

Термографические исследования течений с ударными волнами

Муратов М.И.¹, Попович С.С.²

1 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества, Москва, Россия, E-mail: muratov583@gmail.com; 2 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Научно исследовательский институт механики, Москва, Россия, E-mail: pss1@mail.ru

Несмотря на быстрое развитие тепловизионной техники, её использование в нестационарных задачах газодинамики по-прежнему ограничено. Основную массу проводимых исследований составляют работы по качественной регистрации ламинарно-турбулентного перехода, а также измерениям тепловых потоков с внешних поверхностей обтекаемых тел [1]. В данной работе проведены экспериментальные термографические исследования течений воздуха в каналах ударной трубы физического факультета МГУ и аэродинамической установки непрерывного действия НИИ механики.

Классическая однодиафрагменная ударная труба сечением 24x48 мм имела вставку на стенке размером 2x6x48 мм. Эксперименты заключались в регистрации панорамных тепловых картин сквозь прозрачные в ИК диапазоне кварцевые стекла после прохождения ударной волны по каналу ударной трубы и дифракции на вставке. Использовалась высокоскоростная тепловизионная камера Telops FAST M200 (с рабочим диапазоном 1.5 - 5.1 мкм). Снижение пространственного разрешения камеры позволило проводить тепловизионную съемку на частоте до 2000 кадров/с (время интеграции 0.1 - 1 мс). Исследовались течения с числами Маха ударной волны от 2 до 4.5. Для анализа динамики нагрева и остывания поверхностей канала исследовалось распределение теплового излучения стенок в том числе - кварцевых окон рабочей камеры в случаях дифракции ударной волны и набегающего потока на прямоугольном выступе. Установлены определенные зависимости распределения теплового излучения и его эволюции во времени. Проведено сопоставление расчетных полей температуры с данными термографической визуализации.

Проведены также термографические исследования параметров в сверхзвуковом потоке с ударной волной (косым скачком) на квазистационарном режиме работы (до установления теплового равновесия) на аэродинамической установке непрерывного действия [3]. Рабочий канал установки 70x98 мм, толщина пограничного слоя на срезе сопла - около 6 мм. Исследовалось течение в следе сверхзвукового потока за ребром, установленном на нижней стенке. Исследования проведены в диапазоне чисел Маха набегающего потока 2.0-3.0 и числе Рейнольдса на срезе сопла не менее 20 миллионов. Использовалась тепловизионная камера InfraTEC Image IR 8800 (спектральный диапазон 8-10.2 мкм) с иллюминаторами из селенида цинка. Получены распределения по длине адиабатной температуры стенки, статического давления и коэффициента восстановления температуры в следе.

Работа выполняется в рамках госбюджетной темы АААА-А16-116021110200-5 НИИ механики МГУ.

Источники и литература

- 1) Знаменская И.А. Методы панорамной визуализации и цифрового анализа теплофизических полей. Обзор // Научная визуализация. Т. 13. № 3 2021.
- 2) Знаменская И.А., Коротева Е.Ю., Муратов М.И., Штеменко Л.С., Докукина О.И., Сысоев Н.Н. Регистрация нестационарной динамики тепловых потоков в ударных трубах на основе высокоскоростной термографии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2023. № 1. С. 82.

- 3) Попович С.С. Особенности автоматизации эксперимента и обработки результатов при исследовании теплообмена в сверхзвуковом потоке сжимаемого газа // Программная инженерия. 2018. № 1. С. 35–45.