

Список литературы

1. Ждан С.А. // Физика горения и взрыва, 2008.Т. 44. № 6. С. 83.
2. Ждан С.А., Рыбников А.И. // Физика горения и взрыва, 2014. Т. 50. № 5. С. 63.
3. Фудживара Т., Хишида, М. Киндрацки Ж., Волански П. // Физика горения и взрыва, 2009. Т. 45. № 5. С. 108.
4. Liu S., Liu W., Jiang L., Lin Z. // Proc. ICDERS-2015, Leeds, 157.
5. Wang C., Liu W., Liu S., Jiang L., Lin Z. // Int. J. Hydrogen Energy, 2015.
6. Дубровский А. В., Иванов В. С., Фролов С. М. // Химическая физика, 2015. Т. 34. № 2. С. 65.
7. Фролов С.М., Аксёнов В.С., Дубровский А.В., Иванов В.С., Шамшин И.О. // Физика горения и взрыва, 2015. Т. 51. №2. С. 102.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ИМПУЛЬСНО-ДЕТОНАЦИОННОГО ТЯГОВОГО МОДУЛЯ

С.М. Фролов, ИХФ РАН, МИФИ, Москва, smfrol@chph.ras.ru

В.С. Иванов, ИХФ РАН, Москва

В.С. Аксенов, ИХФ РАН, МИФИ, Москва

И.О. Шамшин, ИХФ РАН, МИФИ, Москва

Цель работы – разработка и создание экспериментального образца воздушно-реактивного импульсно-детонационного тягового модуля с циклическим инициированием детонации за счет быстрого перехода горения в детонацию в воздушной смеси жидкого моторного топлива при зажигании слабым источником, а также огневые испытания образца и измерение его тяговых характеристик в свободной воздушной струе на аэродинамическом стенде.

Тяговый модуль разработан на основе импульсно-детонационной камеры сгорания оригинальной конструкции [1] (рис.1). Модуль состоит из дозвукового воздухозаборника, смесительно-зажигающего устройства, камеры сгорания и сопла. Модуль устанавливается на тягоизмерительном столе напротив сопла аэродинамической трубы ИХФ РАН (рис.2). Аэродинамическая труба позволяет создавать равномерный воздушный поток со средней скоростью до 200 м/с в свободной струе в течение не менее 10 сек. Управление расходом воздуха осуществляется цифровым управляющим устройством с помощью подачи сигналов на 32 электромагнитных клапана.

Конструкция тягового модуля выполнена по модульно-блочной схеме, что допускает смену отдельных узлов модуля и его модификацию. Так, в частности, изготовлены три варианта воздухозаборников: с механическим клапаном с управлением от пневмопривода, с механическим автоматическим клапаном и с в бесклапанном исполнении. На рис. 3 показана фотография аэродинамической трубы с установленным тяговым модулем без кожуха-обтекателя, но с ми датчиками давления и ионизации.

Проведены огневые испытания тягового модуля при его работе на жидкой пропан-бутановой смеси с частотой до 40 Гц в свободной воздушной струе с числом Маха набегающего потока до 0,6. Экспериментально получены значения удельного импульса (по топливу) на уровне 1200–1300 с.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант 14-13-00082).

