

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ РЕЖИМЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ

А. Н. Фирсов¹, Н. И. Озерковская², К. Г. Шкадинский¹¹Институт проблем химической физики РАН, 142432 Черноголовка, shkad@icp.ac.ru²Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, 142432 Черноголовка

С использованием трехмерной математической модели проведено исследование нестационарных режимов фильтрационного горения. Модель описывает экзотермическое химическое взаимодействие конденсированных систем с активными газами и образованием твердых продуктов. Нестационарность режимов фильтрационного горения обусловлена неустойчивостью плоского фронта горения. Исследовано формирование периодической структуры фронта горения пористых цилиндрических образцов с различной геометрией поперечного сечения. Показано, что в условиях неустойчивости плоского фронта горения, дефицита массы активного газа во внутривыводовом пространстве в зависимости от геометрии поперечного сечения цилиндрических образцов и различных способов тепло- и массообмена образца с внешней газовой средой могут устанавливаться различные периодические режимы распространения фронта горения. Получены периодические режимы колебательного (объемного и поверхностного) горения на образцах с круговым сечением, спиновый на кольцевом сечении и сложные периодические режимы на образцах прямоугольного сечения.

Ключевые слова: фильтрационное горение, неустойчивость фронта, математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

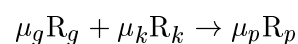
Теория фильтрационного горения создавалась в последние годы на базе новых данных экзотермического химического взаимодействия пористых конденсированных систем с активными газами и образованием твердых продуктов (см. обзоры в [1, 2]). Математическое описание этого процесса сводилось к достаточно сложным нелинейным системам дифференциальных уравнений, характеризующим макрокинетику химического взаимодействия и процессы тепло- и массообмена в пористых средах. На начальном этапе математическое моделирование ограничивалось исследованием одномерных процессов. Переход к двумерным математическим моделям [3, 4] позволил выделить области существования плоского и поверхностного режимов фильтрационного горения. Были обнаружены эффекты стимулирования химического превращения в отдельных зонах объема реагирующей среды за счет особенностей неоднородной организации процессов тепло- и массообмена. Однако многие реальные нестационарные процессы для адекватного описания требуют анализа на основе трехмерных моделей фильтрационного горения, построение которых сдерживается уровнем как вычислительной техники, так и эффективных

приближенных методов математического моделирования. В работе [5] впервые рассмотрена трехмерная математическая модель безгазового горения, где вблизи границы устойчивости обнаружены нестационарные режимы горения. Полный анализ этой модели выполнен в работе [6].

В настоящей работе проведено исследование трехмерных нестационарных фронтальных режимов, возникающих в области неустойчивости плоского квазистационарного фронта фильтрационного горения [7]. Рассматривается горение цилиндрических образцов с различной геометрией поперечного сечения.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Процесс химического взаимодействия пористого конденсированного образца с газом и образования твердого продукта проходит по схеме



(где μ_g , μ_k , μ_p — стехиометрические коэффициенты, R_g , R_k — газовый и конденсированный реагенты, R_p — продукт) и описывается математической моделью в безразмерных переменных, которая включает: закон сохранения массы газа