

УДК 533.6.011

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ 1D РАСЧЕТА ОХЛАЖДАЕМОЙ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

© [данные обезличены], Горячкин Е.С.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: [данные обезличены]

Численное моделирование рабочего процесса охлаждаемой осевой турбины, активно развивающееся в настоящее время, позволяет снизить стоимость конечного продукта и сократить время его проектирования и доводки. В данной работе проведена валидация упрощенной методики одномерного проектирования на примере современной охлаждаемой двухступенчатой турбины высокого давления (ТВД), а также выполнено численное моделирование по результатам этой методики.

На первом этапе были сняты необходимые исходные данные: втулочные и периферийные размеры ТВД $D_{вт}$ и D_k ; полное давление и температура на входе в ТВД p_0 и T_0 ; частота вращения ротора ВД n ; удельная работа ТВД L ; осевая скорость и расход воздуха в каждом сечении: c_{ai} и G_i с базового проекта реальной трехмерной модели исследуемой турбины. Далее выполнялся 1D проектировочный расчет.

На втором этапе было выполнено 3D-моделирование турбины по результатам 1D проектирования. Моделирование лопаток осуществлялось в программном обеспечении NUMECA AutoBlade, которые после импортировались в сеткопостроитель AutoGrid. Полученная сеточная модель имела следующие характеристики: $y^+ = 1$; expansionRatio – 1,4; aspectRatio – 2000; количество элементов – 2 671 396.

Постановка и решение задачи осуществлялись в программном обеспечении NUMECA FINETM/TURBO в соответствии с рекомендациями [1]. Система охлаждения идентична системе охлаждения базового проекта ТВД. В качестве граничных условий на входе были заданы полная температура и полное давление, на выходе – значение статического давления. Модель рабочего тела – идеальный газ со свойствами продуктов сгорания. Модель турбулентности – Spalart-Allmaras. Результаты численного моделирования в FINETM/TURBO были сопоставлены с результатами одномерного проектирования и с результатами численного моделирования базового проекта.

На рис. 1 и 2 приведены графики изменения полного давления и полной температуры, соответствующие базовому проекту (сплошная линия) и результатам одномерного проектирования (пунктирная линия). Максимальная разница по полному давлению, полученному в результате одномерного проектирования, не превышает 12 % по сравнению с параметрами базой трехмерной модели, максимальное отличие полной температуры не превышает 2 %.

3D-модель ТВД, смоделированная по результатам одномерного проектирования, отличалась от базовой модели на не более 13 % по полному давлению и на не более 1 % по полной температуре. С результатами 1D проектировочного расчета 3D-модель имела разницу не более 5 % по полному давлению и не более 2,2 % по полной температуре.

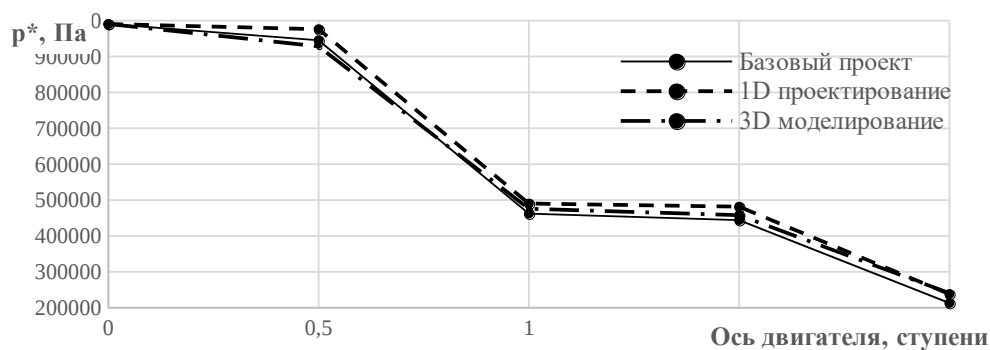


Рис. 1. Сравнение полного давления по сечениям ТВД

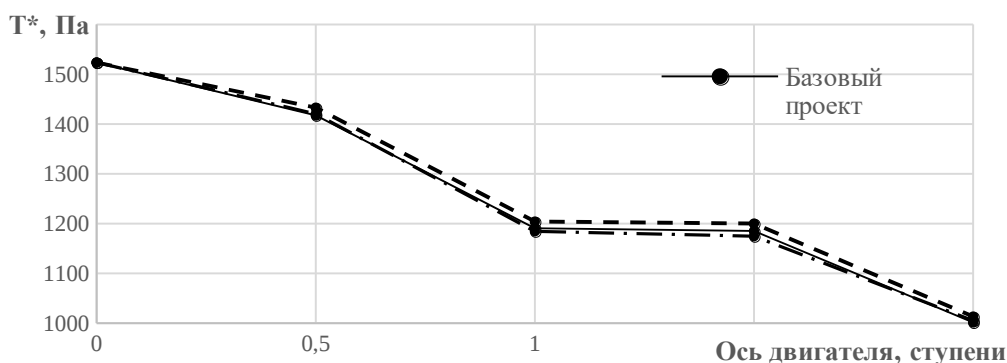


Рис. 2. Сравнение полной температуры по сечениям ТВД

В результате работы был получен проект современной двухступенчатой турбины высокого давления, исходными данными для которого являлись результаты одномерного проектирования. После сравнения параметров полученной и базовой моделей было установлено, что методика одномерного проектирования дает приемлемые результаты, которые можно использовать для трехмерного моделирования и получить похожую на базовую, но не идентичную, турбину. Чтобы получить меньшую разницу между моделируемой и базовой турбиной, в методике одномерного проектирования стоит уточнить такие основные параметры, как хорда профиля, угол установки профиля, горло решетки, площадь сечений.

Библиографический список

1. Попов Г.М., Горячкин Е.С., Смирнова Ю.Д., Батурин О.В. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики: электрон. учеб. пособие. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан (11,4 Мбайт). Самара, 2014.