощью пользовательской модели ползучести в конечно-элементном комплексе ANSYS / Б.Е. Васильев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана Сер. «Машиностроение». – 2012. – 9 с.

2. Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов «Авиационные двигатели и силовые установки». М., 28-30 мая 2019 г. С. 93-94.

### **Сведения об авторах**

Сушко Р.А., инженер-конструктор отдела прочности ПАО «ОДК-Кузнецов».

Безбородов С.А., начальник бригады отдела прочности ПАО «ОДК-Кузнецов».

### **EVALUATION OF THE EFFECT OF CREEP IN CALCULATIONS ON THE STRENGTH OF A COOLED TURBINE BLADE**

Sushko R.A.<sup>1</sup>, Bezborodov S.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, [rom.sushko@gmail.com](mailto:rom.sushko@gmail.com)

*Keywords: turbine, rotor blade, creep, stress-strain state, stress relaxation, safety factor.*

In this paper, a calculation was made for the static strength of a turbine blade taking into account the creep of the material. To take into account the creep properties, the Norton model from the ANSYS library was used.