

Фролов С.М., Басевич В.Я., Беляев А.А.  
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН  
117977, Москва, ул. Косыгина, 4

Пульсирующий детонационный двигатель (ПДД) рассматривают как перспективную альтернативу другим двигателям (ГТД, ПВД) для чисел Маха полета до 2 – 2,5. Один цикл рабочего процесса ПДД включает несколько стадий: (1) заполнение камеры сгорания топливно-воздушной смесью (ТВС), (2) инициирование детонации у закрытого (или открытого) торца камеры сгорания, (3) сжигание смеси в бегущей волне детонации, (4) истечение продуктов через сопло. Тяговые характеристики ПДД во многом определяются частотой генерации детонационного взрыва в камере. Считается, что при частотах выше 150-200 Гц ПДД может конкурировать с двигателями с другой организацией горения.

Основные преимущества ПДД связаны с термодинамической эффективностью сгорания в детонационной волне. К числу основных проблем, стоящих на пути реализации ПДД, относятся необходимость быстрого смешения жидкого углеводородного топлива с воздухом в камере сгорания, надежное инициирование детонации в ТВС на относительно коротких длинах (порядка 1-2 м) и при относительно низких энергиях инициатора, сильная чувствительность детонации к условиям в камере, предотвращение преждевременного зажигания ТВС вблизи горячей стенки камеры сгорания. Анализ показывает [1], что при изменении высоты полета от уровня моря до 10 км и числа Маха полета от 1 до 2 температура и давление ТВС в ПДД меняются в достаточно широких пределах как перед, так и за ударным фронтом детонационной волны. Чтобы обеспечить стабильность характеристик ПДД в таких условиях, необходимо принимать специальные меры.

Для достижения надежного инициирования детонации в [1] предложена идея создания регулируемого распределенного заряда ТВС в окрестности инициатора. Для снижения чувствительности детонации к изменяющимся условиям в камере сгорания, а также к отклонениям в соотношении характерных времен впрыска топлива, смешения, инициирования или срыва детонации и т.д. в [1] предложена идея использования в ПДД смесей двух углеводородных топлив с существенно различающейся детонационной способностью. Детонационную способность топливной смеси можно характеризовать октановым числом (ОЧ). Для управления детонационным сжиганием в [1] предлагается создавать ТВС с разным (активно регулируемым) ОЧ по длине камеры сгорания. В связи с тем, что детонационная способность топливных смесей слабо изучена, возникает необходимость в фундаментальных исследованиях инициирования и распространения детонации в смесях детонирующих топлив, а также в поиске перспективных составов для применения в ПДД.

В данной работе, на примере топливной смеси н-гептан – изо-октан исследуются основные характеристики детонационной способности ТВС – задержки самовоспламенения и время реакции. Исследование проводится на основе разработанной полуэмпирической кинетической схемы, объединяющей два блока реакций: (1) полуэмпирического блока, включающего реакции редукции высших углеводородов к низшим и реакции с участием гидроперекисей, ответственные за низкотемпературное самовоспламенение, и (2) неэмпирический блок реакций окисления углеводородов C1-C2. Проведены расчеты характерных времен реакции в диапазоне ОЧ от 0 до 100, температур от 650 до 1200 К, давлений от 1 до 100 атм, и коэффициентов избытка топлива от 0,5 до 2. Показано, что изменением состава топливной смеси можно эффективно управлять детонационной способностью ТВС и при необходимости поддерживать заданную детонационную способность при изменении определяющих параметров в камере сгорания.

#### Литература

[1] Frolov S.M., Basevich V.Ya., Belyaev A.A., Neuhaus M.G. Kinetic modeling of hydrocarbon auto-ignition for conditions relevant to pulse detonation engines. In: Advances in Experimentation and Computation of Detonations. Book of Abstracts (G.D. Roy, S.M. Frolov, K. Kailasanath, N.N. Smirnov, Eds.), Moscow, ENAS Publ., 1998, p. 106.