

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, ПРОЦЕССЫ И ОБЪЕКТЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ГОРЕНИЮ И ВЗРЫВУ

С. М. Фролов

**Создание научных основ проектирования  
непрерывно-детонационных камер сгорания  
для газотурбинных двигателей  
и энергетических установок нового поколения**

Использование камер сгорания с повышением полного давления — путь, позволяющий существенно повысить термодинамическую эффективность современных газотурбинных двигателей (ГТД) и газотурбинных энергетических установок (ГТУ). Повысить полное давление в камере сгорания можно, увеличив скорость горения топливно-воздушной смеси (ТВС) и/или изменив режим горения. Наиболее привлекательным (по термодинамической эффективности) режимом быстрого горения является детонация. Для использования детонации в силовых установках летательных аппаратов и в ГТУ никаких фундаментальных ограничений нет.

Известны три основные схемы организации детонационного горения: в детонационной волне (ДВ), стабилизированной в сверхзвуковом потоке; в периодических ДВ, бегущих вдоль камеры сгорания (КС); и в ДВ, непрерывно циркулирующих в тангенциальном направлении поперек КС (камеры с непрерывной детонацией, КНД). Первую и вторую схемы считают перспективными применительно к прямоточным реактивным двигателям, а третью — для ГТД и ГТУ.

На мой взгляд, сегодня одна из актуальных задач — создание научных основ проектирования КНД для ГТД и ГТУ нового поколения. Необходимо начать в нашей стране масштабные расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в этом направлении.

На первом этапе на основе многомерного численного моделирования рабочего процесса в КНД следует определить ключевые проблемы интеграции КНД в ГТД или ГТУ, включая тепловое состояние стенок камеры и параметры течения на входе и выходе КНД, и предложить пути решения этих проблем. Для этого следует провести расчеты для вариантов КНД с отдельной подачей компонентов ТВС (воздуха и углеводородного горючего), с воздушным охлаждением стенок и с подачей вторичного воздуха для охлаждения продуктов детонации, а также с устройствами ослабления ударных волн, бегущих вверх и вниз по потоку. Камера должна иметь компактную конструкцию, обеспечивающую:

- (1) устойчивый рабочий процесс с одной или несколькими ДВ;
- (2) повышение полного давления;
- (3) приемлемую температуру продуктов детонации в выходном сечении;
- (4) приемлемый уровень пульсаций температуры и давления в выходном сечении;
- (5) приемлемый уровень пульсаций давления во входном сечении;
- (6) приемлемую температуру стенки.

Под «приемлемыми» уровнями рабочих параметров и их пульсаций в КНД я понимаю их примерное соответствие тем уровням, которые допускаются в современных ГТД и ГТУ. Не исключено, что в процессе расчетно-теоретических исследований выяснится, что одновременное выполнение всех отмеченных требований невозможно, если за основу брать технологический уровень существующих ГТД и ГТУ. Может оказаться, что для выполнения этих требований понадобится разработка и внедрение новых жаропрочных и виброустойчивых материалов, новых лопаточных машин и др. В этом случае в результате таких исследований появятся новые научно обоснованные ориентиры для соответствующих областей знаний.

На втором этапе следует начинать проектирование, изготовление и испытания лабораторных образцов КНД повышенной эффективности с устойчивым рабочим процессом. Только при наличии таких образцов станут понятными реальные перспективы практических приложений: от краткосрочных до долгосрочных.

Следует также подчеркнуть, что переход от горения к детонации в ГТД и ГТУ позволит существенно снизить эмиссию вредных

веществ, в частности оксидов азота. На это указывают и расчет, и уже имеющиеся экспериментальные данные.

**В. С. Арутюнов, В. М. Шмелев, А. Н. Рахметов**

**Новые подходы к созданию малоэмиссионных камер сгорания для газотурбинных установок**

Газотурбинные двигатели и стационарные ГТУ благодаря своей компактности, высокой удельной мощности, энергоэффективности, экономичности и маневренности стали одним из основных типов энергоприводов для авиации, наземного транспорта и энергетики. В течение десятилетий повышение именно этих качеств было движущей силой прогресса в разработке газовых турбин. Однако по мере нарастания экологических проблем и связанного с этим ужесточения норм экологического регулирования возникла необходимость кардинального улучшения эмиссионных характеристик ГТУ. Предлагавшиеся до сих пор решения проблемы создания малоэмиссионных газовых турбин основывались на различных модификациях процесса горения в камерах сгорания ГТУ, не затрагивающих основные принципы факельного сжигания топлива.

По нашему мнению, радикальным решением этой проблемы может стать создание принципиально нового типа КС для ГТУ, процесс горения в которой изначально ориентирован на достижение минимального уровня выброса вредных веществ. В качестве прототипа для организации процесса горения в новом типе КС ГТУ нами предложены низкоэмиссионные горелочные устройства на основе проницаемых объемных матриц (объемных матричных горелок). Они сочетают отличные эмиссионные характеристики с высокой эффективностью конверсии различных типов топлива и высокой плотностью потока энергии с единицы поверхности.

Экспериментальные и теоретические исследования показывают, что на основе объемных проницаемых матричных горелок могут быть созданы малоэмиссионные матричные КС (МКС) для ГТУ, практически не уступающие традиционным КС по основным энергетическим характеристикам, но обеспечивающие значительно более низкий уровень вредных выбросов. Основное преимущество МКС заключается в замене турбулентного факельного сжигания