



Экспериментальные исследования сферической модели¹

Рулева Л.Б., Солодовников С.И.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Введение

Сферические модели для экспериментальных исследований являются прототипами моделей простых форм, на которых проверяются новые компьютерные коды математического моделирования. Интерес к сферическим моделям обусловлен также тем, что они, в какой-то мере, отражают физические процессы, например, обтекания марсианских зондов [1, 2]. При этом возникает нагрев сжатого слоя газа у сферической поверхности. Известны фундаментальные работы [3] исследования физико-химических процессов в нагретом слое у сферических тел.

Лабораторная установка (ГУАТ) ИПМех РАН позволяет создать среду для испытания моделей при давлении до 1 Па и воздушном напоре в широком диапазоне скоростей. Для последующей валидации математического моделирования на установке ГУАТ получены экспериментальные данные по тепловому потоку изготовленной сферической модели.

¹Работа выполнена по теме госзадания № ААААА20-12001169 0135-5

Модель и лабораторная установка

Модель для исследования представляет собой полусферу во фронтальной части и усеченный конус на задней поверхности, как показано на Рис. 1 и 2.

Сертифицированные датчики теплового потока расположены: в центральной лобовой части модели МСТ1, со смещением под углом 450 (МСТ2) и на середине конической части модели (МСТ3). Дистанция модели от сопла в исходном положении составила 10 мм. Сигналы сертифицированных быстродействующих датчиков тепловых потоков, связаны с АЦП, с частотой 10 МГц, и программой «powergraph» отображения информации с шагом 0.4 мкс. Среда размещения модели была вакуумирована до давлений: 1Па, 10Па и 100Па.

На втором этапе модель была размещена под наклоном 200. Наклон модели выполнен вверх для исключения провисания проводов датчиков теплового потока. Фото модель во фронтальном положении и под углом атаки к набегающему потоку у сопла ГУАТ приведено на Рис. 3.

Экспериментальные исследования проведены в соответствии с реестром тестовых задач для ГУАТ [4]. Измерены конвективные тепловые потоки на поверхности обтекаемой сферической модели.

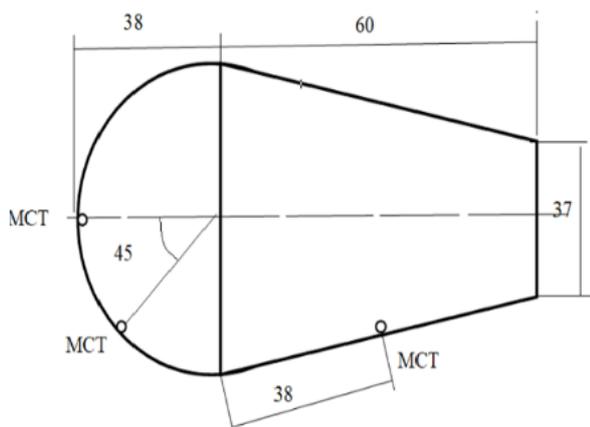


Рис. 1. Схема сферической модели

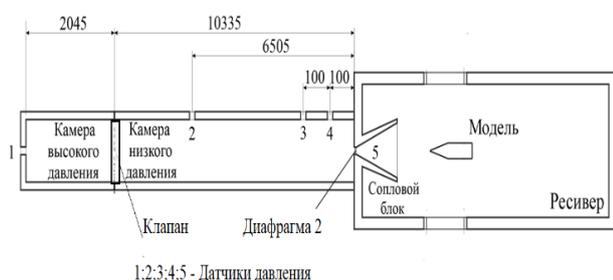


Рис. 2. Схема ГУАТ

Результаты физического моделирования

Графики тепловых потоков, при давлении в камере высокого давления 36 атм и камере низкого давления 0,1 атм, приведены на Рис. 4.

Тепловой поток датчика МСТ1 больше в центральном положении к потоку. При повороте модели на 200 против часовой стрелки нагрев модели в области датчика МСТ2 превосходит нагрев датчика МСТ1 и своего значения в исходном положении.

Тепловой поток в области конусной части модели, измеряемый датчиком МСТ3, при угле атаки 200 увеличился незначительно.

Выводы

Получены экспериментальные данные по конвективному нагреву поверхности сферической модели в положении центрального набегающего потока и под углом атаки 200 к потоку.

Список литературы

- [1] Суржиков С.Т. Радиационная газовая динамика спускаемых космических аппаратов. Многотемпературные модели. // М.: ИПМех РАН. 2013. С. 701.
- [2] Суржиков С.Т. Неравновесная аэрофизика гиперзвукового обтекания сферы углекислым газом // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2011. Т. 11. с. 7 <http://chemphys.edu.ru/issues/2011-11/articles/187/>
- [3] Суржиков С. Т. Радиационно-конвективный нагрев марсианского аппарата EDL MSL под углом атаки // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2015. Т.16, вып. 2. <http://chemphys.edu.ru/issues/2015-16-2/articles/604/>
- [4] Суржиков С. Т. Расчетные исходные данные для решения тестовых задач в измерительной секции гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ГУАТ лаборатории РадГД ИПМех РАН // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. М. 2021.Т.22. вып. 1.

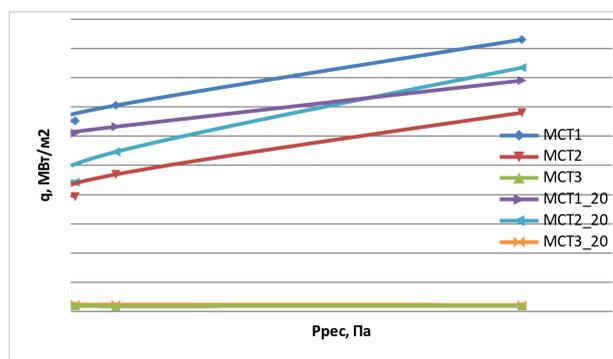
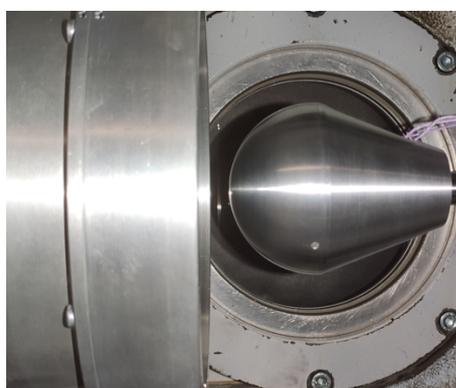


Рис. 4. Тепловые потоки в двух положениях модели



а



б

Рис. 3. Сферическая модель перед соплом: а) — по оси сопла; б) — под углом 200