

*В. И. Семенов<sup>1</sup>, С. М. Фролов<sup>2</sup>, В. В. Марков<sup>3</sup>, П. С. Уткин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт Автоматизации Проектирования РАН

<sup>2</sup> Институт химической физики им. Семенова РАН

<sup>3</sup> Математический институт им. Стеклова РАН

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КАНАЛА И ИНТЕНСИВНОСТИ ИНИЦИИРУЮЩЕЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ**

Настоящая работа является продолжением и расширением исследования [1]. В ней представлены результаты численного моделирования процесса распространения ударной волны в канале, заполненном реагирующей газовой смесью. Целью исследования являлось изучение влияния формы и размеров препятствий, расположенных в канале, на переход ударной волны в детонационную.

Рассматривается ударная труба (плоский прямоугольный канал), заполненная стехиометрической смесью пропана, кислорода и азота. Исходная ударная волна образовывается в результате разрыва мембраны, отделяющей рабочую камеру от камеры высокого давления. Параметры в камере высокого давления задаются из условия получения ударной волны с заданным числом Маха. Внутри канала расположена серия препятствий. Исследовались симметричные препятствия параболической и прямоугольной формы.

В качестве математической модели использовалась модель вязкого теплопроводного газа, описываемая нестационарной системой уравнений Навье – Стокса. Горение пропана описывалось с помощью модельной кинетики [2].

Дискретизация по пространству производилась с использованием метода конечных объемов, по времени – явная схема Эйлера первого порядка. Потоки через границы расчетных ячеек вычислялись методом типа Годунова на основании точного решения задачи Римана. Для решения системы кинетических уравнений использовался метод Гира. В расчетах применялись структурированные сетки с числом ячеек порядка 400 тысяч, характерным размером ячейки 0.5 мм. Численные эксперименты показали, что рассматриваемые процессы чувствительны к качеству расчетной сетки и размерам ячеек, и на сетках с характерным размером 1 мм основные эффекты могут теряться. Вычислительный алгоритм был адаптирован для использования на многопроцессорных ЭВМ. Для проведения расчетов использовалась ЭВМ MVS-6000 IM, установленная в МСЦ РАН.

Были исследованы несколько различных форм параболических препятствий на предмет получения фокусировки отраженных от препятствия волн за фронтом лидирующей ударной волны. Для наиболее удачной в смысле усиления лидирующей ударной волны в центре канала конфигурации были выполнены расчеты уже с серией препятствий. Обнаружен переход в детонационный режим при числе Маха лидирующей ударной волны 3.0. Кроме того, была исследована зависимость времени

задержки инициирования детонации от интенсивности лидирующей ударной волны для чисел Маха в диапазоне от 2.5 до 4.0.

На рис. 1 приведен пример одного из расчетов – поле температур в канале с серией параболических препятствий после момента инициирования детонации.

Работа выполнена при поддержке программы № 14 Президиума РАН «Фундаментальные проблемы информатики и информационных технологий» и гранта РФФИ № 05-08-50115-а.

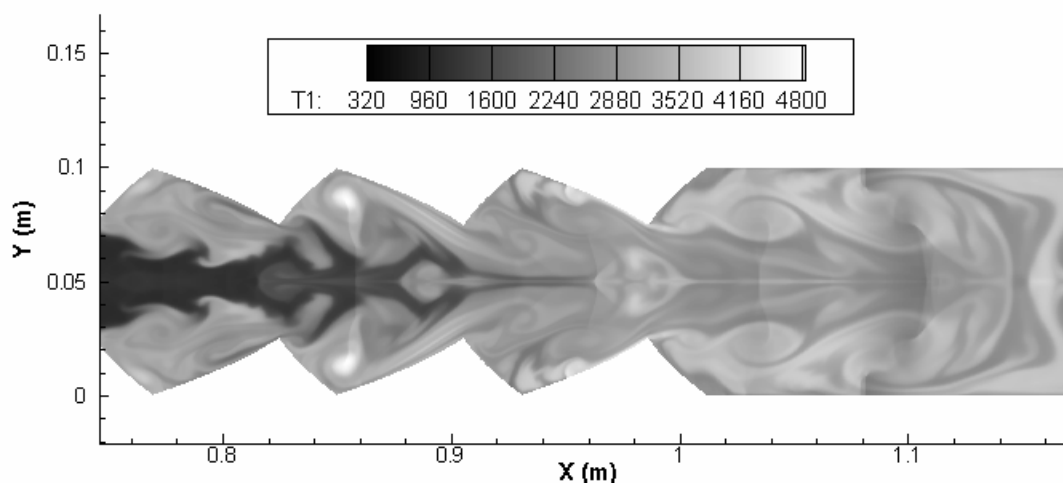


Рис. 1. Поле температур в канале с серией параболических препятствий после инициирования детонации, шкала в градусах Кельвина.

#### Литература

1. *Semenov I., Frolov S., Markov V., and Utkin P.* Shock-to-detonation transition in tubes with shaped obstacles // Pulsed and Continuous Detonations. – Moscow: TORUS PRESS, 2006 – 159 – 169 p.
2. *Frolov S. M., Aksenov V. S., and Shamshin I. O.* Detonation propagation through U-bends // Nonequilibrium processes. Volume 1: Combustion and detonation. – Moscow: TORUS PRESS, 2005 – 348 – 364 p.