

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТКИ КОМПРЕССОРНОГО ВЕНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ OPENFOAM

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: mellsv84@gmail.com

В настоящее время процесс проектирования компрессорных венцов включает в себя обязательную расчетную проверку прочностных характеристик в САЕ-системах типа ANSYS, NASTRAN и др. Эти расчеты не отменяют натурных испытаний, однако их проведение позволяет значительно повысить вероятность удовлетворительных испытаний; в связи с сокращением объема испытаний радикальным образом снижается стоимость и время доводки. Аналогично прочностным расчетам трехмерные газодинамические расчеты играют роль натурных испытаний с целью доводки конструкции до необходимых параметров. Тем не менее, на сегодняшний день инструментарий для решения указанных задач представлен в основном коммерческими пакетами, стоимость которых достаточно велика. Также, далеко не всегда раскрыты заложенные в них модели и алгоритмы, что не позволяет проектировщику полностью доверять получаемым результатам. Кроме того, представляет значительный научный и практический интерес совместное решение указанных выше задач, что позволило бы существенно сократить время проектирования и значительно повысить его эффективность. Учитывая вышесказанное, актуальной является разработка научно-методического обеспечения для решения задачи расчета прочности лопаток компрессорных венцов. Разработано научно-методическое обеспечение, которое позволяет совместно решать задачу численного моделирования пространственных турбулентных газовых течений в компрессорных венцах и задачу расчета прочности лопаток компрессорных венцов. Данное обеспечение разработано с применением решателей библиотеки OpenFOAM для расчета поля течения в межлопаточном канале и напряженно-деформированного состояния лопатки. Взаимодействие решателей осуществляется через передачу данных в граничных условиях. Предполагается, что изменением формы лопатки под воздействием газового потока можно пренебречь. Выполнено тестирование разработанного научно-методического обеспечения путем решения задачи о взаимодействии заземленной балки с обтекающим ее потоком. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с результатами решения данной задачи с использованием стандартного решателя icoFSIfoam, входящего в состав ветки OpenFOAM extensions. Выполнен расчет поля течения в межлопаточном канале осевого компрессорного венца и расчет напряженно-деформированного состояния его лопатки. Качественный анализ полученных результатов свидетельствует о работоспособности разработанного научно-методического обеспечения. В дальнейшем предполагается проведение дополнительных исследований по оценке его работоспособности и применимости с привлечением соответствующих экспериментальных данных.

Ключевые слова: компрессорный венец, лопатка компрессорного венца, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, FSI задача, OpenFOAM, уравнения Навье–Стокса, интенсивность напряжений по фон Мизесу.

- 1 Иноземцев А. А. Газотурбинные двигатели. Пермь: ОАО «Авиадвигатель». 2006. 1202 с.
- 2 OpenFOAM User Guide. OpenFOAM Foundation. URL: <http://cfd.direct/openfoam/user-guide/> (дата обращения: 15.05.2017)
- 3 Богомолова Т. В. Применение ANSYS-FLUENT для прочностных расчетов рабочих лопаток последних ступеней. Электронный журнал «Труды МАИ». 2013. Выпуск 66. С. 1 – 10 .
- 4 Tukovic Z. FVM for Fluid-Structure Interaction with Large Structural Displacements. OpenFOAM Wiki. 2009. 23 p. URL: http://sourceforge.net/projects/openfoam-extend/files/OpenFOAM_Workshops/OFW2_2007_Zagreb/WorkshopZagrebJun2007/presentations/capabilityTalks/slidesConjugateAndFSI.pdf (last accessed: 15.05.2017)
- 5 Tannehill J. C. Computational fluid dynamics and heat transfer. New York: Taylor & Francis. 1997. 785 p.
- 6 Spalart P. R. A one-equation turbulence model for aerodynamic flow. AIAA Journal. 1992. Vol. 12. N 1. P. 439 – 478.
- 7 Menter F. R. Two-equation eddy viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA Journal. 1994. Vol. 32. N 8. P. 1598 – 1605.
- 8 Mueller L. Multidisciplinary Optimization of a Turbocharger Radial Turbine. Journal of Turbomachinery. 2012. Vol. 135. Is. 2. P. 20 – 28.
- 9 Koopmans M. Turbine Blade FEA Project. Lectures from Cal Poly San Luis Obispo. 10. p. URL: http://michaelkoopmans.com/ME404_calpoly.pdf (last accessed: 15.05.2017)
- 10 Srivastava S. Design analysis of Mixed Flow Pump Impeller Blades Using ANSYS and Prediction of its Parameters using Artificial Neural Network. Procedia Engineering. 2014. Vol. 97. P. 2022 – 2031.