

ВАЛИДАЦИЯ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ТРЕУГОЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ВИХРЕЙ НА НИЗКОНАПОРНОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ

Давыдов А.А.¹, Ковалева Н.Н.¹, Вятков В.В.², Давыдов А.А.¹

¹ ФБГОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьева», г. Рыбинск, andryusha_davydov_01@mail.ru

² ВГУВТ, филиал Рыбинское ордена «Знак Почёта» речное училище имени В. И. Калашникова, г. Рыбинск

Ключевые слова: треугольный генератор вихрей, численное моделирование, валидация.

В работах [1, 2] при помощи численного моделирования было показано, что неравномерность на входе в сопловой аппарат турбины газотурбинного двигателя приводит к изменению распределения завесной пленки по высоте лопатки на начальном участке корытца. Это происходит из-за смещения осей струй охлаждающего воздуха из отверстий перфорации, причиной отклонения которых является возникновение в потоке на входе в СА значительных местных поперечных скоростей.

Для подтверждения сделанных выводов была поставлена задача исследовать сопловые решетки в условиях закрученного потока на входе. Известно, что для решения некоторых аэродинамических задач применяются так называемые генераторы вихрей [3], параметры и характеристики которых известны. Они создают достаточно устойчивые вихревые следы, поперечные скорости в которых изменяются по известным законам.

Для моделирования входной завихренности был выбран треугольный генератор вихрей, показанный на рис. 1.

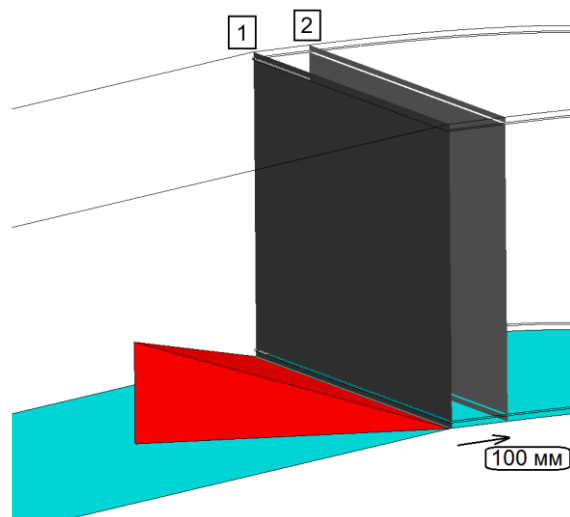


Рис. 1 – Треугольный генератор вихрей

Перед проведением экспериментальных исследований влияния поперечной скорости потока на отклонение осей струй охлаждающего воздуха из отверстий была выполнена валидация расчетной модели изолированного генератора вихрей. Экспериментальные исследования генератора проводились на имеющемся низконапорном аэродинамическом стенде, параметры которого описаны в работе [4].

Для расчетных исследований газодинамики была разработана расчетная модель, полностью соответствующая экспериментальной, для которой была построена расчетная сетка в ANSYS Meshing 19R1 со следующими параметрами. Размерность сетки – 55 млн узлов. Размер первой ячейки $5 \cdot 10^{-5}$ м, количество призматических слоев – 10.

Решения были получены в программном комплексе ANSYS CFX 24 R1. Стенки задавались гладкими с условием полного прилипания газа. Коэффициенты вязкости и теплопроводности рассчитывались в зависимости от температуры по формуле Сазерленда. В качестве рабочего тела использовался воздух с переменной теплоемкостью (рассчитанной по полиномиальной зависимости от температуры). Для замыкания системы осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса использовалась SST модель.

Экспериментально измерить поперечную компоненту скорости (определить количественное значение) за генератором затруднительно, поэтому было принято решение проводить валидацию по результатам траверсирования поля полного давления за генератором вихрей. На рис. 1 показаны плоскости, в которых замерялись параметры потока. На рис. 2 представлено сравнение полей избыточного давления за генератором вихрей, полученное при численном моделировании (сверху) и измеренное в эксперименте (снизу).

