

ВОЗДЕЙСТВИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН НА ПРОЦЕССЫ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Шарафутдинов Р.Р., Александров Ю.Б.

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ), Казань, Alexwischen@rambler.ru

Ключевые слова: камера сгорания, выбросы вредных веществ, акустические волны, стоячие волны.

Качество смешения и распыла топлива являются факторами, существенно влияющими на полноту сгорания и эмиссию вредных веществ в камерах сгорания авиационных ГТД. Основными способами улучшения качества смешения можно назвать совершенствование фронтных устройств, оптимальное распределение расхода воздуха по системам отверстий и подача в КС гомогенизированной топливно-воздушной смеси. Мелкодисперсный распыл топлива обычно обеспечивается за счет конструкции форсунки и высокого давления в топливной системе. Однако для улучшения данных характеристик также имеется акустический способ воздействия на топливо или топливно-воздушную смесь.

Согласно множеству исследований, ультразвуковые волны определенной частоты и интенсивности оказывают положительное влияние на процессы горения. Так в книге [1] описывается воздействие ультразвуковой волны на пламя бунзеновской горелки. Действие ультразвуковых волн по данным эксперимента увеличивало скорость горения на 14%. Это происходит из-за увеличения мелкомасштабных пульсаций потока.

Несмотря на наличие широкого разнообразия генераторов ультразвука, одними из наиболее предпочтительных являются газодинамические, т.к. высокая температура, воздействие высокого давления и ограниченность пространства затрудняют применение пьезоэлементов и генераторов с подвижными элементами, в том числе и по соображениям надежности устройства. Среди газодинамических генераторов ультразвука наиболее известны гартмоновские свистки, действие которых основано на воздействии сверхзвукового потока на резонатор. Применение такого генератора для целей интенсификации смешения в камере сгорания возможно, однако такие свистки обладают низким коэффициентом полезного действия. Другой тип генератора акустических волн на базе трубки Ранка приведен в работе [2]. Акустические волны в совокупности с вихревым эффектом, были применены для интенсификации горения в плавильной печи. В печи такой конструкции наблюдалось уменьшение расхода топлива на 10 %. По ходу работы авторы сделали следующие заключения:

- степень распыления топлива под влиянием акустической энергии увеличивается;
- увеличивается полнота сгорания топлива;
- вероятность столкновения капель топлива и молекул окислителя благодаря акустической энергии повышается.

В работе [3] исследовалось влияние акустических возмущений на диффузионное горение метана. В эксперименте на резонансных частотах наблюдалось снижение выбросов NOx. Причем при уровне звукового давления 110 dB и резонансной (в условиях данного эксперимента) частоте 3 kHz концентрация NOx снизилась на 50 % по сравнению с продуктами горения без акустических возмущений.

Несмотря на то, что ультразвуковые волны способны улучшать горение, они также способны гасить его. Экспериментально нами было проверено, что пламя отклоняется от стоячей волны, созданной двумя генераторами ультразвука. Также имеются различные работы, в которых рассматривается способ тушения пламени ультразвуком на определенных частотах. Данное свойство также теоретически может быть применено в камере сгорания, например, для ограничения прогара стенок или ограничения участков горения для уменьшения эмиссии NOx.

Энергия акустических волн также является хорошим инструментом для получения мелкодисперсного распыла топлива. Ультразвуковые волны вызывают кавитацию жидкости и способны расщеплять их на мельчайшие частицы. На данный принцип опирается большое количество патентов на ультразвуковые форсунки

Применение ультразвуковых волн в процессах горения могло бы открыть широкие перспективы в развитии камер сгорания ГТД, однако, сложность создания генераторов ультразвука, работающих в условиях камеры сгорания, и трудность доводки таких КС ограничивают применение данного способа.

Список литературы

1. Кумагаи С. Горение: пер. с японского. – М.: Химия, 1979. – 255 с.
2. Грегуш П. Воздействие звука на процессы горения. Акустический журнал. – Том 8. – Вып. 4. – 1962. – С. 420-425.
3. Кривокрытов М.С., Голуб В.В., Володин В.В. Влияние акустических колебаний на диффузионное горение метана. Письма в ЖТФ. – 2012. – Том 38. – Вып.10. – С. 57-63.

Сведения об авторах

Шарафутдинов Рамис Равилевич, магистрант первого года обучения кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» КНИТУ - КАИ им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: рабочие процессы в ГТД.

Александров Юрий Борисович, к.х.н, доцент кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» КНИТУ - КАИ им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: численные расчеты, газодинамика, процессы смешения и горения в камерах сгорания ГТД.

IMPACT OF ACOUSTIC WAVES ON PROCESSES IN THE COMBUSTION CHAMBER

Sharafutdinov R.R., Alehandrov Yu.B.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI,
Kazan, Russia, Alexwischen@rambler.ru

Keywords: combustion chamber, emissions of harmful substances, acoustic waves, standing waves.

The paper provides an overview of the use of sound exposure to combustion processes. Exposure to ultrasound can be useful in intensifying the process of atomization of liquid fuel and combustion. It can be used to reduce the emission of harmful substances and control the position of the flame front. Mention is made of the authors' experimental study of the influence of a standing wave on a flame.