

УДК:532.526.5

Ударная труба для моделирования обтекания тел потоком газа

Левин Владимир Алексеевич^{1,2}

levin@imec.msu.ru

Гринь Юрий Иванович¹

khmelevsky@imec.msu.ru

Нго Куанг Туен¹

tuyen.ngo@mail.ru

Фокеев Петр Владимирович¹

khmelevsky@imec.msu.ru

Хмелевский Александр Николаевич^{1(*)}

khmelevsky@imec.msu.ru

¹ НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия² Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Представлено описание ударной трубы, имеющей измерительную секцию квадратного сечения. Труба оснащена быстродействующим пневматическим клапаном вместо разрушаемой диафрагмы, разделяющей камеры высокого и низкого давлений трубы. Визуализация потока осуществляется с помощью теневого прибора и скоростной фотокамеры. Приведены результаты использования ударной трубы для исследования взаимодействия ударной волны с пограничным слоем на обтекаемом теле.

Ключевые слова: ударная труба, визуализация, клапан, пограничный слой, измерения

Введение. Ударные трубы (УТ) нередко применяются в исследованиях процессов взаимодействия ударных волн (УВ) с препятствиями и газовыми неоднородностями [1]. Представлено описание и использование УТ для моделирования обтекания тел газовым потоком.

Материалы и методы; результаты. УТ из нержавеющей стали имеет камеру низкого давления (КНД) с измерительной секцией квадратного сечения, в которой могут создаваться УВ с числами Маха $M = (1,5...4)$ в газах с начальным давлением $(0,5...10 \text{ кПа})$. Скорости УВ определяются по сигналам с датчиков давления, регистрируемых осциллографами. Время работы трубы составляет до 1 мс.

Особенностью УТ является использование пневматического клапана, разделяющего КНД от камеры высокого давления (КВД). Использование клапана позволяет обеспечить требуемое отношение давлений в КВД и КНД и, соответственно, сформировать УВ с заданным числом Маха. Длины КВД и КНД составляют 2,92 и 7,26 м.

Плоские стенки канала позволяют осуществлять установку оптических стекол в измерительной секции и визуализацию процесса взаимодействия ударной волны с газовой неоднородностью.

Результаты использования заявленной УТ представлены для двух объектов исследования.

Во-первых, это исследование взаимодействия отраженной УВ с пограничным слоем на поверхности тела, сформированным в потоке за прошедшей

до этого по телу падающей УВ. Здесь телом является игла, выступающая из торца УТ, а также плоская поверхность стенок УТ [2].

Во-вторых, это исследование процесса обтекания тела в виде цилиндра с полусферой, имеющей выступающую навстречу потоку за УВ иглу.

В обоих случаях визуализированы нестационарные процессы обтекания тел газовым потоком. Установлено, что при бифуркации УВ на поверхностях исследованных тел формируются отрывные зоны.

Заключение. В результате проделанной работы УТ была модернизирована, оснащена клапаном и средствами измерений, позволившими проводить в ней исследования взаимодействия УВ с пограничным слоем на обтекаемых телах. Представлены технические параметры УТ и особенности ее работы. В заявленной трубе впервые проведено исследование обтекания затупленного тела с иглой в условиях, когда механизмом формирования отрывной зоны является бифуркация УВ при ее взаимодействии с пограничным слоем на теле. Полученные результаты могут представлять интерес для валидации соответствующих расчетных программ и прогнозирования условий обтекания элементов инженерных конструкций и летательных аппаратов.

*Работа выполнена в соответствии с планом исследований
НИИ механики МГУ (тема АААА-А19-119012990113-1).*

Список источников

- [1] Рахматуллин Х.А., Семенов С.С., ред. *Ударные трубы. Сб. ст.* Москва, Изд-во иностранной литературы, 1962, 699 с.
- [2] Фокеев В.П. Особенности бифуркации отраженной ударной волны на игле. *Письма в Журнал технической физики*, 2015, т. 41, № 16, с. 61–67.