

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОВОЛНОВЫХ СТРУКТУР, ВОЗНИКАЮЩИХ НА ФРОНТЕ РЕАКЦИИ

Якупов Э.О., Полежаев А.А.

Физический Институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, Ленинский просп.
53, 119991 Москва, E-mail: edward.thrst@gmail.com

В ряде реакций, распространяющихся в виде фронта, например, при распространении волны горения или в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), можно наблюдать возникновение различных пространственных структур. Такие структуры на фронте есть результат различных неустойчивостей. Относительно недавно экспериментально было продемонстрировано, что на фронте пламени могут возникать спиральные и концентрические автоволновые структуры [1]. Механизм их формирования до сих пор не понят. В настоящем исследовании мы предлагаем качественное объяснение механизма формирования этих структур на основе построения и численного исследования соответствующей математической модели.

Предполагается, что структуры на фронте реакции образуются в результате взаимодействия двух подсистем: первая ответственна за формирование фронта, а вторая, параметрически зависящая от первой, – за формирование самих структур. Соответствующая феноменологическая модель состоит из двух взаимосвязанных блоков, при этом процесс образования и поведения волны на фронте реакции описывается системой двух нелинейных дифференциальных уравнений параболического типа (модель типа ФитцХью - Нагумо), а за возникновение самого фронта отвечает уравнение Фишера - КПП.

Ранее мы продемонстрировали правомерность данного подхода на примере двумерной пространственной области [2]. В данной же работе представлены результаты моделирования и численных расчетов в трехмерной области, по которой движется фронт пламени. Расчет проводился с использованием RHOС ADI метода и разностной схемы Кранка-Николсона. В численных экспериментах продемонстрировано, что данный механизм способен качественно объяснить возникновение на фронте реакции как спиральных, так и концентрических автоволновых структур. Кроме того, показана зависимость появления и вида структур на фронте от его ширины и скорости движения.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ: гранты 17-01-00070 и 18-31-00411.

Литература.

1. G. Jomaas, J.K. Bechtold, C.K. Law. Spiral waves in expanding hydrogen–air flames: Experiment and theory // Proceedings of the Combustion Institute 31 (2007) 1039–1046
2. Э. О. Якупов, А. А. Полежаев. Исследование механизма возникновения автоволновых структур на фронте реакции. // Краткие сообщения по физике ФИАН (2018) 6, 3-10