

10% при среднеквадратическом отклонении 31%. Предложенное новое уравнение позволяет учесть большее число геометрических и режимных факторов, влияющих на величину потерь.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания.

#### Библиографический список

1. Абианц В.Х. Теория газовых турбин реактивных двигателей. – М.: Машиностроение, 1979. 246 с.
2. Венедиктов В.Д. Атлас экспериментальных характеристик плоских решёток охлаждаемых газовых турбин. – М.: ЦИАМ, 1990. 393 с.

УДК 621.452.33-226.001.63«313»

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ДИСКАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.В. Сальников, Б.Е. Васильев

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва

#### THE APPLICATION OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION METHODS FOR THE EVALUATION OF DIFFERENT GTE DISK DESIGN SOLUTIONS EFFECTIVENESS

Salnikov A.V., Vasilyev B.E. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov,  
Moscow, Russian Federation)

*The report is about the effectiveness evaluation of some design solutions for GTE locks and disks. Effectiveness evaluation is realized using the multi-criteria optimization methods and automated parameterized finite element models. The work is represented results of the some design solutions using evaluation for disc lock and hub.*

Улучшать прочностные и весовые характеристики дисков можно либо за счёт оптимизации их размеров, либо за счёт использования новых конструктивных решений. В последнем случае необходимо решить две проблемы: оценку эффективности новых конструктивных решений и их реализацию с точки зрения технологических аспектов.

Оценку эффективности новых конструктивных предложений для дисков газотурбинных двигателей удобно делать при помощи различных методов многокритериальной оптимизации.

Для этого необходимо разработать схему параметризации предлагаемого конструктивного решения, создать параметризованную модель нового конструктивного решения требуемого уровня сложности, решить задачу оптимизации с учётом этого предложения и сравнить полученные результаты с результатами оптимизации улучшае-

мого элемента диска, но стандартной конструкции.

Уровень сложности используемых моделей зависит от того, для какого элемента диска предлагается новое конструктивное решение. Если оно касается полотна и ступицы диска, то рекомендуется использовать 2D модели. Если предлагаются новые конструктивные решения для замкового соединения, то рекомендуется использовать 3D модели.

В докладе показана оценка эффективности нескольких конструктивных решений для замкового соединения типа «ёлочка» (схемы параметризации приведены на рис. 1) с точки зрения улучшения массовых и прочностных характеристик диска:

- использование для разных зубьев разного шага замка и радиуса сопряжения;
- использование ассиметричной конструкции хвостовика (сдвиг половины хвостовика вниз).

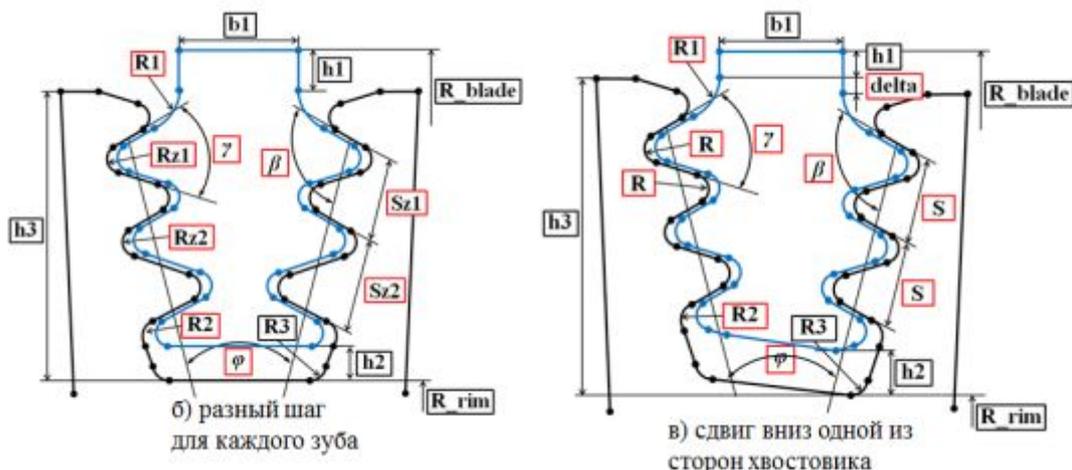


Рис. 1. Схемы параметризации конструктивных решений для замкового соединения типа «ёлочка»

Также приведены результаты оценки конструктивных решений для полотна и ступицы диска турбины высокого давления (ТВД). Схемы параметризации приведены на рис. 2:

- диск ТВД с двумя полотнами;
- различные модификации ступицы диска.