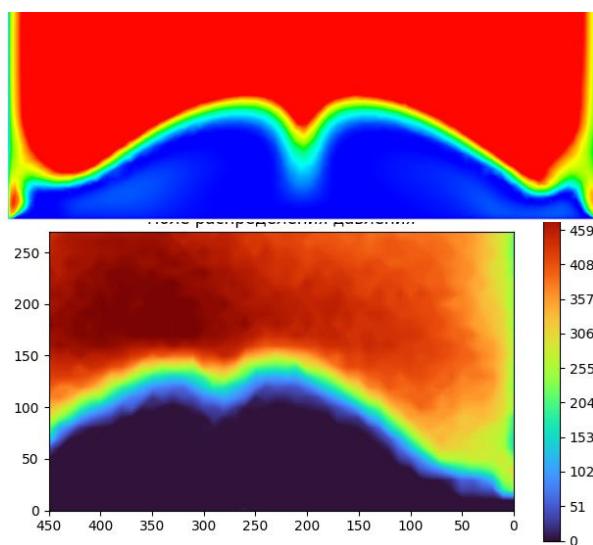


Рис. 2 – Сравнение полей полного давления за генератором вихрей

Сопоставление экспериментального и расчетного полей полного давления позволяет сделать заключение об адекватности выбранной методики моделирования.

Список литературы

1. Вятков В.В., Давыдов А.А., Ковалева Н.Н., Тошаков А.М. «Особенности пленочного охлаждения окрестности входных кромок соплового аппарата первой ступени в условиях входной неравномерности потока» // Изв. вузов. Авиационная техника. 2023, № 2, С. 104 – 110.
2. Вятков В.В., Давыдов А.А., Ковалева Н.Н. «Влияние взаимного расположения отверстий двухрядной перфорации начального участка корытца сопловых лопаток на эффективность пленочного охлаждения в условиях неравномерности входного потока» // Изв. вузов. Авиационная техника. 2024, № 2, С. 136 – 143.
3. К.М. Велте, В.Л. Окулов, И.В. Наумов «Режимы обтекания вихревого генератора» Письма в ЖТФ, 2012, том 38, вып. 8, стр. 54-62.
4. Тошаков, А.М. Исследование газодинамической эффективности системы межтурбинного переходного канала и диагонального соплового аппарата первой ступени турбины низкого давления [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.07.05. / Тошаков Александр Михайлович – Рыбинск: РГАТУ. – 2014. – 145 с. стр. 53-55.

Сведения об авторах

Давыдов Андрей Алексеевич – аспирант кафедры «Авиационные двигатели», ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет

имени П. А. Соловьева», область научных интересов – междисциплинарное численное моделирование процессов в узлах газотурбинных двигателей. E-mail: andryusha_davydov_01@mail.ru

Ковалева Наталья Николаевна – канд. техн. наук, заместитель директора по ОД передовой инженерной школы «Технологии двигателестроения», доцент кафедры «Авиационные двигатели» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», область научных интересов – численное моделирование гидродинамических и тепловых процессов в технических устройствах. E-mail: kovaleva.nat.nik@yandex.ru

Вятков Владимир Вячеславович – канд. техн. наук, заведующий отделением очного обучения (электромеханическое, судостроительное и организации перевозок и управления на транспорте) ВГУВТ, филиал Рыбинское ордена «Знак Почёта» речное училище имени В. И. Калашникова, область научных интересов – совершенствование методов проектирования газовых турбин авиационных двигателей. E-mail: vvvvad76@mail.ru

Давыдов Антон Алексеевич, студент кафедры «Авиационные двигатели» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», область научных интересов – численное моделирование процессов в узлах газотурбинных двигателей, автоматизация инженерных расчетов. E-mail: lapkieme@gmail.com

VALIDATION OF THE COMPUTATIONAL MODEL OF A TRIANGULAR VORTEX GENERATOR ON A LOW-PRESSURE AERODYNAMIC STAND

A. A. Davydov¹, N.N. Kovaleva¹, V.V. Vyatkov², A. A. Davydov¹

¹Federal State-Financed Educational Institution of Higher Professional Education «P. A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University», Rybinsk, , andryusha_davydov_01@mail.ru

²Vladimir State University of Water Transport (VGUWT), Branch: Rybinsk River School named after V. I. Kalashnikov, Order of the Badge of Honor, Rybinsk

Keywords: triangular vortex generator, numerical modeling, validation.