

ОБ ИНИЦИИРОВАНИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ДЕТОНАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА В КОНВЕРГЕНТНО-ДИВЕРГЕНТНОМ СОПЛЕ НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ

Ю.В. Туник

НИИ механики МГУ им. М.В.Ломоносова
tunik@imec.msu.ru

Создание гиперзвуковых летательных аппаратов стоит в повестке дня современной аэрокосмической науки и техники. Изучается, в частности, возможность использования детонационного горения в сверхзвуковых прямооточных воздушно-реактивных двигателях (ПВРД). В докладе рассматривается возможность инициирования и стабилизации детонационного горения водородовоздушных смесей, поступающих в осесимметричное сопло с высокой сверхзвуковой скоростью в условиях как приземной, так и высотной атмосферы. Одна из проблем обусловлена спонтанным воспламенением водорода за ударными волнами, формирующимися при сжатии сверхзвукового потока в сужающейся части сопла, и как следствие, распространением детонации вверх по потоку, что препятствует генерации тяги. Вторая связана с трудностью инициирования детонационного горения в условиях разреженной атмосферы.

Численно показано, что центральное тело может служить эффективным инструментом инициирования и стабилизации детонационного горения водорода, обеспечивающего тягу при числе Маха набегающего потока от 7 до 9 на высотах до 14 км (рис. 1).

Моделирование осуществляется на базе двумерных уравнений Эйлера для осесимметричного течения многокомпонентного реагирующего газа с использованием модификации конечно-разностной схемы С.К. Годунова, обеспечивающей второй порядок аппроксимации [1-3]. Теплоемкость, энтальпия и энтропия смеси рассчитываются по приведенной энергии Гиббса газовых компонент [4]. Для описания химических процессов используются детальные кинетические модели [5-7].

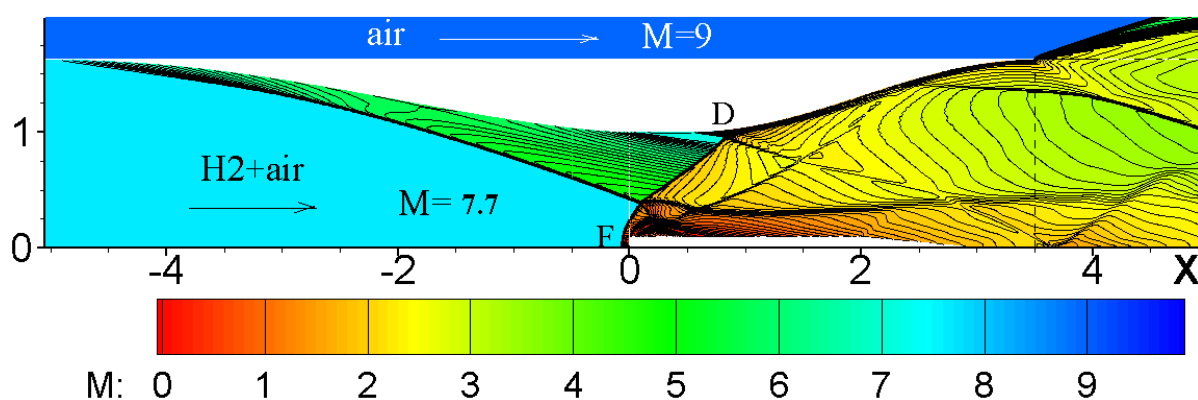


Рис. 1. Линии постоянного числа Маха в установившемся течении с ударным фронтом DF детонационного горения водорода в атмосферном воздухе на высоте 14 км при числе Маха набегающего потока равном 9 в сопле с центральным телом «цилиндр-конус».

Список цитируемой литературы.

1. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. 400с.
2. Колган В.П. Применение принципа минимальных значений производной к построению конечно-разностных схем для расчета разрывных решений газовой динамики// Ученые записки ЦАГИ. 1972. Т.III. № 6. С. 68-77.
3. Тилляева Н.И. Обобщение модифицированной схемы С.К. Годунова на произвольные нерегулярные сетки// Ученые записки ЦАГИ. 1986. Т.XVII. № 2. С. 18-26
4. Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочник. Т.1. Кн.2. М.: Наука, 1978. 327с.
5. Азатян В.В., Андрианова З.С., Иванова А.Н. Моделирование ингибирования распространения пламени в водородовоздушной среде// Кинетика и катализ. 2010. Т. 51. № 4. С. 483-491.
6. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ/ Пер. с англ. Г.Л. Агафонова. Под ред. П.А. Власова. — М.: Физматлит, 2003. - 352 с.
7. Starik A.M., Titova N.S., Sharipov A.S. Kinetic mechanism of H₂-O₂ ignition promoted by singlet oxygen O₂(a¹ \square g) // Deflagrative and detonative combustion / Ed. by G. D. Roy, S. M. Frolov. — Torus Press. Moscow, 2010. Pp. 12-19.