

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОЧЕГО РЕСУРСА ЛОПАТОК ТНД ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Май С.¹, Чжуан С.¹, Евдокимов Д.В.^{1,2}, Алексенцев А.А.^{1,2}, Туманов Д.В.¹

¹Самарский университет, г. Самара, maixiaorui0407@gmail.com

²АО «Авиаагрегат», г. Самара

Ключевые слова: лопатка, турбина, термодинамический расчёт, длительная прочность, коэффициент запаса, конечно-элементный анализ.

Как известно, изделия авиационной промышленности в своем большинстве усложняются с ходом технического прогресса, что можно отнести к любой отрасли машиностроения. Однако, зачастую, именно в авиационной отрасли преобладающее количество деталей работает при экстремальных комбинированных нагрузках, сочетающих силовое, температурное и химическое воздействия. Данный факт обязывает разрабатывать новые материалы, новые, более совершенные конструкции и заставляет совершенствовать способы формообразования, такие как электрохимическая, механическая, термическая и другие обработки.

В представленной работе был разработан алгоритм поиска оптимальных геометрических параметров лопатки рабочего колеса турбины низкого давления (ТНД). То есть алгоритм, позволяющий повышать ресурс рабочих лопаток турбины за счёт оптимизации их конструкции. Разработка алгоритма велась на примере лопатки ТНД газотурбинного двигателя CFM56. Главной особенностью данной методики является то, что исходные данные к определению напряжённо-деформированного состояния лопатки определяются при помощи современных высокоточных методик. Со схемой разработанной методики можно ознакомиться на рис. 1.

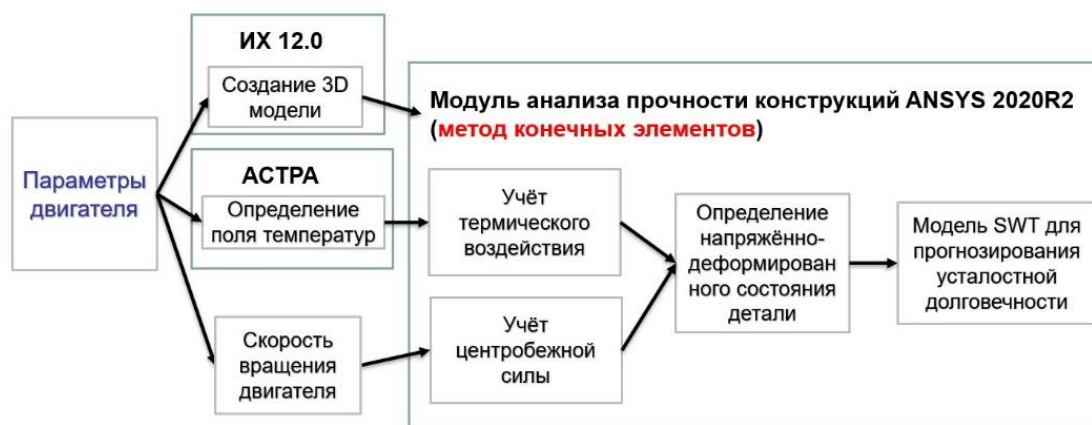


Рисунок 1 – Схема алгоритма оценки коэффициента запаса изделия по пределу длительной прочности

Представленный в данной работе алгоритм оптимизации базируется на разработанной конечно-элементной модели, которая учитывает все силовые и все температурные факторы, воздействующие на рабочую лопатку ТНД в процессе её эксплуатации. То есть с помощью разработанной конечно-элементной модели оценивается напряжённо-деформированное состояние лопатки рабочего колеса ТНД, после чего оценивается распределение коэффициента запаса по пределу длительной прочности, распределённый по телу виртуальной модели лопатки. Основываясь на данном распределении, вводятся необходимые корректировки в геометрию лопатки. Ознакомиться с примером распределения эквивалентных напряжений по одному из контрольных сечений исследуемой лопатки можно из данных, представленных на рис. 2.

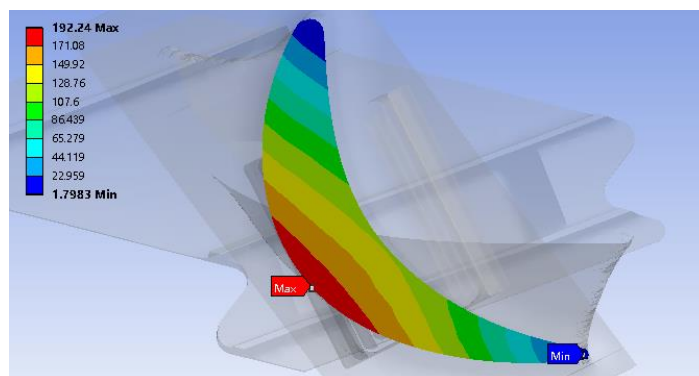


Рисунок 2 – Распределение эквивалентных напряжений по контрольному сечению лопатки ТНД

Разработанная методика позволяет получать зависимости максимальных напряжений контрольных сечений от режима работы двигателя. На рис. 3 представлен пример графиков изменения величины максимальных эквивалентных напряжений, действующих в выбранном контрольном сечении от оборотов ротора.

