

УДК 536.629.7

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ В ГИПЕРЗВУКОВЫХ ПОТОКАХ.

Эдуард Сергеевич Бирюков

Аспирант кафедры «Теплофизика»

Научный руководитель: В.Н. Афанасьев,

доктор технических наук, профессор кафедры «Теплофизика»

Научный консультант: Ю.В. Жилин,

научный консультант, кандидат технических наук, начальник отделения НИО-8 ЦАГИ

В разработке конструкций гиперзвуковых летательных аппаратов нельзя обойтись без проведения сложных и дорогостоящих экспериментов.

Большим преимуществом в данной области обладают экспериментальные установки импульсного действия с длительностью эксперимента от 1 до 100 миллисекунд. Эти установки значительно дешевле в эксплуатации по сравнению с аэродинамическими трубами длительного действия. Часто в импульсном процессе удается получить существенно более широкий диапазон изменения параметров гиперзвукового течения.

Однако кратковременность процесса предъявляет жесткие требования к инерционности регистрирующей аппаратуры. Если усредненные за время эксперимента значения давления торможения ещё удаётся непосредственно измерить современными малоинерционными датчиками, то температуру торможения приходится определять расчетным путем [1], что существенно снижает ценность эксперимента как такового.

В работе [2] было показано, что классические методы измерения параметров торможения в аэродинамических потоках длительного действия нельзя применить к кратковременным импульсным процессам в силу того, что за время эксперимента ~ 40 мс параметры торможения изменяются во времени и носят неустойчивый характер.

Гиперзвуковая ударная труба УТ-1М, подробное описание которой приведено в [1, 2] много лет используется в ЦАГИ (г. Жуковский) для исследования теплообмена при аэродинамическом нагреве летательных аппаратов. Она может работать как «классическая» ударная труба, с максимально возможной длительностью эксперимента 5 мс, и как «труба Людвига», с длительностью эксперимента от 20 до 40 мс.

До сих пор параметры торможения потока определялись исключительно расчётным путём в предположении постоянства температуры по длине и сечению канала высокого давления. Для проверки справедливости этого предположения было разработано и сконструировано устройство, оснащенное термопарами типа «хромель — копель».

Результаты, полученные при помощи данного устройства показали, что имеет место существенно неравномерное распределение температур как по длине, так и по сечению канала. На основании приведенных измерений подтвердилось предположение, что выявленная в [3, 4] неоднородность по времени температуры

торможения потока во время пуска обусловлена неоднородностью распределения температуры воздуха в камере высокого давления перед пуском [2].

Результаты, полученные в ходе измерений полей температур в ударной трубе УТ-1М, позволили доказать необходимость создания нового метода и устройства для измерения параметров торможения (давления и температуры) в импульсных быстропотекающих процессах.

В рамках работы по измерению параметров торможения в импульсных гиперзвуковых потоках сконструировано устройство (рис. 1) для непосредственного измерения параметров течения в импульсной гиперзвуковой аэродинамической установке УТ-1М ЦАГИ, имеющей характерную длительность эксперимента от 5 до 40 миллисекунд.

Устройство оснащено двумя пьезодатчиками давления [5] и двумя датчиками теплового потока (поверхностные термодары) [6]. Был разработан новый метод обработки их сигналов, позволивший снизить инерционность с 1 секунды до 1 миллисекунды. Разработанное устройство позволяет измерять не только средние значения параметров торможения, но и их пульсационную составляющую, которая существенно влияет на аэродинамику и теплообмен на поверхности гиперзвуковых летательных аппаратов, в частности, на условия ламинарно-турбулентного перехода.



Рис. 1. Устройство для измерения параметров торможения в импульсных гиперзвуковых потоках, размещенное в рабочей части ударной трубы УТ-1М

Разработанное устройство было проградуировано, а затем испытано на ударной аэродинамической трубе УТ-1М ЦАГИ при различных давлениях и числах Маха. Так, диапазон давлений составил от 30 до 80 атмосфер. Для изменения скорости потока использовались сменные гиперзвуковые сопла, которые позволили испытать устройство при числах Маха, равных 5, 6 и 8. В настоящее время проводится обработка результатов, полученных в ходе серии экспериментов.

Литература

1. *Иванов А.Н.* Параметры течения газа перед соплом ударной трубы УТ-1М в режиме импульсной трубы. - НТО НИО-8 ЦАГИ - 2000. - №10276
2. *Жилин Ю.В., Евсеев Н.И.* Разработка методики и средств для измерения концентрации твердой фазы в двухфазном потоке и параметров торможения потока. - НТО НИО-8 ЦАГИ - 2003. - №10693.
3. *Афанасьев В.Н., Бирюков Э.С.* Студенческий научный вестник / Измерение параметров торможения в гиперзвуковом высокочастотном потоке. - Т. 10, ч. 3 - М.: 2010.

4. *Бирюков Э.С.* Тарировка модели для измерения параметров торможения в импульсных гиперзвуковых потоках / Сб. тр. Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов Будущее машиностроения России. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

5. *Гвоздева Л.Г., Жилин Ю.В.* Пьезоэлектрический датчик давления. - ПТЭ. - 1977.

6. *В.Я. Боровой, Ю.Ю. Колочинский.* Труды ЦАГИ // «Поверхностные термопары – средство исследования теплообмена на моделях в аэродинамических трубах периодического действия». Выпуск 2340, Москва, 1987.