

Секция «Математика и механика»

Численное исследование влияния локального энерговыделения в набегающем потоке на сверхзвуковое обтекание затупленного тела

Лапина Мария Андреевна

Студент

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
физико-механический, Санкт-Петербург, Россия*

E-mail: skadi.m@mail.ru

Проблемы, связанные с управлением сверхзвуковых летательных аппаратов, всегда представляли большой интерес для исследователей. Альтернативой механическим способам управления летательными аппаратами может служить организация локального энерговыделения вблизи тела в набегающем потоке. Энерговыделение можно организовать фокусировкой лазерного луча, электрическим пробоем вблизи тела, либо микроволновым излучением. Энергия, необходимая для достаточного разогрева газа, высока, а характерное время процесса мало, что создает большие трудности при проведении экспериментов. С учетом сказанного, численное моделирование представляется хорошей альтернативой натурному эксперименту.

Для проведения расчетов использовался пакет с открытым исходным кодом OpenFOAM, который предоставляет возможность расчета нестационарных сверхзвуковых течений сложной структуры. Используемая математическая модель включает в себя уравнения Навье-Стокса, дополненные уравнением сохранения энергии и уравнением состояния для газа. Локальное энерговыделение задается двумя способами: в первом случае на входной границе задается малая область разогретого газа, во втором – энерговыделение моделируется заданием источникового члена в уравнении сохранения энергии в небольшой области вблизи тела. В рассматриваемой задаче интенсивность энерговыделения для каждого способа задается в соответствии с работами [1, 2] соответственно.

Пакет OpenFOAM основан на методе конечных объемов. При дискретизации исходных уравнений используются TVD-схемы высокой точности по пространству, которые позволяют разрешать ударные волны.

В работе представлены результаты расчетов продольного сверхзвукового обтекания тела, представляющего собой затупленный цилиндр. Для простоты предполагается, что течение осесимметрично. В соответствии с требованиями OpenFOAM расчет течения проводится в небольшом секторе, имеющем по азимутальной координате одну расчетную ячейку. В первом случае энерговыделения на входной области задается сектор малого радиуса с повышенной температурой по сравнению с остальным потоком, во втором случае – область энерговыделения имеет вид соосного с телом сферического сектора. На входе в область задаются также полное давление и скорость набегающего потока, на выходе – статическое давление, а на поверхности тела – условие прилипания и температура.

Характерное поле течения представлено на рис. 1 и 2. Результаты расчета сравнивались с имеющимися экспериментальными и расчетными данными. Проведен анализ влияния энерговыделения на положение головной ударной волны в обоих случаях энерговыделения, а также проведена оценка изменения теплового потока на теле и сопротивления по сравнению с обычным обтеканием.

Литература

1. O.A. Azarova, D. Knight and Yu.F. Kolesnichenko. Flowfields around Supersonic Aerodynamic Bodies under the Action of Asymmetric Energy Release // Proc. of 4th European Conference for Aerospace Sciences, Saint Petersburg, Russia, July 4, 2011 – July 8, 2011 (on CD).
2. Mona Golbabaei-Asl, D. Knight. Interaction of High Temperature Filament with a Blunt Cylinder at Mach 3 // 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Nashville, USA, 09 - 12 January 2012 (on CD).

Иллюстрации

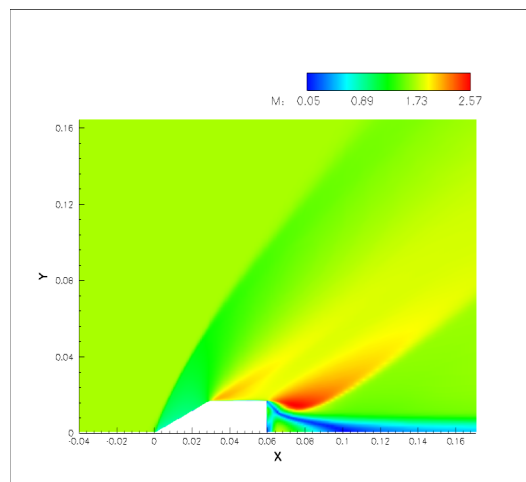


Рис. 1: Распределение числа Маха вблизи тела без энерговыведения

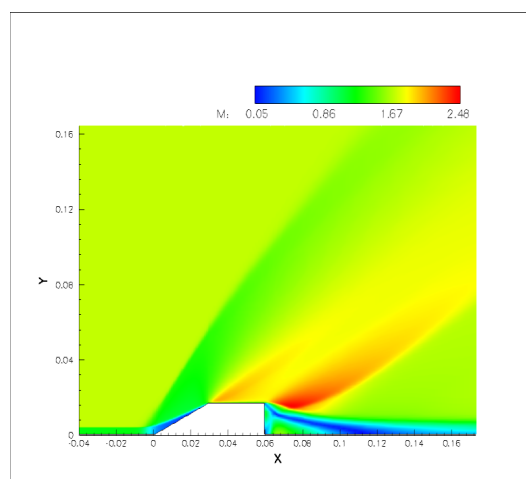


Рис. 2: Распределение числа Маха вблизи тела в случае с энерговыведением