

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ЭНЕРГОВВОДА В СВЕРХЗВУКОВОЙ ПИРОЛИТИЧЕСКИЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР. ПРОЕКТ № 122

Координатор: член-корр. РАН Фомин В. М.

Исполнители: ИТПМ, ИК СО РАН

Выполнены экспериментальные и теоретические исследования, направленные на изучение возможности разложения углеводородов с использованием неравновесной низкотемпературной плазмы в сверхзвуковом газодинамическом реакторе, а также в реакторе с лазерным вводом энергии. Для решения поставленной проблемы создана экспериментальная установка, представляющая собой сверхзвуковую аэродинамическую трубу баллонного типа с выхлопом в вакуумную емкость. Сверхзвуковое сопло геометрически образовано центральным анодом, закрепленным на пилоне, и внешним кольцеобразным катодом. Общая схема заполнения разрядом межэлектродного промежутка представлена на рисунке.

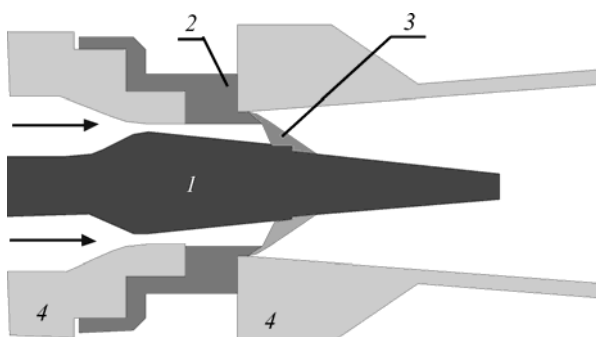
Экспериментальные исследования показали, что разряд в сверхзвуковом потоке метана достаточно сильно контрагировал. Определены условия для инициирования устойчивого объемного диффузного разряда: снизить давление в потоке, а также осуществить добавки кислорода в поток метана. В результате впервые удалось инициировать объемный диффузный тлеющий разряд в сверхзвуковом потоке метана.

На основе решения уравнения Больцмана для функции распределения электронов по энергиям и соответствующих балансных уравнений рассчитаны параметры такого разряда. Выполнены оценки условий устойчивого горения. Рассмотрена кинетика процессов, протекающих в разряде и включающих взаимодействие электронов с молекулами метана: возбуждение колебательных уровней, ионизацию и диссоциацию с образованием нескольких сортов радикалов. Рассчитаны концентрации радикалов на выходе из зоны разряда. Эти расчеты косвенно подтверждены результатами хро-

мотографического анализа пробы, взятой из емкости выхлопа после взаимодействия сверхзвукового потока метана с тлеющим разрядом. Получено, что на выходе из зоны разряда в потоке содержится количество радикалов, которое составляет менее 1 % от концентрации метана.

В результате численного моделирования показано, что полученное количество радикалов, а также добавки кислорода могут позволить снизить температуру инициализации разложения метана с 3000 до 1200 К при условии увеличения времени взаимодействия потока с плазмой разряда. Это условие возможно выполнить, используя секционный катод либо «закручивая» плазму в магнитном поле.

Исследовался процесс неокислительной дегидроконденсации метана в дозвуковом газодинамическом реакторе с вводом энергии лазерного излучения, которая преобразуется в тепловую посредством сенсibilизатора, входящего в состав газовой смеси. В ходе экспе-



Заполнение разрядом межэлектродного промежутка.
1 — анод, 2 — катод, 3 — разряд, 4 — изолятор; стрелкой показано направление потока метана

Discharge in the interelectrode gap.

1 — anode, 2 — cathode, 3 — discharge, 4 — insulator. The arrows indicate the flow direction.

риментов показано, что материал сопла не оказывает каталитического воздействия на процесс димеризации, что позволяет считать условия протекания химических реакций гомогенными. Установлен диапазон рабочих параметров, когда происходит конверсия метана в этилен. Расход газового потока должен не превосходить 6 л/ч, а состав смеси определяться соотношением $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_4 \sim 5$. Выявлено, что образование пропилена происходит при любых задаваемых параметрах работы реактора.

Выполнено теоретическое исследование неокислительной дегидроконденсации метана в газодинамическом реакторе с вводом энергии лазерного излучения. Создан программный пакет ChemPAK с расширяемой библиотекой вычислительных модулей, позволяющий обрабатывать большие системы химических реакций, записанных традиционными химическими символами. Одним из назначений пакета являются исследования по определению механизмов химических реакций, протекающих в разных газодинамических условиях.

Основные публикации

1. Денисова Н. В., Постников Б. В., Фомин В. М. Поперечный тлеющий разряд в сверхзвуковом потоке в воздухе и метане// Физика плазмы. 2006. № 3.
2. Снытников В. Н., Стояновский В. О., Пармон В. Н. Лазерно-индуцированная люминесценция оксидных катализаторов, возбуждаемая излучением ArF-лазера// Кинетика и катализ. 2005. Т. 46, № 2. С. 278—287.