

3. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1979.
4. Пай В. В. Определение динамических параметров нагружения в схемах упрочнения и сварки взрывом: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Новосибирск, 1981.
5. Пай В. В., Симонов В. А. Измерение давления при косых соударениях металлических пластин // Динамика сплошной среды: Сб. науч. тр./АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т гидродинамики. — 1979. — Вып. 43.
6. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. — М.: Наука, 1964.

г. Новосибирск

Поступила 29/1 1991 г.

УДК 662.612 + 536.46

Г. С. Сухов, Л. П. Ярин

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВОЛН ГОРЕНИЯ В ПУЗЫРЬКОВЫХ СРЕДАХ

Распространение волн горения в пузырьковых средах представляет существенный интерес для многочисленных технических приложений. Впервые на принципиальную возможность существования таких волн указано в [1—3], где обоснован физический механизм явления и асимптотическими методами теории горения исследованы закономерности самоподдерживающегося волнового процесса с химической реакцией, распространяющегося по активной жидкости, содержащей пузырьки газообразного окислителя. Развитые представления в дальнейшем были обобщены на случай распространения волн полимеризации в жидкой среде с распределенными в ней жидкими включениями мономера [4, 5].

В [6] приведен качественный анализ предложенной в [1] системы уравнений, описывающей горение пузырьковых сред, и определены скорости распространения химической реакции в среде, содержащей частицы активной диспергированной фазы. Цитируемая работа содержит ряд небазисованных положений принципиального характера, касающихся не только решения частной задачи, но и общего подхода к анализу распространения волн горения в реагирующих средах.

В первую очередь это относится к доказательству существования стационарного волнового решения с химическим источником. Поиск такого решения, как показано в [7], оправдан лишь в том случае, если на бесконечном интервале пространства перед волной $-\infty \leq x \leq x_0^*$, достаточно удаленном от зоны активной реакции, пренебречь существованием химического источника. Физически это означает обязательное включение в исходную постановку задачи известного условия «обрезания» кинетической функции в окрестности начального состояния. Из этого непосредственно следует, что уже изначально исходная система дифференциальных уравнений должна разбиваться на две подсистемы, в которых $W = 0$ (зона «обрезания» химической кинетики) и $W > 0$ (зона реакции). Решению в области $W = 0$ должен отвечать участок интегральной кривой, лежащей в плоскости $c = c_0$, а в области $W > 0$ — участок интегральной кривой, лежащей в фазовом пространстве $0 < c < c_0$. Доказательство существования стационарной волновой структуры должно сводиться к обоснованию существования хотя бы одного значения скорости распространения горения $u > 0$, при котором происходит стыковка названных выше участков интегральных кривых в точке «обрезания» кинетической функции ($\theta_1 = \theta_{1*}, \theta_2 = \theta_{2*}, c = c_0$) [7]. Хотя автором [6] принцип «обрезания» провозглашается, однако в качественном анализе дифференциальных уравнений он не реализуется, о чем свидетельствует отсутствие соответствующего участка интегральной кривой в плоскости $c = c_0$ (рис. 1 из [6]). Это ставит под сомнение правильность конечного результата исследования. Неубедительным является утверждение о существо-

* Здесь и ниже приняты обозначения [6].

вании непрерывного интегрального перехода из начального состояния в конечное на основании анализа лишь малых окрестностей особых точек.

Несостоятельно одно из центральных утверждений автора [6] об определяющей роли процесса асимптотического затухания реакции в механизме распространения волны горения. Пренебрежение слабо выраженной реакцией в зоне догорания вовсе не приводит, по выражению автора, «к выбрасыванию искомого волнового решения», а означает лишь аппроксимацию гладкой интегральной кривой в окрестности конечной особой точки $\theta_1 = \theta_2 = \theta_m$, $c = 0$, кусочно-непрерывной с участками, лежащими в фазовом пространстве $0 < c < c_0$ и в плоскости $c = 0$, подобно тому, как это должно происходить в окрестности начальной особой точки.

Вызывает возражения расчет структуры волны в зоне асимптотического затухания реакции. На протяжении этой зоны лишь концентрация реагента изменяется слабо, а изменения температур фаз могут быть значительными. Поэтому поиск решения здесь путем линеаризации исходной системы дифференциальных уравнений в окрестности конечного состояния некорректен и может повлечь за собой непредсказуемые погрешности. Следствием этого может быть, в частности, неадекватность областей существования решения в [1, 6], чем, по-видимому, и объясняются расхождения в расчетах скорости распространения горения в системе гексан — кислород. Достоверность анализа в [1] подтверждается расчетами структуры волны, выполненными на ЭВМ в [3].

В заключение отметим, что утверждение в [6] относительно ошибочности анализа устойчивости волнового процесса, якобы выполненного в [1, 2], также несостоятельно. В действительности в указанных работах задача об устойчивости пузырькового горения в строгом смысле вообще не ставилась. Были качественно проанализированы лишь полученные стационарные решения и термином «неустойчивое» обозначено одно из них, не имеющее физического смысла. В последующих публикациях по данному вопросу (например, [8]) этот термин вообще не используется.

Отсутствует и якобы обнаруженная ошибка в уравнении теплопроводности жидкости [2]. В кондуктивном члене этого уравнения, согласно принятым в [2] обозначениям, введена эффективная теплопроводность жидкой фазы λ , связанная с физическим значением этого параметра λ^0 очевидным соотношением $\lambda = (1 - \varphi)\lambda^0$, где φ — объемное содержание газовой фазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухов Г. С., Ярин Л. П. Волны горения в пузырьковых средах // ДАН СССР.— 1981.— Т. 256, № 2.
2. Сухов Г. С., Ярин Л. П. Закономерности горения пузырьковых сред // ФГВ.— 1981.— № 3.
3. Лихачев В. Н., Сухов Г. С., Ярин Л. П. О некоторых закономерностях волн горения в пузырьковых средах // Химическая физика процессов горения и взрыва. Горение конденсированных систем.— Черноголовка, 1986.
4. Гусика П. Л. К теории распространения фронта полимеризации в суспензии // Хим. физика.— 1982.— № 2.
5. Гусика П. Л. О существовании и единственности стационарного решения уравнений задачи распространения экзотермической волны в двухфазной среде // ФГВ.— 1982.— № 6.
6. Жижин Г. В. Автоволновые процессы распространения химических реакций в дисперсных средах // ПМТФ.— 1988.— № 6.
7. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. Т., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва.— М.: Наука, 1980.
8. Ярин Л. П., Сухов Г. С. Основы теории горения двухфазных сред.— Л.: Энергоатомиздат, 1987.

г. Санкт-Петербург

Поступила 9/1 1991 г.