

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ НА ЭМИССИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА В МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ С МИКРОФАКЕЛЬНЫМ ГОРЕЛОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Новичкова С.С.¹, Гураков Н.И.¹, Матвеев С.С.¹, Абрашкин В.Ю.¹, Радин Д.В.¹,
Идрисов Д.В.¹, Анисимов В.М.¹, Симин Н.О.², Ивановский А.А.²

¹Самарский университет, г. Самара, novichkova.ss@ssau.ru

²АО «Силовые машины», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: горелочное устройство, моделирование, эмиссия, камера сгорания, экспериментальное исследование.

В настоящее время загрязнение атмосферы оксидами азота NO_x образующимися вследствие процессов горения в камерах сгорания авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок, является серьёзной экологической проблемой. Наиболее эффективными подходами к снижению NO_x в продуктах сгорания является организация бедного горения топливно-воздушной смеси (ТВС) и применение альтернативных видов топлива, таких как водород. Использование водорода в качестве топлива в традиционных камерах сгорания с горелочными устройствами, обеспечивающими горение в закрученном потоке невозможно в связи с высокой вероятностью проскока, а также возникновением автоколебаний газа в камере сгорания. Поэтому в данной работе исследуется возможность применения микрофакельного горелочного устройства для организации горения чистого водорода, которое по сравнению с традиционным обладает рядом преимуществ: способностью работать на водороде, широкие границы устойчивой работы по бедному срыву пламени, и минимальную вероятность возникновения пульсационного горения, на рабочих режимах камеры сгорания.

В работе проведено расчётно-экспериментальное исследование образования оксидов азота в камере сгорания с установленным разработанным горелочным устройством, состоящем из 36 струйных форсунок. Экспериментальное исследование проводилось на высокотемпературной установке НОЦ ГДИ Самарского университета при сжигании водорода при коэффициентах избытка воздуха 2,3-3,1, атмосферном давлении и температуре воздуха 673К. Полученные экспериментальные данные использованы для валидации расчётных моделей.

Проведено численное исследование образования эмиссии NO_x в камере сгорания с установленным разработанным микрофакельным горелочным устройством на режимах, соответствующих экспериментальным. Особенностью при моделировании горения чистого водорода является необходимость учёта изменения скорости смешения топлива с воздухом, что регулируется в расчётных моделях с помощью газодинамических критериев подобия. В рамках данной работы расчёты выполнялись в Ansys Fluent в стационарной постановке с использованием подхода RANS, а также в нестационарной постановке с использованием подхода LES. Модель турбулентности, используемая в расчётах k-omega SST [1], модель горения Partially Premixed Combustion. В качестве кинетического механизма используется модель Wang 2018 [2] (48 компонентов и 308 реакций). В данной работе исследовано влияние критериев подобия (Числа Прандтля, Шмидта, Льюиса) на расчет эмиссии оксидов азота, в результате чего представлены соответствующие рекомендации для настройки расчётных моделей.

Список литературы

1. ANSYS Fluent Theory Manual 17.0 (15151) [Text] / Reaction Design. – USA, San Diego: Reaction Design, 2015.

2. Wang, Y.A PAH growth mechanism and synergistic effect on PAH formation in counterflow diffusion flames [Text] / Y. Wang, A. Raj, S.H. Chung // Combustion and Flame, 2013. – V.160, I.9. – P. 1667-1676.

Сведения об авторах

Новичкова С.С., аспирант, лаборант-исследователь НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: моделирование процессов в камерах сгорания ГТД и ГТУ.

Гураков Н.И., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: механика жидкости и газа, моделирование процессов в камерах сгорания ГТД и ГТУ.

Матвеев С.С., к.т.н., старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей, с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: образование и выброс загрязняющих веществ при сжигании углеводородных топлив, применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

Абрашкин В.Ю., к.т.н., заведующий лабораторией исследования моделей камер сгорания ГТД Самарского университета. Область научных интересов: проектирование и доводка камер сгорания ГТД.

Радин Д.В., к.т.н., инженер НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения пульсаций давления в камере сгорания ГТД.

Идрисов Д.В., м.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

Анисимов В.М., ассистент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: газодинамические расчёты рабочего процесса камер сгорания ГТД.

Симин Н.О., заместитель главного конструктора по расчетно-экспериментальным работам СКБ по конструированию газовых и парогазовых турбин АО «Силовые машины». Область научных интересов: проектирование и доводка камер сгорания ГТД.

Ивановский А.А., генеральный конструктор АО «Силовые машины». Область научных интересов: проектирование и доводка камер сгорания ГТД.

INVESTIGATION OF THE EFFECT SIMILARITY CRITERION ON THE POLLUTANT EMISSIONS IN SIMULATION OF THE HYDROGEN COMBUSTION PROCESS IN A MODEL COMBUSTION CHAMBER WITH A MICROFLAME BURNER

Novichkova S.S.¹, Gurakov N.I.¹, Matveev S.S.¹, Abrashkin V.Yu.¹, Radin D.V.¹, Idrisov D.V.¹, Anisimov V.M.¹, Simin N.O.², Ivanovskii A.A.²

¹Samara University, Samara, Russia, novichkova.ss@ssau.ru

²АО “Silovye Mashiny”, Saint Petersburg, Russia

Keywords: burner device, simulation, emission, combustion chamber, experimental research.

In this work, a study was made of the influence of similarity criterion on the calculation of the pollutant emission (NO_x) during the combustion of hydrogen in a model combustion chamber with a microflame burner. Based on the work performed, recommendations are proposed for choosing the Prandtl and Schmidt numbers for this problem statement. The results of the 3D-calculation were validated by experimental data obtained on a high-temperature facility. The simulation of the combustion process was carried out in the Ansys Fluent software product in the modes corresponding to the experimental study.