

ОБЗОР МЕХАНИЗМОВ ГОРЕНИЯ АММИАК/ВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ

Д.В. Идрисов, А.Э. Уармим, С.С. Матвеев, С.П. Кулаков
Самарский университет, г. Самара, idrisov.dv@ssau.ru

Ключевые слова: углеводородное топливо, аммиак, водород, кинетический механизм, химическая кинетика.

В настоящее время глобальный тренд на декарбонизацию стимулирует поиск альтернативных низкоуглеродных или безуглеродных видов топлива для газотурбинных установок. Водород и аммиак рассматриваются как перспективные безуглеродные виды топлива, способные обеспечить исключение выбросов углерода. Аммиак может служить энергоносителем, поскольку он легко сжижается, обладает высокой плотностью водорода и позволяет использовать существующую инфраструктуру для хранения и транспортировки. Однако его прямое использование в камерах сгорания с высокой интенсивностью процесса ограничено низкой скоростью ламинарного горения, высокой энергией зажигания и узкими пределами воспламеняемости. Для преодоления этих трудностей аммиак можно подвергать частичному крекингу с получением водорода и азота, что повышает реакционную способность и улучшает стабильность пламени. В связи с этим крайне важно понимать химические механизмы горения таких смесей, чтобы контролировать выбросы, сохраняя при этом эффективность процесса горения.

Целью данного исследования является оценка десяти перспективных кинетических механизмов для смесей NH_3/H_2 , описанных в научной литературе, с использованием программного обеспечения CHEMKIN-Pro. Были выбраны следующие механизмы: C3MechV4.0-2025, Glarborg-2024, Tsinghua-2024, KAUST-2023, POLIMI-2023, Otomo-2018, Han-2020, Mei_2021, NUIG-2024 и W.Zhu 2024. Механизмы прошли валидацию на основе экспериментальных данных по времени задержки воспламенения, скорости распространения пламени и концентрациям компонентов в широком диапазоне рабочих условий; целью этой проверки было выявление наиболее эффективных моделей и создание обоснованной базы для проектирования газотурбинных установок с низким уровнем выбросов, работающих на смесях NH_3/H_2 . Эффективность каждого механизма горения оценивалась количественно с помощью функции ошибки E, предложенной Тураньи (Turanýi) и др. Стандартные отклонения измерений оценивались с учетом как экспериментальной погрешности, так и разброса данных, определенного с помощью алгоритма Minimal Spline Fit.

Наилучшие результаты показали модели NUIG-2024, C3MechV4.0-2025 и Tsinghua-2024. Однако даже эти механизмы не позволяют воспроизвести экспериментальные данные в пределах доверительного интервала 3σ . Кроме того, точность прогнозирования каждого механизма варьируется в зависимости от конкретных рабочих условий и типов анализируемых данных. Для устранения этих расхождений в дальнейшей работе мы проведем анализ чувствительности, чтобы определить критические реакции, определяющие результаты прогнозирования времени задержки воспламенения, скорости распространения пламени и путей образования оксидов азота (NO_x) в условиях, характерных для газовых турбин.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 25-79-00237.

Сведения об авторах

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.

Уармим А.Э. – аспирант кафедры ТиТД Самарского университета. Область научных интересов: применение аммиак-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

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.

Кулаков С.П. – студент группы 2128-030401D Самарского университета. Область научных интересов: исследование нормальной скорости распространения пламени.