

Ф.С. РЯБОВ, К.В. ЕФРЕМОВ, В.С. АКСЁНОВ,
С.М. ФРОЛОВ¹, С.А. ГУБИН

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)

¹Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВУХТОЧЕЧНОГО ЗАЖИГАНИЯ В КАМЕРЕ ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ИМПУЛЬСНОГО ДЕТОНАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Экспериментальная работа по исследованию двухточечного зажигания и турбулентного горения в камере воспламенительного устройства (ВУ) импульсного детонационного двигателя. Показано, что многоточечное зажигание способствует более полному сгоранию смеси.

Возбуждение детонационной волны в импульсном детонационном двигателе (ИДД) требует высокого начального импульса [1]. Воспламенительное устройство (ВУ) позволяет инициировать рабочий процесс в ИДД, используя стандартные автомобильные свечи зажигания с низким потреблением электроэнергии (на уровне 0.1 Дж/такт). Одной из основных проблем функционирования ВУ на частоте до 50 Гц - 100 Гц является большое время перехода горения в детонацию (ПГД). Анализ экспериментальных данных привел к тому, что повышение параметров турбулентного движения в камере приводит к уменьшению времени ПГД, но вызывает затухание очагов воспламенения. Был создан макет ВУ (рис. 2) с параллельными прозрачными окнами для киносъемки в теновом приборе, снабженный входным и выходным соплами. Глубина камеры - 22 мм, объём камеры - около 75 см³. Выходное отверстие имеет диаметр 9.0 мм.

При пуске стехиометрическая пропано-воздушная горючая смесь из баллона-накопителя емкостью 1 л прокачивается через камеру сгорания ВУ. Поле скоростей течения в камере задаётся расходным соплом, и зависит от давления горючей смеси.

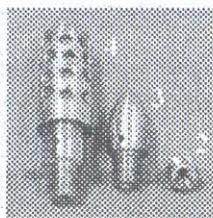


Рис. 1. Внешний вид сопловых насадок

Испытывались 4 сопловые насадки (рис. 1). Сопла 1 и 2 представляют собой осевые отверстия. Насадка 3 имеет 4 отверстия под углом 45 градусов. Насадка 4 выполнена из колпачка, спрессованного из медных шариков, уменьшающего параметры турбулентности.

Кадры высокоскоростной кинорегистрации в теневом приборе для сопла 2 с расходом 1.7 л/с показаны на рис. 3. На рис. 3а представлен процесс воспламенения ТВС на 4-ой мс после разряда, а максимальное давление в камере достигается на 7-ой мс (рис. 3б).

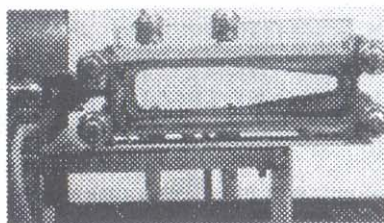


Рис. 2. Прозрачная камера воспламенятельного устройства

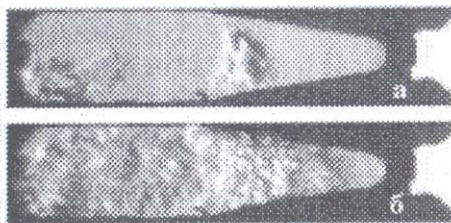


Рис. 3. Теневая регистраграмма процесса воспламенения (а) и горения (б) ТВС в ВУ

В силу того, что масштаб турбулентности сравним с размерами камеры, характер развития процесса отличается от опыта к опыту. Тепловой импульс от второй свечи создаёт устойчивую зону горения ниже по стенке камеры с контрастными границами. Судя по структуре зон горения, сильно отличающихся визуально, в области второй свечи наблюдаются пониженные значения параметров турбулентного течения. Кроме того, зона горения от первой свечи растянута вдоль оси и длительное время не может распространиться на всю ширину камеры. Это можно объяснить пониженной температурой пламени ввиду сильного теплообмена со стенками камеры и ТВС.

Как показывают предыдущие испытания реального ВУ, нестабильность процесса горения в ВУ, обусловленная турбулентным характером течения ТВС, приводит к нестабильности работы макета ИДД. В то же время с низкими параметрами турбулентности трудно получить высокие скоростные параметры горения.

Можно сделать следующие выводы.

1. Многоточечное воспламенение позволяет увеличить полноту сгорания смеси в камере и уменьшить время горения.
2. Искровое воспламенение представляется наиболее эффективным для течения ТВС в ВУ с оптимальной скоростью и турбулентностью в виде регулярного вихря.

Список литературы

1. Сэйитиро Кумагаи. Горение / Пер. с японского Орджоникидзе С.К., Ермолаева Б.С. – М.: Химия, 1979. – 256 с.