

УДК 629.7.036.34

РЕШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ПРОЧНОСТНОЙ ЗАДАЧИ ПРИ РАСЧЁТНОЙ ДОВОДКЕ ОХЛАЖДАЕМОЙ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ С БАНДАЖНОЙ ПОЛКОЙ

Мельников С.А., Зубанов В.М., Урлапкин А.В., Попов Г.М.

Самарский университет, г. Самара, m.serg98@mail.ru

Ключевые слова: сопряжённая модель, охлаждение турбины, охлаждаемые лопатки, рабочая лопатка.

В процессе доводки лопаток турбин совместно анализируется как температурное, так и прочностное состояние. Рассматриваемая лопатка турбины среднего давления удовлетворяла требованиям жаростойкости, температура по поверхности не превышает предельно допустимую температуру для используемого материала (1150 [C]) при долговременной эксплуатации. [1]. Тепловое состояние исходного варианта лопатки показано на рис. 1.

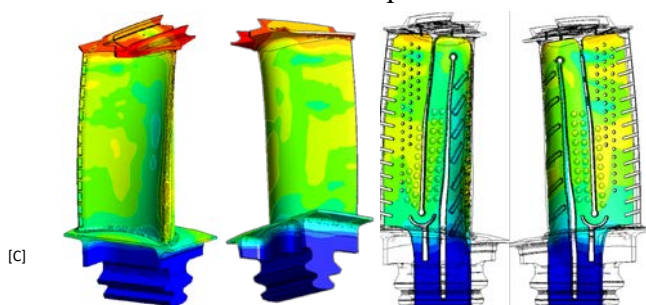


Рис. 1. Температурное состояние исходного варианта лопатки турбины среднего давления

Результаты расчёта коэффициента запаса по местной прочности приведены на рис. 2.

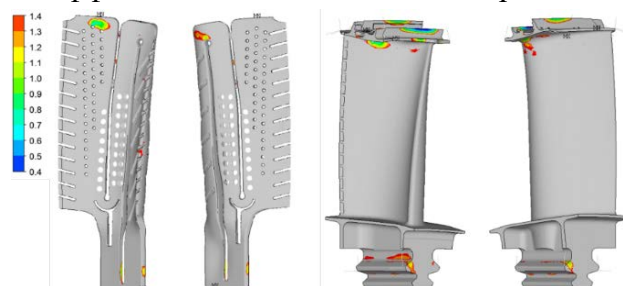


Рис. 2. Распределение коэффициента запаса по местной прочности по поверхностям рабочей лопатки

Из рис. 2 видно, что на пере лопатки имеется зона с величиной коэффициента запаса по местной прочности, не удовлетворяющей нормам прочности для бандажированных лопаток (не менее 1,35). Опираясь на анализ результатов расчёта, были предложены доводочные мероприятия. В лопатке был добавлен Y – образный вырез ближе к выходной кромке для увеличения несущей способности пера. Рядом с Y-образным вырезом добавлено косое ребро для интенсификации теплообмена с охлаждающим воздухом. На рис. 3 приведено распределение температур по поверхностям лопатки после выполненных мероприятий.

Благодаря внедренным изменениям была снижена температура лопатки в области галтельного перехода от пера к бандажной полке на 100 [C] за счёт устранения застойной зоны в каналах охлаждения лопатки и увеличена эффективность охлаждения при добавлении интенсификаторов теплообмена [2]. На рис. 4 показано распределение коэффициента запаса по местной прочности по поверхностям модернизированной лопатки.

В результате внедрения мероприятий по улучшению теплового и прочностного состояний был получен вариант конструкции рабочей лопатки турбины среднего давления.

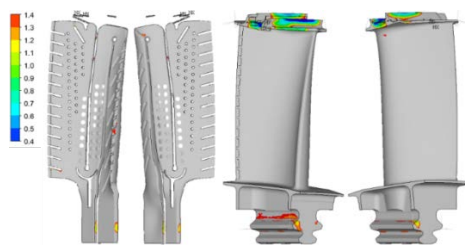


Рис. 4. Результирующее распределение коэффициента запаса по местной прочности по поверхностям изменённой рабочей лопатки

В изменённой конструкции были устранены проблемные с точки зрения местной прочности области путём доработки схемы охлаждения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10266, <https://rscf.ru/project/23-79-10266/>.

Список литературы

1. Жаропрочные никелевые литейные и деформируемые сплавы. Каталог. – Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, 2022 – 37 с.: ил.
2. Нагога, Г.П. Эффективные способы охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин: учеб. пособие / Г.П. Нагота / - М.: МАИ, 1996. - 100 с.

Сведения об авторах

Мельников С.А., аспирант, инженер-конструктор. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин.

Зубанов В.М., к.т.н., доцент. Область научных интересов: лопаточные машины, рабочие процессы в ГТД.

Урлапкин А.В., старший преподаватель, начальник ОТК. Область научных интересов: динамика и прочность турбомашин.

Попов Г.М., к.т.н., доцент. Область научных интересов: лопаточные машины, рабочие процессы в ГТД.

SOLVING THE HEAT AND STRENGTH PROBLEM IN THE COMPUTATIONAL FINE-TUNING OF A COOLED ROTOR BLADE OF A TURBINE WITH A BANDED FLANGE

Melnikov S.A., Zubanov V.M., Urlapkin A.V., Popov G.M.
Samara University, Samara, Russia, m.serg98@mail.ru

Keywords: coupled model, turbine cooling, cooled blades, working blade.

When developing modern gas turbine engines for civil aviation, the problem of turbine serviceability at the design stage is solved using high-level three-dimensional computational models. The paper presents the results of refining the thermal state of the rotor blade of a medium-pressure turbine in order to provide the required coefficient of local strength reserve at the blade periphery using three-dimensional coupled computational models in the ANSYS software package. The structure of the internal channels of the cooled blade was redesigned in such a way as to reduce the temperature in the areas with a reduced reserve coefficient on the blade feather and to increase the bearing capacity of the feather. As a result of the developed measures, a blade design with feather reserve factor values satisfying the strength standards was obtained.