

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА НА ПРЕДЕЛ СРЫВА ПЛАМЕНИ ПРИ БЕДНОЙ СМЕСИ В ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКЕ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СМЕШЕНИЕМ

С.С. Матвеев, Д.В. Идрисов, Е.О. Ган
Самарский университет, г. Самара, matveev@ssau.ru

Ключевые слова: углеводородное топливо, водород, горение, бедный срыв пламени, вихревая горелка.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию срыва пламени при работе на бедных смесях в процессе горения метано-водородных смесей в модельной вихревой горелке с предварительным смешением компонентов. Исследование представляет интерес для разработки малоэмиссионных камер сгорания газотурбинных установок, работающих на топливе с добавлением водорода. Актуальность работы обусловлена тем, что добавление водорода к метану расширяет область устойчивого горения, одновременно изменяя механизм стабилизации пламени в закрученном потоке и влияя на рабочие пределы горелки.

Эксперименты проводились с использованием модельной вихревой горелки с кварцевой жаровой трубой при атмосферном давлении и температуре воздуха на входе 423 К. Объемная доля водорода в топливе варьировалась от 0 до 50%, а режим работы горелки изменялся путем варьирования перепада давления на ней в диапазоне 2–5%. Предел срыва пламени при работе на бедной смеси определялся методом квазистационарного обеднения смеси с фиксацией критического коэффициента избытка воздуха (α_{LBO}) в момент полного погасания пламени.

Было показано, что увеличение доли водорода приводит к монотонному смещению предела срыва в сторону более бедных смесей. В частности, для режима с перепадом давления 3% добавление 40% водорода увеличивает критическое значение α_{LBO} с 1,87 до 2,43, то есть примерно на 30%. В то же время увеличение расхода воздуха смещает пределы срыва для всех составов топлива в сторону более богатых смесей; однако присутствие водорода частично компенсирует дестабилизирующее влияние возросшей скорости потока.

Визуализация пламени показала, что добавление водорода изменяет макроструктуру пламени: зона реакции становится более компактной, а фронт пламени смещается ближе к выходному сечению горелки. Даже в условиях работы на крайне бедных смесях, недостижимых для чистого метана, пламя сохраняет устойчивую V-образную структуру, закрепленную у корня пламени. Сравнение экспериментальных пределов срыва с расчетными значениями скорости ламинарного пламени выявило нелинейную зависимость, указывающую на совместное влияние химической кинетики, турбулентного перемешивания и аэродинамики закрученного потока на механизм стабилизации пламени.

Полученные результаты расширяют экспериментальную базу данных по устойчивости горения метано-водородных смесей в вихревых горелках и могут быть использованы для валидации CFD-моделей, а также при проектировании перспективных малоэмиссионных камер сгорания для энергетических и авиационных газотурбинных установок.

Сведения об авторах

Матвеев С.С. – к.т.н., с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

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

Ган Е.О. – студент группы 2418-240502D Самарского университета. Область научных интересов: робототехника, исследование процессов в камере сгорания.