

УДК 519.63

Некоторые результаты расчетов турбулентных течений в криволинейных каналах с использованием вихреразрешающего подхода

Балабина Т. Ю., Дерюгин Ю. Н., Кудряшов Е. А.

ФГУП «РФЯЦ - ВНИИЭФ»

Аннотация: В работе исследуются структуры турбулентных потоков с использованием сеточных моделей, отвечающих RANS и вихреразрешающим моделям турбулентности. Актуальность работы обусловлена требованиями детального моделирования турбулентных явлений, возникающих под воздействием многих факторов в лазерных установках замкнутого типа. Из хорошей согласованности произведенных расчетов с экспериментальными данными сделан вывод об адекватности моделирования исследуемых явлений с использованием вихреразрешающей DES модели турбулентности.

Ключевые слова: численное моделирование, сеточная модель, турбулентность.

Ключевым аспектом в создании лазерных установок замкнутого типа является получение однородного профиля скорости на рабочих участках. Однако, поворотные конструкции, изменение размеров сечения канала, введение экранирующих потоков существенно влияют на структуру потока. Все это приводит к возникновению возмущений в потоке и развитию турбулентности.

Рассматривая проблему эффективных способов выравнивания профиля скорости потока, следует учитывать, что каждый источник генерации возмущений порождает определенный вид неоднородности. Таким образом, первоочередной задачей в решении поставленной проблемы является получение представления о формировании той или иной неоднородности, которая порождается характерными элементами конструкции. В рамках данной работы рассмотрены поворотные участки канала на угол 90° (колена), а также связка «диффузор-конфузор».

Современные подходы к моделированию течений в каналах подобного типа предъявляются высокие требования к описанию турбулизации потока. Использование RANS моделей, в расчетах такого типа дает, как правило, квазистационарную картину течения, что не совсем соответствует действительности. Модели турбулентности должны достаточно точно описывать не только усредненные поля, но и мелкомасштабные пульсации отрывных течений, которые можно получить только в нестационарном расчете. В настоящее время для этих целей развиты вихреразрешающие модели турбулентности, которые позволяют увеличить разрешающую способность моделирования турбулентных течений [1] и получать более адекватные картины течений. Одним из основных требований к использованию вихреразрешающих моделей является требование к расчетной сетке. В области турбулентных вихрей сетка должна иметь размер ячеек достаточный для их точного разрешения.

В настоящей работе для численного исследования структуры турбулентных потоков в рассматриваемых элементах конструкций построены сеточные модели, отвечающие RANS и вихреразрешающим моделям турбулентности. Расчеты течений были выполнены как в стационарной, так и в нестационарной постановках

по комплексу программ «ЛОГОС» [2] на параллельном суперкомпьютере. Из анализа полученных результатов делается вывод о том, что осредненные параметры потока в нестационарной постановке с использованием вихреразрешающей DES модели турбулентности [3] качественно и количественно лучше совпадает с экспериментальными данными, которые были получены на аэродинамическом стенде ФТ-18 на базе НГТУ им. Р. Е. Алексеева [4].

Литература

1. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Травин А.К., Шур М.Л. Современные подходы к моделированию турбулентности: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2016. 234 с.
2. Козелков А.С., Дерюгин Ю.Н., Зеленский Д.К., Полищук С.Н., Лашкин С.В., Жучков Р.Н., Глазунов В.А., Яцевич С.В., Курулин В.В. Многофункциональный пакет программ ЛОГОС: физико-математические модели расчета задач аэро-, гидродинамики и тепломассопереноса. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2013. 67 с.
3. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. Аношкин Ю.И., Добров А.А., Кузьма М.М. и др. Разработка и обоснование экспериментального стенда ФТ-18 для исследования процессов смешения в моделях различной геометрии // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. № 2 (125). С. 94-104. DOI 10.46960/1816-210X2019_2_94

MSC 65D25

Some results of turbulent flows calculations in curved channels using a vortex-resolving approach

T. Y. Balabina, Y. N. Deryugin, E. A. Kudryashov

FSUE «RFNC - VNIIEF»

Abstract: The paper investigates the structures of turbulent flows using grid models corresponding to RANS and vortex-resolving turbulence models. The relevance of the work is due to the requirements of detailed modeling of turbulent phenomena arising under the influence of many factors in closed-type laser installations. The conclusion is made about the adequacy of modeling the phenomena under study using the vortex-resolving DES turbulence model from the good consistency of the calculations performed with the experimental data.

Keywords: numerical modeling, grid model, turbulence.

References

1. A.V. Garbaruk, M.H. Strelec, A.K. Travin, M.L. SHur, Modern approaches to turbulence modeling: textbook, St. Petersburg, Publishing House of the Polytechnic. Un-ta, 2016. 234 p.
2. A.S. Kozelkov, Yu.N. Deryugin, D.K. Zelensky, S.N. Polishchuk, S.V. Lashkin, R.N. Zhuchkov, V.A. Glazunov, S.V. Yatsevich, V.V. Kurulin, Multifunctional software package LOGOS: physico-mathematical models for calculating problems of aero-, hydrodynamics and heat and mass transfer, Sarov, RFNC-VNIIEF, 2013, 67 p.
3. K.N. Volkov, V.N. Emelyanov, Modeling of large vortices in calculations of turbulent flows, M, FIZMATLIT, 2008.
4. Yu.I. Anoshkin, A.A. Dobrov, M.M. Kuzma and [et al.], Development and justification of the FT-18 experimental stand for the study of mixing processes in models of various geometries, *Proceedings of the R.E. Alekseev NSTU*, 2019, № 2 (125), P. 94-104. DOI 10.46960/1816-210X2019_2_94