

УДК 517.928

РАСЧЁТ КРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В МОДЕЛИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ

Матыцин Е. В., Щепакина Е. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Процессы горения, сопровождающиеся отводом тепла во внешнюю среду, до сих пор представляют сложность для исследования, несмотря на большой опыт в их изучении. Одним из приоритетных направлений в этой области является математическое моделирование процесса горения. Дороговизна проведения натуральных экспериментов способствует быстрому развитию компьютерного моделирования процесса горения.

Основная особенность процессов горения состоит в том, что условия теплового взрыва химической реакции созданы ею самой. В кибернетике это явление носит название положительной обратной связи, то есть при малом изменении внешних условий возможен переход от стационарного режима протекания реакции с малой скоростью к режиму, когда скорость реакции возрастает в геометрической прогрессии. Такие явления резкого изменения режима протекания реакции при малом изменении внешних условий называются критическими режимами, а условия, при которых они наблюдаются, называются критическими условиями.

В теории горения нахождение критических значений параметров в многофазных системах является важной задачей при моделировании критических режимов. Формализм решения этих задач сводится к обоснованию существования и построения асимптотических разложений одномерных медленных неустойчивых инвариантных многообразий и медленных инвариантных поверхностей со сменой устойчивости.

В основе математической теории горения лежит исследование дифференциального уравнения теплового баланса, описывающего процесс выделения тепла в реакционном сосуде вследствие химической реакции и процесса теплоотвода в окружающую среду на поверхности сосуда. Классическая теория горения строится на предположениях, что реакция не сопровождается фазовыми превращениями и является одностадийной, физические свойства реагирующего вещества считаются постоянными, а геометрия сосуда и теплообмен на его границе остаются неизменными в ходе реакции. При решении конкретных задач теории горения мы сталкиваемся с ситуациями, когда горение происходит в некоторой инертной среде (запылённой или пористой). В результате межфазного теплообмена инертная среда нагревается, что приводит к смещению предела самовоспламенения. Решение таких задач невозможно аналитическим методом, но численные методы решения предоставляют возможность получить приближенное решение задачи с заданной точностью. С использованием алгоритмов распараллеливания мы можем получить быстрый компьютерный расчёт процесса горения.

В данной работе исследована математическая модель автокаталитической реакции горения газа с примесями. Было разработано компьютерное программное обеспечение, которое позволяет производить расчёт данного процесса горения, а также вычисление критических значений параметров этой модели, визуализацию процессов с помощью графиков и поверхностей. Разработанное программное обеспечение является математическим пакетом, который будет использован в дальнейших изучениях и решениях подобных прикладных задач.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-01-97018_p.