

пература рабочих лопаток турбины газогенератора  $T_{л}^*$ .

В результате проведённого исследования были получены области рациональных значений параметров для экономических критериев эффективности. Показано, что при организации охлаждения оптимальные значения параметров рабочего процесса заметно меньше, чем при отсутствии охлаждения.

#### Библиографический список

1. Албасов А.Л., Боровик В.О., Куевда В.К. Развитие методологии создания авиационных двигателей. Двигатели XXI века. Тез. докл. междунар. конф. ЦИАМ, 2000. С. 8-10.

2. Григорьев В.А.. Устойчивость оптимальных решений при формировании рабочего процесса малоразмерных газотурбин-

ных двигателей для многоцелевого вертолёта. Вестник СГАУ, №1, 2002. С. 33-38.

3. Грецков А.И., Григорьев В.А. Особенности оптимизации параметров рабочего процесса ГТД со свободной турбиной при начальном проектировании в условиях неопределённости. Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов междунар. Науч.-техн. Конф. 28-30 июня 2011 г. Самара: СГАУ, 2011. В 2 Ч. Ч. 1, С. 39-41.

4. Пономарев Б.А., Бехли Ю.Г. Исследование развития отечественных вертолётных ГТД и малоразмерных авиационных двигателей. ТВФ, 1991. №2. С. 10-16.

5. Испытания авиационных двигателей: Учебник для вузов / под общ. ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.

УДК 621.785+629.735.084

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ ПОР В НАНОСТРУКТУРНОМ СПЛАВЕ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НАГРУЗКЕ

©2016 А.К. Емалетдинов, А.В. Галактионова

Уфимский государственный авиационный технический университет

### THERMODYNAMIC CONDITIONS OF THE VOID NUCLEATION IN NANOSTRUCTURED ALLOYS AT HIGH TEMPERATURE LOAD

Emaletdinov A.K., Galaktionova A.V. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*A modeling of evolution of dislocation structure at laser processing of surface of materials and for durability of materials after it. The systems of equations of kinetic defects and durability of materials is obtained and analyzed.*

Современные никелевые жаропрочные сплавы являются наноструктурными композиционными материалами. Концентрация вакансий меняется в широких пределах в течение рабочего цикла двигателя, и после его остановки избыточная концентрация может приводить к зарождению пор. Периодические процессы зарождения и стекания избыточной концентрации вакансий будут определять кинетику зарождения и роста пор. Рассмотрена модель диффузионного зарождения поры при циклическом термомеханическом нагружении. Записано термодинамическое условие гетерогенного зарождения поры с использованием свободной энергии системы, включающей вклад поверхностного натяжения свободной поверхности и межфазной границы, упругой энергии сетки

дислокаций несоответствия, действия внутренних и внешних термоупругих напряжений, концентрации неравновесных вакансий, включений в границах, возникновения диффузионных потоков химических компонентов сплава. Выполнена термодинамическая оценка условий образования поры критического размера. Проведён анализ критического размера пор с учётом влияния упругой энергии межфазной границы, дислокаций несоответствия, концентрации напряжений в никеле, температурных напряжений циклических напряжений. Показано, что критический размер поры существенно уменьшается при учёте перечисленных выше энергетических воздействий. Выполнены численные расчёты критического размера поры при действии различных факторов.