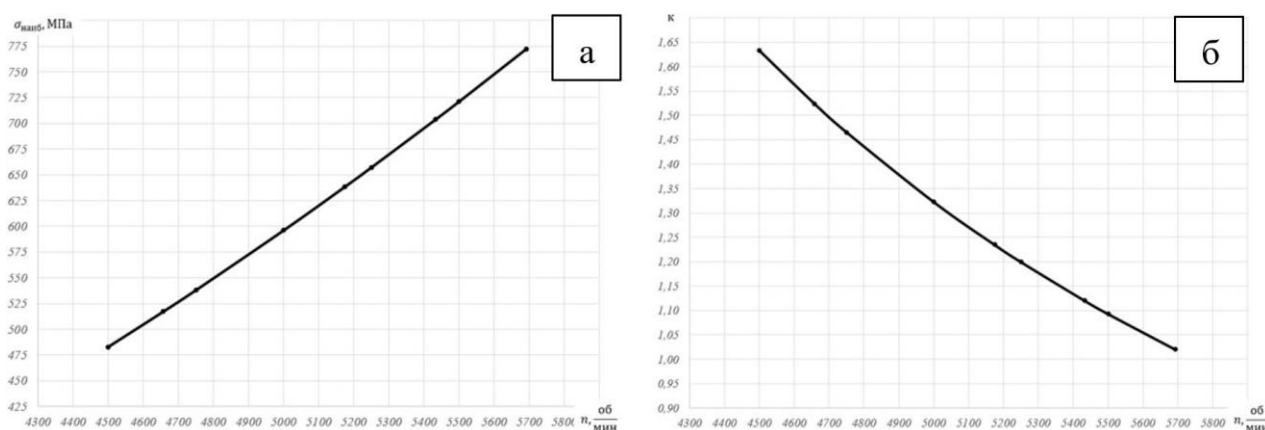


Рисунок 3 – Зависимость максимальной величины эквивалентных напряжений в контрольном сечении лопатки от величины оборотов ротора (а) и зависимость коэффициента запаса по пределу длительной прочности контрольного сечения лопатки от величины оборотов ротора (б)

Таким образом, был разработан алгоритм, позволяющий при помощи конечно-элементной модели и точных исходных данных о распределении давления и температуры в турбине определять напряжённно-деформированное состояние лопаток ТНД. Данные о напряжённно-деформированном состоянии лопатки позволяют определять её рабочий ресурс. Так, для примера, представленного в данной работе, ресурс лопатки, полученный аналитическим способом, составляет 15899 часов, тогда как согласно статистическим данным об эксплуатации рассматриваемого двигателя, рабочий ресурс лопатки составляет 14062 часа, что указывает на приемлемое расхождение в 13%.

Список литературы

1. Cao H., Zhang H. Fatigue Life Prediction of High Pressure Turbine Blade of CFM56-7B Engine / Aviation Maintenance and Engineering. 2021. № 7. PP. 89-91.
2. Fu Na. Strength Analysis and Life Calculation of Turbine Disk and Blade of an Aeroengine. Northwestern Polytechnical University, 2006.

Сведения об авторах

Май Сяожуй, студент группы 2310. Область научных интересов: исследование напряжённно-деформированного состояния высоконагруженных деталей.

Чжуан Сичжэнь, студент группы 2310. Область научных интересов: исследование прочностных характеристик композитных материалов.

Евдокимов Дмитрий Викторович, к.т.н., доцент кафедры технологий производства двигателей, доцент кафедры сопротивлений материалов, ведущий инженер

АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: процессы механической обработки, исследование функциональных параметров резания.

Алексенцев Артём Алексеевич, студент группы 2410, инженер АО «Авиаагрегат». Область научных интересов: исследование влияния различных факторов на прочностные характеристики изделий.

Туманов Дмитрий Вячеславович, аспирант кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: исследование влияния различных факторов на прочностные характеристики изделий.

**DEVELOPMENT OF THE METHOD
INCREASING THE WORKING LIFE OF LPT BLADES
DUE TO OPTIMIZATION OF GEOMETRIC PARAMETERS**

Mai X.¹, Zhuang X.¹, Evdokimov D.V.^{1,2}, Aleksencev A.A.^{1,2}, Tumanov D.V.¹

¹Samara University, Samara, Russia, maixiaorui0407@gmail.com

²JSC Aviaагрегат, Samara

Keywords: blade, turbine, thermodynamic calculation, long-term strength, safety factor, finite element analysis.

The presented work presents a technique that allows assessing the stress-strain state of turbine blades and assessing their working life. The technique provides an opportunity to optimize the geometric parameters of the blade in order to increase its working life. The main feature of the method is the use of high-precision methods for calculations. The determination of the pressure and temperature values distributed over the surface of the blades in this method is determined using the ASTRA program. Comparison of the results obtained by the method and the real ones showed a discrepancy not exceeding 13%.