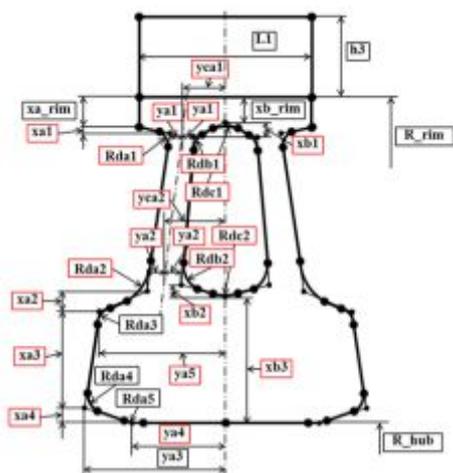


Рис. 2. Схема параметризации двухполотняного диска ТВД

Для оценки эффективности предложенных конструктивных решений решается двухкритериальная задача оптимизации: минимизация массы рабочего колеса и максимизация минимального расчётного значения циклической долговечности в замковом соединении и диске. В результате решения такой задачи получается множество Парето оптимальных конфигураций, которое позволяет оценить влияние предлагаемого конструктивного решения на массу и прочность проектируемой конструкции во всем спектре возможных требований к её циклической долговечности. При необходимости могут использоваться другие критерии оценки эф-

фективности (стоимость изготовления, технологичность и т.д.).

Использование такого подхода показано на примере оценки эффективности использования разного шага замка в замковом соединении типа «ёлочка». Результаты исследований приведены на рис. 3.



Рис. 3. Результаты оценки эффективности использования разного шага замка для каждого зуба

Из представленного Парето множества видно, что при низких требованиях к циклической долговечности (до 3000 циклов) предложенное решение не даёт значительно улучшения массовых характеристик. При требованиях к циклической долговечности в области 5500-6500 циклов реализация предложенного конструктивного решения позволяет снизить массу рабочего колеса на 3-4 кг. Подобный подход применяется и для оценки эффективности других конструктивных предложений.

Использование методов многокритериальной оптимизации и автоматизированных параметризованных моделей значительно

снижает трудоёмкость процесса оценки эффективности новых конструктивных реше-

ний и даёт качественную картину области их применения.

УДК 621.565.9

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

©2016 А.В. Новиков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### EVALUATION OF THERMOELECTRIC GENERATORS CHARACTERISTICS AT CRYOGENIC TEMPERATURES

Novikov A.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*This study shows effect of low temperatures on characteristics of thermoelectric generators. These experimental results have been compared with theoretical researches. Also has been obtained the economical evaluation of TEGs installation at liquefied natural gas gasifiers.*

В современном мире основным видом топлива являются невозобновляемые природные ресурсы – продукты переработки нефти. Перспективным альтернативным видом топлива представляется сжиженный природный газ (СПГ). На одном из этапов его использования производится его газификация – перевод из жидкого состояния в газообразное за счёт подвода внешнего тепла.

В настоящее время газификация СПГ в основном происходит за счёт тепла окружающей среды. При этом считается, что использование тепла окружающей среды не является энергозатратным процессом. Однако стоит учитывать, что для ожижения СПГ ранее была затрачена значительная энергия, которая при данном способе газификации

просто сбрасывается в окружающую среду. СПГ содержит в себе энергетический потенциал, который можно было бы использовать при его возвращении в исходное газообразное состояние, и, следовательно, сам процесс регазификации СПГ обладает значительным потенциалом для энергосбережения.

Одним из способов использования этого потенциала является использование термоэлектрических генераторов.

С целью получения фактических характеристик термоэлектрического генератора при криогенных температурах и подтверждения теоретических данных и расчётных методик был выбран термоэлектрический генератор и изготовлена установка (рис. 1) для его испытаний.

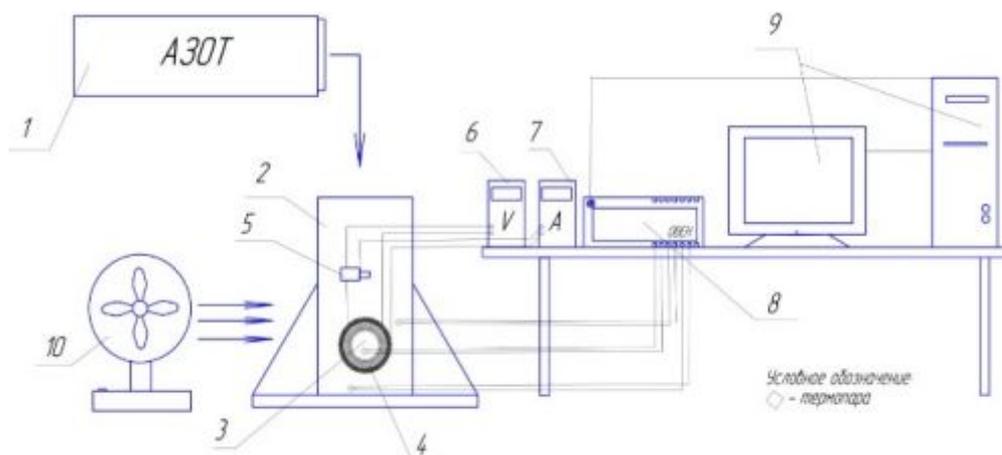


Рис. 1. Схема установки