

О ВЫБОРЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СВЕРХЗВУКОВОГО НЕРАВНОВЕСНОГО ТЕЧЕНИЯ

В рамках стационарных уравнений вязкого слоя с использованием маршевого алгоритма проведено численное моделирование неравновесного истечения сверхзвуковой воздушно-водородной струи в спутный сверхзвуковой поток в осесимметричном канале переменного сечения. Целью исследований является выбор рациональной кинетической модели окисления водорода в кислороде воздуха, позволяющей определить основные термогазодинамические параметры турбулентного неравновесного течения в канале при минимальных затратах вычислительных ресурсов. Рассмотрены кинетические схемы, описывающие процесс окисления водорода в кислороде воздуха в рамках 8 – 9 химических реакций. Выполнено предварительное тестирование рассмотренных схем в рамках модели идеального реактора. Выбор рациональной кинетической модели горения водорода при сверхзвуковом неравновесном течении в канале обоснован на основании сравнения с экспериментальными данными. Исследовано влияние содержания паров воды на величину периода индукции. Показано, что добавление паров воды приводит к уменьшению задержки воспламенения водорода. В результате проведенных исследований установлено, что кинетическая модель горения водорода, включающая 9 химических реакций, позволяет адекватно определить период индукции и величину тепловыделения в процессе горения в сверхзвуковом потоке. Точность задания начального компонентного состава неравновесной газовой смеси существенно влияет на величину периода индукции.

Ключевые слова: кинетическая модель горения, задержка воспламенения, модель вязкого слоя, маршевый алгоритм, экспериментальные данные.

1. Тимошенко В. И. Турбулентное смешение и горение сверхзвуковой воздушно-водородной струи в спутном ограниченном дозвуковом потоке / В. И. Тимошенко, И. С. Белоцерковец // *Аэродинамика. Проблемы и перспективы* : Сб. статей. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». – 2009. – С. 158 – 175.
2. Лойцянский Л. Г. *Механика жидкости и газа* / Л. Г. Лойцянский. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1987. – 840 с.
3. Гуляев А. Н. К созданию универсальной однопараметрической модели турбулентной вязкости / А. Н. Гуляев, В. Е. Козлов, А. Н. Секундов // *МЖГ*. – 1993. – № 4. – С. 69 – 81.
4. Ковеня В. М. Метод расщепления в задачах газовой динамики / В. М. Ковеня, Н. Н. Яненко. – Новосибирск : Наука, 1981. – 304 с.
5. Gear C. W. *Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations* / C. W. Gear. – New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1971.
6. Тимошенко В. И. Маршевый расчет течения при взаимодействии сверхзвуковой турбулентной струи со спутным ограниченным дозвуковым потоком / В. И. Тимошенко, И. С. Белоцерковец // *Вісник Дніпропетровського університету*. – 2008. – Т. 1. Вып. 1. – С. 15 – 23.
7. Родионов А. В. Новый маршевый метод расчета струй продуктов сгорания / А. В. Родионов // *Журн. выч. мат. и матем. физики*. – 2002. – Т. 42, №9. – С. 1413 – 1424.
8. Ивенси Дж. С. Влияние химической кинетики и неполноты смешения на горение водорода в сверхзвуковом потоке / Дж. С. Ивенси, Ч. Дж. мл. Шекснайдер // *Ракетная техника и космонавтика*. – 1980. – Т. 18, № 4. – С. 77 – 84.
9. Баев В. К. Горение в сверхзвуковом потоке / В. К. Баев, В. И. Головичев, П. К. Третьяков. – Новосибирск : Наука, 1986. – 301 с.
10. Даутов Н. Г. К вопросу о выборе кинетической схемы при описании детонации в смеси H_2 + воздух за ударными волнами / Н. Г. Даутов, А. М. Старик // *Теплофизика высоких температур*. – 1993. – Т. 31, № 2. – С. 292 – 301.
11. Головичев В. И. Численный анализ кинетических моделей воспламенения водорода / В. И. Головичев, В. И. Димитров, Р. И. Солоухин // *Физика горения и взрыва*. – 1973. – № 1. – С. 95 – 101.
12. Галицкий К. Б. Моделирование догорания высокоскоростных турбулентных струй / К. Б. Галицкий // *Физика горения и взрыва*. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 3 – 9.
13. Зимонт В. Л. Горение водорода в сверхзвуковом потоке в канале при наличии псевдоскачка / В. Л. Зимонт, В. М. Левин, Е. А. Мещеряков // *Физика горения и взрыва*. – 1978. – Т. 14, № 4. – С. 23 – 36.