

ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ – УСКОРИТЕЛЕЙ ПЛАМЕНИ

В.С. Иванов, А.А. Скрипник, В.А. Сметанюк, С.М. Фролов

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва
e-mail: smfrol@chph.ras.ru

В фундаментальной науке известно, что из всех термодинамических циклов горения топлив теоретически наиболее эффективным является цикл с управляемым детонационным сжиганием топлива (импульсно-детонационное горение). Известно также, что для прямого инициирования детонации в топливно-воздушных смесях требуются источники с очень большой энергией и, следовательно, наиболее перспективным способом получения импульсной детонации в практических устройствах следует рассматривать управляемый переход горения в детонацию (ПГД). Один из наиболее перспективных способов организации ПГД – ускорение пламени в трубе с регулярными препятствиями типа спирали Щелкина или набора кольцевых вставок.

Цель данной работы – численная оптимизация устройств-ускорителей пламени для обеспечения ПГД в метано-воздушной смеси на кратчайших расстояниях.

Для достижения поставленной цели проведены многомерные расчеты не реагирующих (“холодных”) и реагирующих (“горячих”) течений в прямых трубах с регулярными и нерегулярными препятствиями разной формы и конфигурации. “Холодные” расчеты позволили отобрать форму и конфигурацию препятствий, обеспечивающие оптимальный уровень турбулентности течения в окрестности источника зажигания, наименьший размер начального участка течения и максимальный уровень турбулентности в ядре потока. Дальнейшая оптимизация конфигураций препятствий проведена с помощью “горячих” расчетов, в которых учитывалось прогрессирующее вытеснение свежей смеси ускоряющимся пламенем. “Горячие” расчеты проводились с использованием “подсеточной” модели горения с выделением фронта пламени, разработанной в ИХФ РАН. В результате расчетов получены конфигурации препятствий-турбулизаторов, позволяющие на кратчайших расстояниях (10–20 калибров трубы) ускорить пламя в стехиометрической метано-воздушной смеси до видимой скорости на уровне 1000 м/с.

Работа выполнена в рамках Государственных контрактов № П502 “Разработка методов численного моделирования нестационарного горения и детонации газов и капельных смесей в каналах сложной геометрии и полуограниченных объемах для применения в импульсно-детонационных энергетических установках” и № 02.516.12.6026 “Разработка процесса импульсного детонационного горения природного газа для повышения эффективности работы энергетических установок”.