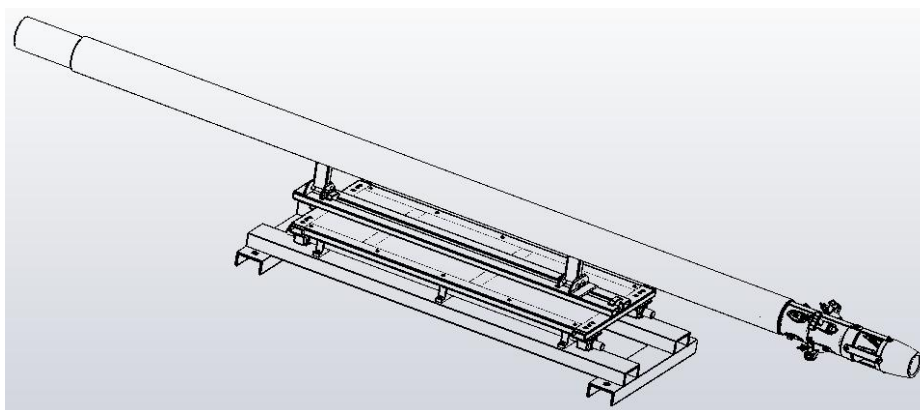


Рис. 1 – Импульсно-детонационный тяговый модуль на тяговом столе

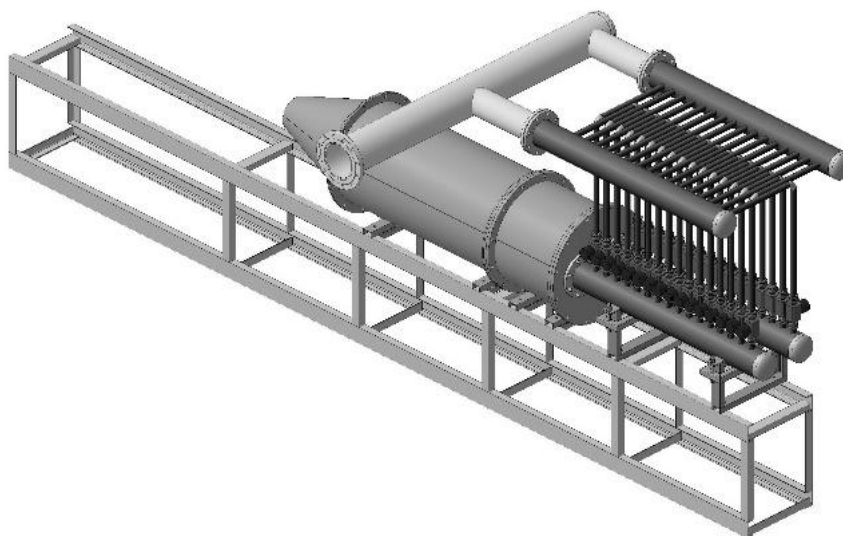


Рис.2 – Аэродинамическая труба ИХФ РАН с цифровым управлением параметрами воздушного потока



Рис.3 – Фотография экспериментального стенда с установленным на тяговом столе модулем со снятым кожухом-обтекателем и с акустическим поглотителем.

Список литературы

1. Frolov S.M., Aksenov V. S., Ivanov V. S., Shamshin I.O. Experimental studies of a liquid propane – air pulse detonation engine. In: Transient Combustion and Detonation Phenomena: Fundamentals and Applications. Moscow, Torus Press, 2014, pp. 362 – 374.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА СТРУКТУРУ ПЛОСКОЙ ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ ПРИ ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИИ В КАНАЛЕ ПО ОБЕДНЕННОЙ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

А.В. Хвостов, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва, artemkv@ciam.ru
Д.И. Бабушенко, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва, bdi@ciam.ru

В последние десятилетия большое внимание уделяется изучению детонационного горения с точки зрения его использования в различных типах двигателей. При этом, к настоящему времени остаются открытыми ряд вопросов, связанных с детальным воспроизведением физико-химических процессов при инициировании и распространении детонационной волны. Сегодня группы исследователей для описания горения водорода в воздухе пользуются различными кинетическими моделями. Целью данной работы было изучение влияния двух современных детальных кинетических моделей [1, 2] на устойчивость и структуру детонационной волны при численном моделировании ее инициирования и распространения в бедной водородно-воздушной смеси.

Численное моделирование проводилось для задачи об одномерном распространении детонационной волны в трубе длиной 1 м, закрытой с обоих концов и заполненной бедной водородно-воздушной смесью со степенью избытка воздуха $\alpha = 2$ и 3. В качестве начальных условий в трубе задавались температура 300 К и давление $1.01325 \cdot 10^5$ Па. Иницирование детонации проводилось в малой (0.02 м) области у левого закрытого конца трубы посредством повышения температуры до 1500 К, а давления в 100 раз.

Система уравнений Эйлера для многокомпонентного реагирующего газа аппроксимировалась на основе модифицированной схемы Годунова повышенного порядка точности. Первая рассматриваемая кинетическая модель горения водорода в воздухе [1] включает в себя 26 реакций и 11 компонентов, а вторая модель [2] содержит 21 реакцию и 10 компонентов. В обоих моделях присутствуют азот и аргон как нереагирующие компоненты. Для оценки сходимости численного решения проводились расчеты на сетках с разным размером ячеек (10 и 5 мкм).

Анализ результатов моделирования показал, что распространение детонационной волны во всех рассмотренных случаях имеет ярко выраженный колебательный характер, который был детально описан в работе [3]. При этом наблюдается качественное сходство полученных картин течения и хорошее совпадение численных значений таких макроскопических параметров, как средняя скорость распространения детонации, установившееся давление на левой стенке и температуры в различных участках течения при использовании двух рассматриваемых кинетических моделей (см. табл. 1). В то же время имеется существенное расхождение в характерных временах протекающих процессов. Так, схема «1» предсказывает более позднее воспламенение в зоне инициирования по сравнению со схемой «2», что приводит к иной конфигурации волн на