

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ ТНА ЖРД, ЛОПАТКИ КОТОРОЙ СПРОФИЛИРОВАНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК

Ильин И.М.¹, Зубанов В.М.¹

¹Самарский университет, г. Самара, Fantomjax@yandex.ru

Ключевые слова: Турбина, CFD моделирование, КПД, Пропускная способность, Лопатка.

Проектирование осевых турбин для турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей – это сложная инженерная задача, направленная на создание компактного и максимально эффективного привода насосов. Турбина позволяет получить большие мощности при небольшой массе и габаритах конструкции. Высокая угловая скорость, отсутствие кривошипно-шатунного механизма, а, следовательно и неуравновешенных сил инерции, прямоочное протекание рабочего тела обуславливает малую массу турбины. Турбина позволяет получить большие мощности при небольшой массе и габаритах конструкции. Высокая угловая скорость, отсутствие кривошипно-шатунного механизма, а, следовательно и неуравновешенных сил инерции, прямоочное протекание рабочего тела обуславливает малую массу турбины.

По результатам проектного расчета турбины были спрофилированы решетки СА и РК. Сопоставление решеток СА и РК, спрофилированных по рассмотренным методикам, представлено на рисунке 1.

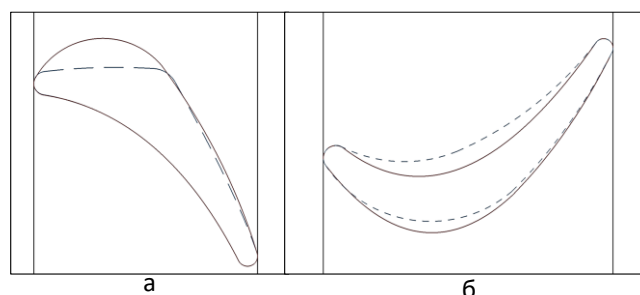


Рис. 1 – Сопоставление решеток профилей СА (а) и РК (б) по рассмотренным методам профилирования
[1] – Штриховая линия; [2] – Сплошная линия

По имеющемуся опыту создания сеточных моделей осевых турбин в ANSYS CFX из [3-7] сеточные модели проектируемой осевой турбины были созданы таким образом, чтобы безразмерный параметр $Y^+ = 1.1$ (рис. 2).

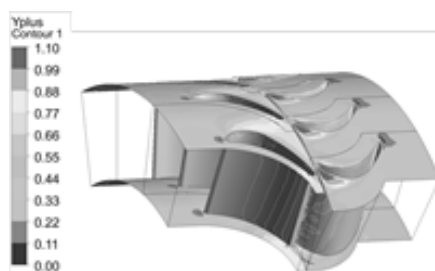


Рис. 2 – Распределение безразмерного параметра Y^+

Граничные условия для проведения CFD моделирования рабочего процесса осевой предкамерной турбины представлены на рис. 3.

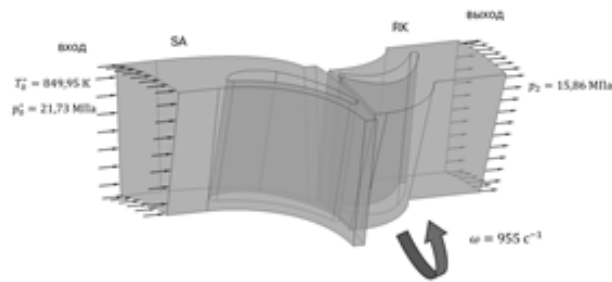


Рис. 3 – Граничные условия модели осевой турбины

Модель турбулентности в расчетной модели – SST. Рабочее тело – окислительный генераторный газ.

После завершения CFD моделирования рабочего процесса осевой турбины был проведен анализ результатов. Для более наглядного сравнения результатов расчета рассмотренных методов профилирования была построена зависимость пропускной способности по перепаду давления в турбине (рис. 4).

