

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ И МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОЭМИССИОННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТУ

Литвиненко З. С.<sup>1</sup>, Старостин Д. А.<sup>1</sup>, Миронов Н. С.<sup>1</sup>, Четет И. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, zah52351@mail.ru

<sup>2</sup>Самарский университет, г. Самара.

*Ключевые слова:* камера сгорания, горелочное устройство, выбросы вредных веществ, модель турбулентности, газотурбинная установка, кинетический механизм.

При проектировании камеры сгорания (КС) для газотурбинной установки неизбежно возникает задача оценки ее газодинамической эффективности и основных характеристик [1]. Высокая стоимость изготовления прототипа и проведения натурных испытаний, невозможность проводить наблюдения отдельных физических процессов и измерять характеристики внутри испытываемого изделия без вмешательства в рабочий процесс – всё это обуславливает необходимость проведения газодинамических расчетов численными методами, позволяющих анализировать и отслеживать обширный набор параметров, а также значительно снижать потребные затраты. Исключение ошибки дискретизации расчетной области, а также выбор корректных подходов к решению позволяют повысить точность численного исследования. В то же время, подробное сеточное разбиение и использование достоверных расчетных механизмов и моделей требует значительных вычислительных мощностей, что может привести к частичному нивелированию экономических выгод конечно-элементных расчетов. Таким образом, перед расчетчиком в рамках повседневной деятельности встает задача выбора приемлемых с точки зрения точности и ресурсоемкости расчётных сеток, редуцированных моделей и механизмов, позволяющих прогнозировать характеристики камеры сгорания.

В данной работе была создана геометрическая модель расчётной области горелочного устройства и малоэмиссионной камеры сгорания наземной газотурбинной установки, выполнена декомпозиция моделей на характерные области в целях контроля сеточного разбиения. Проведено исследование влияния сеточного разрешения проточных частей горелочного устройства и камеры сгорания на их расходные характеристики и параметры рабочего процесса. На основании полученных результатов сеточной сходимости выбраны оптимальные параметры конечно-элементной сетки с точки зрения двух факторов: длительности расчета с одной стороны и ошибки дискретизации с другой.

Для выбранного варианта сетки проточной части горелки проведено исследование влияния моделей турбулентности различной детализации и ресурсоемкости на качественное и количественное распределение контролируемых физических величин (при неизменных моделях горения и механизме образования продуктов сгорания метано-воздушной смеси); для камеры сгорания – влияние различных моделей горения и кинетических механизмов [2-5] на распределение контролируемых физических величин (при неизменной модели турбулентности).

Проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными: в ходе сопоставления сделан вывод об их удовлетворительном качественном и количественном совпадении. Сформированы рекомендации по выбору модели турбулентности, подхода к декомпозиции и дискретизации расчётной области, выбору модели горения и кинетического механизма.

### Список литературы

1. Артур Лефевр. Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир. 1986. 569 с.
2. GRI 3.0 – 30/99 – Gregory P. Smith. Kinetics modeling of shock-induced ignition in low-dilution CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> mixtures at high pressures and intermediate temperatures – DOI:10.1016/j.ijhydene.1998.01.017.

3. Konnov (NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>) 2019 – 128/957 – Li R., Konnov A. Chemical mechanism development and reduction for combustion of NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> mixtures – DOI:10.1016/j.fuel.2019.116059.

4. POLIMI C1-C3 – 159/2459 – Gersen S. Ignition properties of methane/hydrogen mixtures in a rapid compression machine – DOI:10.1016/j.ijhydene.2008.01.017

5. Wang et al. – 48/308 – Wang T. Automatic generation of a kinetic skeletal mechanism for methane-hydrogen blends with nitrogen chemistry. – DOI:10.1016/j.ijhydene.2017.12.116.

#### Сведения об авторах

Литвиненко Захар Сергеевич, бакалавр, техник-конструктор. Область научных интересов: численное исследование процессов и течений в горелочных и форсуночных устройствах КС.

Старостин Дмитрий Андреевич, бакалавр, техник-конструктор. Область научных интересов: численное моделирование рабочего процесса в КС.

Миронов Николай Сергеевич, специалист, инженер-конструктор. Область научных интересов: комплексная оценка газодинамических и термомеханических характеристик КС численными и эмпирическими методами.

Чечет Иван Викторович, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: химия процесса горения, одномерные модели рабочего процесса КС, автоматизированные методики проектирования КС, разработка практических подходов к пробоотбору и химическому анализу.

### **INVESTIGATION OF INFLUENCE OF VISCOSITY MODELS AND COMBUSTION MODELS ON MAIN CHARACTERISTICS OF LOW-EMISSION COMBUSTION CHAMBER**

Litvinenko Z. S.<sup>1</sup>, Starostin D. A.<sup>1</sup>, Mironov N. S.<sup>1</sup>, Chechet I.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, zah52351@mail.ru

<sup>2</sup>Samara National Research University, Samara, Russia.

*Keywords: combustion chamber, burner, emission, turbulence, gas-turbine engine, kinetics modeling.*

In the course of their working activities, the engineer is faced with the task of selecting grid resolution, models and mechanisms that are acceptable in terms of accuracy and resource consumption, allowing them to predict the characteristics of the combustion chamber.

In this paper, the influence of the grid resolution of the flow zones of the burner device and the combustion chamber on their flow characteristics and parameters of process was studied. For the selected version of the burner flow-through grid, the influence of various turbulence models on qualitative and quantitative distribution of the controlled physical quantities was studied; for low-emission combustion chamber, the influence of different combustion models and kinetic mechanisms on the distribution of physical quantities was studied, too.

The results of the calculation are compared with the experimental data: during the comparison, a conclusion is made about their satisfactory qualitative and quantitative coincidence. Recommendations are formed for the choice of the turbulence model, the approach to decomposition and discretization of the calculated domain, the choice of the combustion model and the kinetic mechanism.