

Е. С. Г о л о д о в а (Самара, СамГУ). **Исследование сингулярно возмущенной модели самовоспламенения изоляции.**

Данная работа посвящена качественному исследованию сингулярно возмущенной системы дифференциальных уравнений. Рассматривается математическая модель теплового взрыва в трехфазной среде (горючая жидкость — горючая газовая смесь — твердая инертная пористая среда) [1]. Это опасное явление может наблюдаться при самовоспламенении горючей жидкости, просачивающейся в изоляционный материал горячего трубопровода.

Пористая среда рассматривается как пучок параллельных капилляров одного и того же радиуса. Горючая жидкость равномерно распределена по внутренней поверхности капилляров, а газовая смесь находится в центральной их части [2]. В данных предположениях безразмерная модель самовоспламенения в изоляционном пористом материале с учетом теплоотвода из реакционной среды (при $\Psi = 1$) имеет вид

$$\begin{aligned}\gamma \frac{d\Theta}{d\tau} &= \left(1 - \gamma\Theta - \frac{\alpha\varepsilon_3}{\varepsilon_1\varepsilon_2}\delta\right)\epsilon^\Theta - \frac{\varepsilon_1\Theta}{1 + \varepsilon_3\delta} - \alpha\Theta, \\ \frac{d\delta}{d\tau} &= \frac{\varepsilon_1\varepsilon_2\Theta}{\varepsilon_3}, \quad \Theta(0) = 0, \quad \delta(0) = 0.\end{aligned}$$

Здесь $\Theta, \bar{\eta}$ — безразмерные температура и концентрация газовой смеси, соответственно; безразмерная переменная δ характеризует толщину пленки горючей жидкости, ε_3 — нормирующий коэффициент; τ — безразмерное время. Параметр α характеризует отношение интенсивности тепловыделения химической реакции к интенсивности теплоотвода в окружающую среду. Параметр Ψ является отношением энергии сгорания к латентной теплоте парообразования. Параметр ε_1 отражает взаимодействие между процессами сгорания и парообразования, ε_2 представляет собой отношение потенциальной энергии горючего газа и энергии, необходимой для испарении всей жидкости.

Анализ системы дифференциальных уравнений, моделирующей данный процесс, основан на применении аппарата траекторий-уток. Под траекторией-уткой понимается траектория сингулярно возмущенной системы, которая проходит вначале вдоль притягивающей части медленной кривой дифференциальной системы, а затем вдоль отталкивающей, причем оба раза проходятся расстояния порядка единицы.

В зависимости от соотношения между параметрами, отражающими физические свойства пористой среды и межфазный теплообмен, в химической системе могут наблюдаться либо режим медленного горения, либо режим теплового взрыва. Изменяя значение одного параметра при фиксированных значениях других, можно выбирать тип химической реакции. В силу непрерывной зависимости системы дифференциальных уравнений от выбранного параметра теплоотвода, существует область переходных режимов.

Критический режим, разграничивающий область медленных и взрывных режимов, является безопасным и моделируется траекторией-уткой. Отметим, что такой режим не является медленным, так как во время него температура химической системы достигает значений, существенно превышающих значений, характерных для режимов медленного горения. С другой стороны, критический режим не является режимом самовоспламенения в силу сравнительно медленного роста температуры по отношению к росту температуры для взрывных режимов. Таким образом, во время критического режима температура достигает высоких значений в рамках безопасного режима.

В работе установлена связь между явлением затягивания потери устойчивости сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений [3] и оценкой максимальной температуры горения. Максимальная температура безопасного горения соответствует точке, в которой траектория-утка отрывается от отталкивающей части медленной

кривой дифференциальной системы.

Отметим, что данный подход был использован для исследования классической модели автокаталитического горения [4] и модели горения газовой смеси в инертной запыленной или пористой среде [5].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 07-01-00169а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *McIntosh A. C., Griffiths J. F.* On the thermal runaway of combustible fluids in lagging material. — J. Appl. Math., 1995, v. 54, p. 83–96.
2. *Щепакина Е. А.* Условия воспламенения горючей жидкости в пористом изоляционном материале. — Сиб. ж. индустр. матем., 2002, т. 5, № 3(11), с. 162–169.
3. *Nefedov N. N., Schneider K. R.* On immediate–delayed exchange of stabilities and periodic forced canards. Preprint № 872. Berlin: WIAS, 2003, 24 p.
4. *Schneider K. R., Shchepakina E. A.* Maximal temperature of safe combustion in case of an autocatalytic reaction. Preprint № 890. Berlin: WIAS, 2003, 12 p.
5. *Голодова Е. С., Щепакина Е. А.* Моделирование безопасных процессов горения с максимальной температурой. — Матем. моделир., 2008, т. 20, № 5, с. 55–68.