

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОПЛОВОЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ТОРЦЕВЫХ СТЕНОК

Волков А.А., Акунец М.В., Попов Г.М.
Самарский университет, г. Самара, scorp121@list.ru

Ключевые слова: несимметричные торцевые стенки, численное моделирование, оптимизация.

Совершенствование ГТД приводит к увеличению влияния вторичных течений на уровень потерь в проточной части, что связано, в первую очередь, с уменьшением высоты лопаток. Основные мероприятия по снижению вторичных потерь, применяемые наиболее часто, заключаются в локальном профилировании геометрии лопатки (тангенциальный наклон лопаток, саблевидные лопатки). При этом профилированию торцевых поверхностей обычно отводят второстепенную роль.

Применение несимметричных торцевых стенок позволяет перераспределить давления вблизи втулочного, периферийного сечений и привести не только к уменьшению потерь кинетической энергии (за счет изменения структуры вторичных течений), но и увеличить равномерность угла потока на выходе из решетки (рис. 1). Также, вследствие снижения интенсивности вторичных течений, может снижаться теплоотдача к торцевой стенке, что позволяет уменьшить требуемый расход охладителя. В совокупности эти явления могут приводить к повышению эффективности решетки на 0,5% [1].

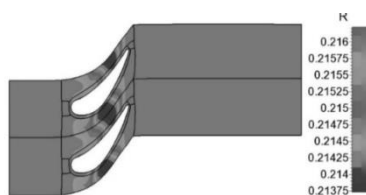


Рис. 1 Оптимизированная торцевая поверхность

В данной работе рассматривается процесс создания параметрической модели несимметричных торцевых стенок и оптимизация стенки втулки с целью повышения эффективности решетки СА из отчета NASA [3].

Работа была выполнена в три этапа. Первый этап заключался в создании параметрической модели СА с несимметричными торцевыми стенками. В данной модели торцевая стенка задаётся набором точек вдоль оси двигателя (Z) и перпендикулярно оси (Θ). Оптимальное количество точек было выбрано на основании данных, представленных в работе [1]: 5 точек вдоль Oz и 4 точки вдоль оси Θ . Геометрия несимметричных стенок была ограничена межлопаточным каналом. Максимальные значения радиальных отклонений несимметричных стенок были ограничены для обеспечения приемлемой технологичности деталей – 25% от осевой хорды [2].

На втором этапе были проведены исследования по сеточной сходимости и проведена оценка влияния моделей турбулентности на расчет. Это позволило получить сетку и настройки модели, обеспечивающие минимальную трудоемкость и требуемую точность расчета. В результате анализа были выбраны следующие параметры:

- количество элементов $\approx 1,5$ млн;
- $\approx B2B-2$;
- $FR = 117$;
- $y^+ \approx 1$;
- модель турбулентности Spalart-Allmaras.

На третьем этапе была выполнена оптимизация. Целевой функцией при оптимизации было выбрано интегральное значение коэффициента эффективности (φ^2) в сечении за выходным фронтом. Оптимизация производилась в программном комплексе IOSO NM.

В результате оптимизации было выполнено 366 итераций и достигнуто повышение эффективности решетки на 0,2%. При этом максимальные отклонения несимметричных стенок в радиальном направлении составили +1,3 и -2 мм (рис. 1), а расход воздуха увеличился на 1,76%.

В результате оптимизации значительно уменьшилась интенсивность канального вихря, но увеличилось перетекания с корытца на спинку (рис. 2, 3).

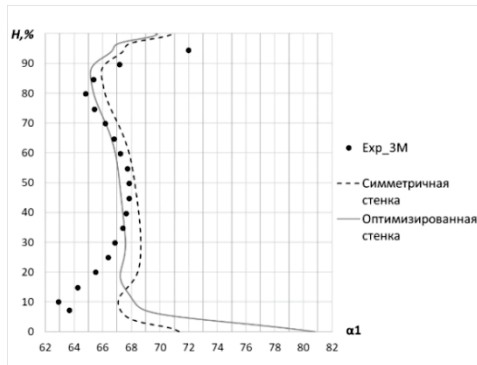


Рис. 2 – Распределение эффективности (φ^2) по высоте

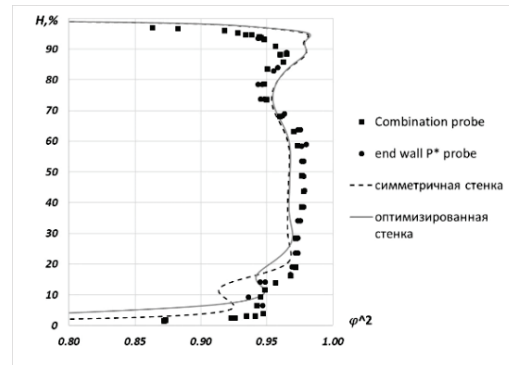


Рис. 3 – Распределение угла выхода потока по высоте

Таким образом, в результате работы была получена оптимальная торцевая поверхность с точки зрения эффективности.

Список литературы

1. Разработка конструктивных мероприятий, обеспечивающих снижение вторичных потерь в венцах газовой турбины / В.В. Вятков [и др.] // Омский научный вестник. 2012. № 2 (110). С. 157–160.

2. Gregory-Smith D.G., Ingram G. Non-axisymmetric turbine end wall profiling // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A Journal of Power and Energy. 2001. No. 215(6). Pp. 721-734.

3. Goldman L.J., McLallin K.L. Cold-air annular-cascade investigation of aerodynamic performance of core-engine-cooled turbine vanes. NASATMX-3224. 1975.

Сведения об авторах

Волков Андрей Александрович, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочий процесс охлаждаемых турбин.

Акунец Максим Владимирович, студент. Область научных интересов: рабочий процесс охлаждаемых турбин.

Попов Григорий Михайлович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE TURBINE NOZZLE VANE BY OPTIMIZING THE UNBALANCED END WALLS

Volkov A.A., Akunets M.V., Popov G.M.
Samara National Research University, Samara, Russia

Keywords: asymmetric end walls, numerical simulation, optimization.

The paper describes non-axisymmetric endwall parametric model of nozzle guide vanes from NASA report by means of NUMECA. Also considered optimal parameters of grid model, solver setup parameters for optimization. Carried out efficiency optimization of stage via IOSO NM.