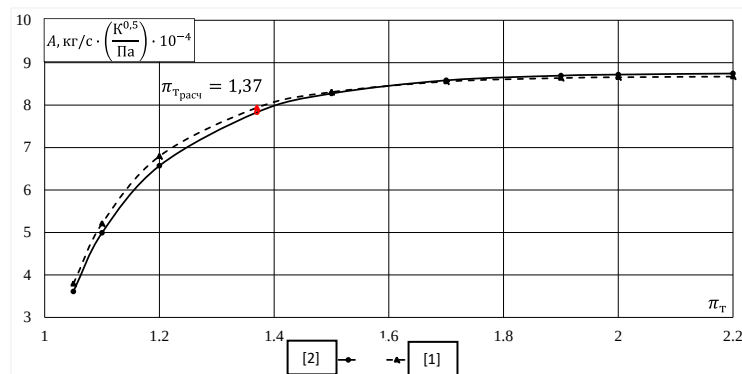


Рис. 4 – Зависимость пропускной способности по перепаду давления в турбине

В завершении анализа результатов CFD моделирования рабочего процесса осевой турбины было получено распределение числа маха в среднем сечении лопаток турбины (рис. 5).

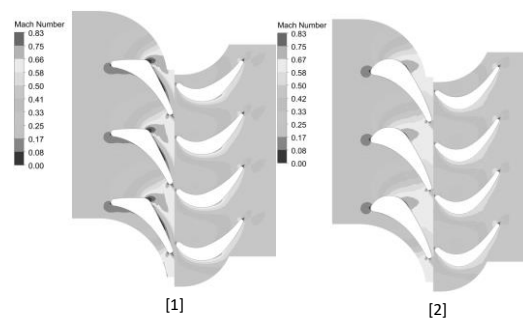


Рис. 5 – Распределение Числа маха в среднем сечении лопаток турбины

Таким образом, на расчетном режиме работы проектируемой турбины при использовании метода профилирования [1] $\eta=0,7327$, а при [2] – $\eta=0,8203$, что показывает о выгоде использования методики профилирования лопаток, представленной в [2].

Список литературы

1. Матвеев В.Н. Проектный расчет осевых турбин турбоасосных агрегатов ЖРД: учебное пособие / В.Н. Матвеев, А.В. Сулинов. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2012 – 98 с.: ил.

2. Белоусов А.Н., Мусаткин Н.Ф., Радько В.М., Кузьмичев В.С. Проектный термодинамический расчет основных параметров авиационных лопаточных машин; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 2006. – 316 с.

3. Попов Г.М., Горячкин Е.С., Зубанов В.М. [и др.]. Верификация численной модели двухступенчатой турбины высокого давления современного ГТД для гражданской авиации // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. – 2022. – № 3 (62). – С. 7-15.

4. Демахин Р.А., Зубанов В.М. Численное моделирование и верификация рабочего процесса турбины малоразмерного двигателя // Тринадцатая общероссийская молодежная научно – технической конференция «Молодежь. Техника. Космос». – 2021. – Т. 1. – С. 34-36.

5. Матвеев В.Н., Попов Г.М., Горячкин Е.С. [и др.]. Валидация CFD-моделей неохлаждаемых турбин газотурбинных двигателей // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2014. – № №5 (47), Ч. 1. – С. 163-172.

6. Горячкин Е.С., Попов Г.М., Сеньчев М.Н. Валидация численных моделей многоступенчатых турбин газотурбинных двигателей // VI Общероссийская молодежная научно-техническая конференция Молодежь. Техника. Космос. – 2014. – С. 103-105.

7. Матвеев В.Н., Попов Г.М., Горячкин Е.С. и др. Валидация CFD-моделей неохлаждаемых турбин газотурбинных двигателей // Международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». – 2014. – С. 190-191.

Сведения об авторах

Ильин Илья Михайлович – инженер-конструктор лаборатории лопаточных машин. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин, рабочие процессы ракетных двигателей.

Зубанов Василий Михайлович – к.т.н., доцент кафедры ТДЛА им. В.П. Лукачева. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин, рабочие процессы ракетных двигателей

ANALYSIS OF THE OPERATING PROCESS OF AN AXIAL TUBULAR TNA JET ENGINE, WHOSE VANES ARE PROFILED USING VARIOUS TECHNIQUES

Iljin I.M.¹, Zubanov V.M.¹

¹Samara University, Samara, Fantomjax@yandex.ru

Keywords: Turbine, CFD modeling, Efficiency, Throughput, Blade.

The turbine blade profiling was considered according to the methods presented in [1] and [2]. To compare the parameters of the turbine designed according to the considered methods, the workflow was evaluated using CFD modeling tools in the ANSYS CFX software package.