

## СОКРАЩЕНИЕ ПРЕДЕТОНАЦИОННОГО УЧАСТКА В ТРУБЕ С ВИТКОМ И СО СПИРАЛЬЮ ЩЕЛКИНА

**Введение.** Вопрос об использовании детонационного горения в реактивных двигателях и стационарных энергетических установках впервые поставлен Я. Б. Зельдовичем. По его оценкам, двигатели, использующие детонационное сгорание топлива, должны быть термодинамически более эффективными, чем двигатели, работающие на медленном (дефлаграционном) горении. В настоящее время рассматривают возможность использования детонационного сжигания топлива в периодически генерируемых детонационных волнах для создания реактивной тяги.

В современном представлении импульсный детонационный двигатель (ИДД) — это труба, оборудованная системой подачи воздуха и топлива. Один конец трубы, называемый тяговой стенкой, закрыт. Другой конец трубы оборудован реактивным соплом. По заполнении трубы топливно-воздушной смесью (ТВС) производится инициирование детонации в смеси с помощью того или иного источника инициирования. В результате по смеси распространяется детонационная волна, которая создает высокое избыточное давление на тяговой стенке. После выхода детонационной волны в атмосферу давление в трубе снижается. При снижении давления на тяговой стенке до определенного уровня в трубу подается новая порция ТВС, и процесс повторяется. Для обеспечения высокой эффективности ИДД необходимо обеспечить частоту генерации детонационных волн выше 100 Гц.

**Экспериментальная установка и результаты опытов.** Одна из проблем на пути создания ИДД — обеспечение низкой энергии инициирования детонации ТВС в воздушном потоке. В работе приведены результаты экспериментальных исследований, направленных на снижение энергии инициирования гетерогенной н-гексан и н-гептан — воздушной детонации в трубе с помощью комбинации различных средств: (1) использования трубы диаметром, близким к предельному, (2) спирали Щелкина, (3) элементов, фокусирующих ударную волну (виток трубы, расширительные камеры), (4) распределенных электрических разрядников и (5) конусных секций трубы для перепуска детонации в основную камеру — трубу большого диаметра.

В оптимальной конфигурации экспериментальной установки (см. рис. 1) в качестве инициирующей детонационной трубки («предетонатора») в экспе-

риментах использовали трубу диаметром 28 мм, длиной 1 м, переходящую через конусные секции и кольцевой зазор в основную камеру — трубу диаметром 52 мм, длиной 0.6 м. Предетонатор состоял из полнорасходной пневматической форсунки, обеспечивающей тонкое распыление жидкого топлива (10–15 мкм), двух дуговых электрических разрядников, спирали Щелкина и секции в виде витка трубы. Первый электрический разрядник периодически зажигал двухфазную смесь и генерировал первичную ударную волну в непрерывном двухфазном потоке. Первичная ударная волна, пройдя через спираль Щелкина и усилившись вследствие взаимодействия с волнами сжатия от ускоряющегося пламени, входила в секцию-виток, где претерпевала сложные отражения. Второй разрядник был установлен на выходе из витка трубы и срабатывал в момент прихода первичной ударной волны в сечение, где он расположен, инициируя детонацию. Минимальная энергия инициирования детонации в таком предетонаторе — 30 Дж. Энергию рассчитывали по известным значениям емкости батареи конденсаторов и по напряжению на них. Учитывая, что эффективность электрических разрядников не превышала 20%, фактическая энергия инициирования составила менее 10 Дж.

Непрерывный поток двухфазной смеси в основной камере создавали с помощью центробежного компрессора и автомобильной форсунки серийного производства. Перед началом работы установки в частотном детонационном режиме в основной камере с помощью дополнительного искрового разрядника в течение нескольких секунд поддерживали диффузионное горение. При нагреве стенок камеры до номинальной температуры включался предетонатор. Достигнута устойчивая работа установки с частотой до 5 Гц на составах топливно-воздушной смеси, близких к стехиометрическим.

**Заключение.** Использование предетонатора с указанными комбинированными средствами позволило снизить энергию инициирования детонации более чем в 100 раз по сравнению с энергией, необходимой для прямого инициирования детонации в основной камере одним электрическим разрядником.

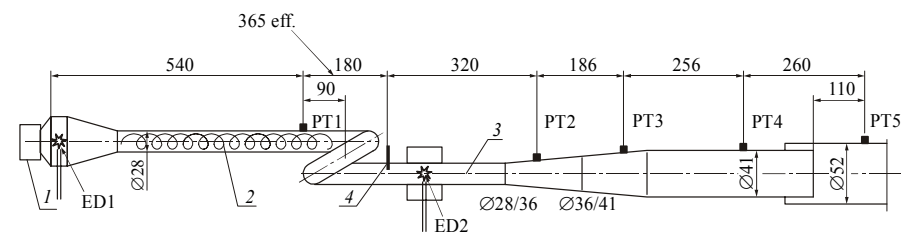


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. ED1 и ED2 — электрические разрядники. PT1–PT5 — датчики давления. Размеры в мм. 1 — пневматическая форсунка, 2 — спираль Щелкина, 3 — труба, 4 — зонд для запуска разрядника ED2.