

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗАХ НА УДАРНЫХ ТРУБАХ ИНСТИТУТА МЕХАНИКИ МГУ

П.В. Козлов

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

kalevala@mail.ru

<https://istina.msu.ru/workers/213066/>

Экспериментальные данные по физико-химическим процессам в высокотемпературных газах в широком диапазоне параметров актуальны в связи с разработкой и конструированием новых космических аппаратов. Эти данные могут служить также для валидации и верификации существующих и разработки новых математических моделей. В Институте механики МГУ им. М.В. Ломоносова работает единственный в России экспериментальный комплекс ЭКУД, который состоит из трех ударных труб. Двух-диафрагменная ударная труба DDST-M и стандартная ударная труба STS-M используются для исследования радиационных свойств высокотемпературных газов за сильными ударными волнами. С помощью метрологической ударной трубы STM изучается процесс воспламенения различных горючих смесей.

В результате исследований, проведенных на ударных установках DDST-M и STS-M за последние десять лет, получено большое количество экспериментальной информации по радиационным характеристикам ударно нагретых газов в широком интервале длин волн ($\lambda = 115-1100$ нм). Спектральный диапазон, соответствующий VUV области ($\lambda = 115-200$ нм), был исследован на ударной трубе STS-M, которая оснащена соответствующей вакуумной аппаратурой для предотвращения поглощения коротковолнового излучения при его прохождении через монохроматор и соединительные каналы. Получены данные по интегральным по времени разверткам излучения (панорамным спектрам) и временным зависимостям интенсивности излучения отдельных спектральных линий в чистом аргоне, молекулярном кислороде, воздухе и смеси CO_2/N_2 , моделирующей атмосферу Марса.

Исследование самовоспламенения горючих смесей в ударно нагретом газе было проведено на ударной установке STM применительно к различным смесям на основе водорода, пропана и пропилена. Использование быстродействующих датчиков давления совместно с применением оптической системы, а также датчиков теплового потока позволило не только измерить время задержки воспламенения смеси за падающей и отраженной ударной волной, но и оценить пространственно-временные характеристики процесса воспламенения.

С помощью ударной установки DDST-M была проведена серия зондовых измерений параметров низкотемпературной плазмы перед фронтом падающей ударной волны. Для этого в конструкцию ударной трубы был добавлен изолированный электрический зонд для контактной регистрации параметров плазмы. Полученные с помощью зонда результаты позволили описать процессы фотоэффекта и фото-ионизации частиц исследуемого газа перед ударной волной за счет жесткого излучения ударно нагретой среды и оценить влияние этих процессов на изменение потенциала зонда.

На ударной установке STM проведена серия экспериментов по спектроскопическому исследованию абляционных процессов, протекающих в воздухе вблизи графитовой поверхности после отражения от нее сильной ударной волны. Исследования показали, что при отражении сильной ударной волны от графитового образца вблизи его поверхности образуются микрочастицы углерода, спектр излучения которых близок к спектру излучения абсолютно черного тела. Теоретические оценки позволяют предположить, что основным механизмом образования микрочастиц является их механический откол от графитовой поверхности.

Литература

1. П. В. Козлов, И. Е. Забелинский, Н. Г. Быкова, В. Ю. Левашов, Г. Я. Герасимов, and М. А. Котов. Исследование характеристик ударно нагретых газов на экспериментальном комплексе ЭКУД (Юбилейный). *Физико-химическая кинетика в газовой динамике*, 25(6):1–32, 2024.
2. Н. Г. Быкова, А. Л. Кусов, П. В. Козлов, Г. Я. Герасимов, В. Ю. Левашов, and И. Е. Забелинский. Спектральная модель для расчета радиационных характеристик ударно-нагретого газа. *Химическая физика*, 43(6):32–39, 2024.
3. Г. Я. Герасимов, В. Ю. Левашов, П. В. Козлов, Н. Г. Быкова, and И. Е. Забелинский. Методы измерения концентрации электронов в ударных волнах. *Химическая физика*, 43(7):31–46, 2024.
4. P. V. Kozlov, N. G. Bykova, G. Ya Gerasimov, V. Yu Levashov, M. A. Kotov, and I. E. Zabelinsky. Radiation properties of air behind strong shock wave. *Acta Astronautica*, 214:303–315, 2024. [
5. П. В. Козлов, М. А. Котов, Г. Я. Герасимов, В. Ю. Левашов, Н. Г. Быкова, and И. Е. Забелинский. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОЙ СМЕСИ ПРОПИЛЕН–КИСЛОРОД–АРГОН ЗА ОТРАЖЕННОЙ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ. *Химическая физика*, 43(8):42–48, 2024.
6. P. V. Kozlov, G. Ya Gerasimov, V. Yu Levashov, M. A. Kotov, N. G. Bykova, and I. E. Zabelinsky. Shock-tube study of spallation phenomena at strong shock wave interaction with graphite surface. *Acta Astronautica*, 228:158–166, 2025.