

ВЕРИФИКАЦИЯ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Еременко В.В., Михайлов А.Е., Михайлова А.Б., Горюхин М.О., Красноперов Д.Г.
Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, vlad.eremenko@yandex.ru

Ключевые слова: теплообменный аппарат, аддитивное производство, вычислительная гидрогазодинамика.

Объектом численного моделирования является серия различных теплообменников, изготовленных при помощи аддитивного производства по программе NATHENA (New Additive Manufacturing Heat Exchanger for Aeronautic). Этот проект был посвящен разработке и испытанию высокоэффективного теплообменника для авиационной системы кондиционирования воздуха [1].

В данной работе все расчеты проводились в программном комплексе Ansys CFX 2022 R1. Исследуется задача в полной 3D постановке. На входе в качестве граничного условия задан профиль скорости в соответствии с экспериментом и полная температура. На выходе задано атмосферное статическое давление, соответствующее нормальным атмосферным условиям. Условие подогрева медной пластины осуществлялось, с помощью задания теплового потока равным 26000 Вт/м^2 на верхней стенке. При расчете теплогидравлических задач особое внимание уделяется заданию шероховатости, так как ее значение значительно влияет на результаты расчета [2-10]. В работе проводится исследования по различным моделям турбулентности (*SST*, *k-e*) и моделям шероховатости (эквивалентная песчаная шероховатость *ESGR* и *High Roughness*).

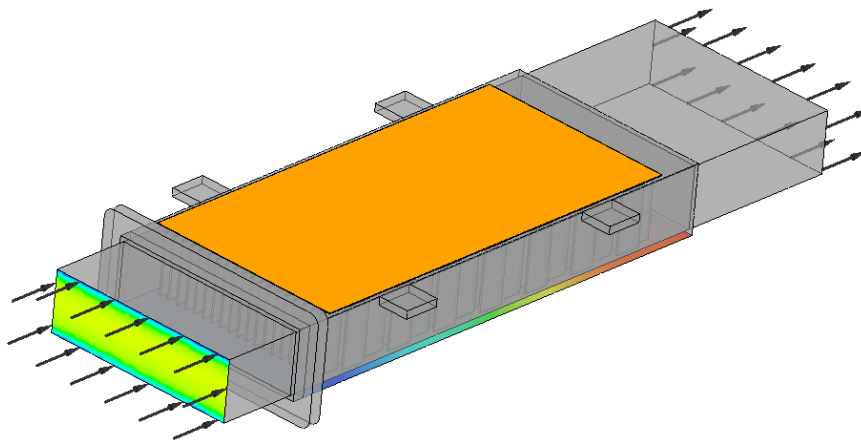


Рисунок 1 – Расчетная область

В результате было определено, что применение модели турбулентности *k-e* и модели эквивалентной шероховатости по формуле *Stimpson* дает идентичные результаты по потерям полного давления. В остальных вариантах наблюдается значительное расхождение при увеличении расхода воздуха через ТО, что и приводит к увеличению гидравлических потерь. В тоже время при расходе воздуха 20 г/с применение модели турбулентности *SST* и отсутствие шероховатости позволяет получить аналогичные с экспериментом результаты по величине температуры в выходном сечении. При снижении расхода воздуха до 10 г/с наиболее близкие значения к эксперименту показывает вариант расчета с применением модели турбулентности *k-e* и модели эквивалентной шероховатости по формуле *Stimpson*.

Дальнейшая работа заключается в создании математической модели, используя как гидравлическую калибровку путем изменения эквивалентной шероховатости, так и тепловую коррекцию от турбулизации потока.

Список литературы

1. New additive manufacturing heat exchanger for aeronautic [Электронный ресурс]. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/785520> (дата обращения 18.05.2023).
2. Hathaway B.J. et al. Design and characterization of an additive manufactured hydraulic oil cooler // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2018. Т. 117. С. 188-200.
3. Aupoix B. Improved heat transfer predictions on rough surfaces // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2015. Т. 56. С. 160-171.
4. Mazzei L., Da Soghe R., Bianchini C. CFD Modelling Strategies for the Simulation of Roughness Effects on Friction and Heat Transfer in Additive Manufactured Components // Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air. American Society of Mechanical Engineers, 2020. Т. 84188. С. V07CT13A021.
5. Barbin A.R., Jones J.B. Turbulent flow in the inlet region of a smooth pipe. 1963.
6. Stimpson C.K. et al. Scaling roughness effects on pressure loss and heat transfer of additively manufactured channels // Journal of Turbomachinery. 2017. Т. 139. № 2.
7. Hathaway B.J. et al. Design and characterization of an additive manufactured hydraulic oil cooler // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2018. Т. 117. С. 188-200.
8. Bons J.P. A Review of Surface Roughness Effects in Gas Turbines // Journal of turbomachinery. 2010. Т. 132. № 2.
9. Molitor V.D. Experimental Study on Pressure Losses in Additive Manufactured Channels // RWTH Aachen. 2018.
10. Colebrook C.F. et al. Correspondence. turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws.(includes plates) // Journal of the Institution of Civil engineers. 1939. Т. 12. № 8. С. 393-422.

Сведения об авторах

Михайлов А.Е., канд. техн. наук, с.н.с. ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы ГТД на установившихся и неустановившихся режимах работы.

Горюхин М.О., инженер ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

Михайлова А.Б., канд. техн. наук, с.н.с. ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в турбомашинах.

Еременко В.В., оператор ЭВ и ВМ ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

Красноперов Д.Г., инженер ПИШ «Моторы Будущего». Область научных интересов: рабочие процессы в малоразмерных ГТД, процессы теплообмена.

CALIBRATION OF A CFD METHODOLOGY FOR THE SIMULATION OF ROUGHNESS EFFECTS ON FRICTION AND HEAT TRANSFER IN ADDITIVE MANUFACTURED COMPONENTS

Eremenko V.V., Mikhailov A.E., Mikhailova A.B., Goryukhin M.O., Krasnoperov D.G.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, vlad.erenko@yandex.ru

Keywords: heat exchanger, additive manufacturing, computational fluid dynamics.

This paper presents a methodology for the verification of CFD simulations of an additively manufactured heat exchanger. The simulations were performed on different roughness and turbulence models.