

4. Расход воздуха, отсасываемого с периферии циклона вместе с пылью, должен составлять 8—10% от расхода очищенного воздуха.

Ю. А. Кныш, С. В. Лукачев

О ПРИМЕНЕНИИ ВИХРЕВЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ФОРСУНОК В АВИАЦИОННЫХ ГТД

Проблема снижения токсичности выхлопных газов при одновременном повышении полноты сгорания топлива является одной из основных задач, решаемых при создании авиационных двигателей. Традиционным путем решения этой задачи является улучшение процессов смесеобразования и горения.

Для распыливания жидкого топлива чаще всего применяются центробежные форсунки. Газообразное топливо еще не нашло широкого применения в газотурбинных двигателях, поэтому вопрос о наилучшей конструкции газовой форсунки остается пока открытым. Весьма вероятно, что и для газообразного топлива центробежные (вихревые) форсунки будут предпочтительнее струйных. Закрученный поток газообразного топлива обладает более высокой степенью турбулентности, широким факелом раскрытия струи, поэтому процесс смесеобразования протекает более интенсивно и завершается на более коротком участке камеры сгорания.

В последнее время в теплоэнергетике начинают применяться акустические форсунки, позволяющие существенно интенсифицировать как предпламенные процессы (распыливание, смешение и испарение), так и непосредственно процесс горения [1], [2]. Практика применения вихревых акустических форсунок в газотурбинных двигателях показывает, что они не вызывают режимов вибрационного горения. Это, очевидно, объясняется тем, что частота генерируемых форсункой колебаний обычно в несколько раз превышает значение собственной акустической частоты возбуждения камеры, а своеобразный (прецессионный) механизм колебаний в форсунке не может иметь обратной связи через пульсации давления в камере сгорания. Высокое давление подачи жидкого топлива (в несколько раз превышающее давление в камере сгорания) исключает возможность проникновения колебаний из камеры сгорания в топливную систему.

Вихревые акустические форсунки наиболее целесообразно применять в многофорсуночных камерах сгорания, так как в этом случае за счет суперпозиции звуковых волн вся акустическая энергия будет рассеиваться в пределах зоны горения и возможность возникновения неустойчивых режимов горения еще больше снизится.

Величину геометрической характеристики воздушного контура пневмоакустической форсунки следует выбрать в диапазоне

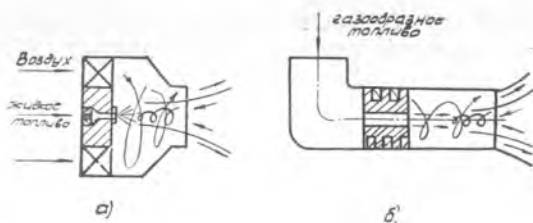


Рис. 1. Схемы вихревых акустических форсунок

$A_r = 1-3$. В этом случае имеет место небольшой угол распыла воздушного факела, поэтому горячие газы не могут проникать из зоны горения в приосевую область форсунки. Тем самым обеспечивается независимость работы форсунки — генератора от окружающей среды [3].

Для возбуждения в форсунке регулярных колебаний давления необходимо, чтобы в указанном диапазоне геометрических характеристик длина вихревой камеры была не менее одного-двух калибров. На рис. 1,а представлена схема вихревой акустической форсунки для газотурбинного двигателя. Геометрическая характеристика воздушного контура форсунки — 1,05, длина вихревой камеры — 1,4.

В диапазоне рабочих режимов камеры сгорания частота акустических колебаний, генерируемых форсункой, изменяется в пределах 2200—2400 гц. Подача керосина и наличие факела пламени существенного влияния на акустические характеристики воздушного контура форсунки не оказывают.

При использовании в ГТД газообразного топлива (метана, пропана, водорода и т. п.) применение акустических форсунок должно в меньшей степени сказаться на процессе горения, поскольку в этом случае отсутствуют основные предпламенные процессы: распыливание и испарение топлива. В то же время малые давления подачи топлива (при использовании газообразного топлива перепад давления составляет 3—5% от давления в камере сгорания) делают возможным возбуждение в камере сгорания вибрационного горения с расходным механизмом обратной связи в системе подачи топлива [4]. Поэтому при разработке газовых центробежных форсунок следует предусматривать мероприятия по ослаблению или даже полному исключению автоколебаний в форсунках. В особенности это относится к камерам с малым числом форсунок (9—12—18) и большой теплонапряженностью.

Такой подход был принят при создании центробежной форсунки для подачи природного газа в камеру сгорания ГТД НК-12СТ наземного применения.

С целью подавления автоколебательных процессов в форсунке была выбрана короткая длина вихревой камеры ($L = 1,5$ при 212

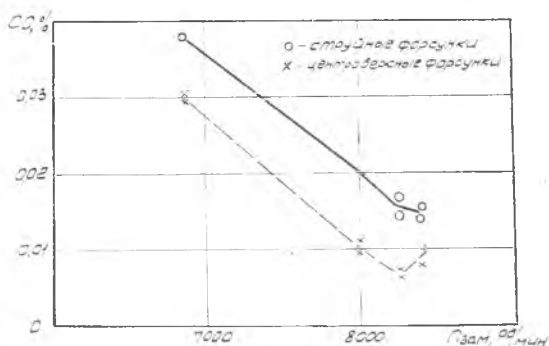


Рис. 2. Зависимость содержания окиси углерода в выхлопных газах изделия от числа оборотов турбокомпрессора

$A_r = 3,02$) и предусмотрен частичный перепуск топлива через центральное отверстие в завихрителе (рис. 1, б). Эти мероприятия позволили полностью устранить пульсации давления в форсунке.

Сравнительные испытания разработанной газовой центробежной форсунки со струйной, проведенные как в стендовых условиях, так и на натурном двигателе, показали, что применение центробежной форсунки значительно снижает содержание токсичного продукта СО в выхлопных газах двигателя (рис. 2) и несколько улучшает основные характеристики работы камеры сгорания: полнота сгорания топлива повышается на 0,5—1%, граница срыва пламени на бедных смесях перемещается в область больших скоростей, улучшается тепловое состояние стенок жаровой трубы.

Таким образом, при работе двигателя на жидком топливе целесообразно применять пневматический способ распыливания с использованием вихревых акустических форсунок, настроенных на максимальное излучение звуковых колебаний. При использовании газообразного топлива следует предусматривать в вихревых форсунках конструктивные мероприятия, исключающие нестационарные режимы истечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грегус П. Воздействие звука на процессы горения. Акустический журнал, 1962, т. 8, вып. 4.
2. Черных В. П. Исследование вихревых акустических форсунок для локотивного ГТД. Автореферат диссертации. МИИЖТ, 1972.
3. Кныш Ю. А., Лукачев С. В. Влияние температуры окружающей среды на работу вихревого генератора звука.
- Труды 1-ой научно-технической конференции по исследованию вихревого эффекта и его промышленного применения. Куйбышев, 1974.
4. Раушенбах Б. В. Вибрационное горение. М., 1961.