

Также был реформирован учебный план подготовки специалистов, нацеленный на создание студентами виртуального двигателя при дипломном проектировании. Наряду с созданием 3D-модели конструкции двигателя студенты глубоко прорабатывают различные аспекты создания двигателя (вариативное проектирование компрессоров и турбин с оценкой структуры потока в отдельных ступенях лопаточных машин и их энергетических параметров; решение сопряженной задачи газодинамики и прочности при расчете лопаточного венца; решение задач оптимизации ступени лопаточной машины с газодинамической точки зрения; многодисциплинарный анализ процессов в элементах, узлах и системах двигателя; оптимизация элементов, узлов и систем двигателя; разработка перспективных конструкций АД и ЭУ и др.).

Внедрение этого позволяет получить следующий эффект:

- реализация методики проектирования двигателей с изготовлением минимального количества опытных изделий;
- оценка риска появления отказа вследствие неблагоприятного соотношения конструктивных, технологических и эксплуатационных отклонений.

В результате внедрения описанной выше технологии удалось существенно преобразовать учебную и научную деятельность.

Результаты многолетней работы на факультете ДИА:

- выход в дипломном проектировании на виртуальный двигатель;
- созданная база 3D-моделей авиационных двигателей и энергетических установок, их узлов и систем;
- виртуальные стенды (газодинамический тракт двигателя; ступени турбины и компрессора; электронная сборка авиационного двигателя; система управления двигателем; система внутренних воздушных потоков; система регулирования радиальных зазоров турбомашин; система регулируемых направляющих аппаратов; клапаны перепуска; реактивное сопло; торцовое контактное уплотнение; реверс тяги; силовые, температурные и вибрационные нагружения конструкций; моделирование работы кинематических и теплонапряженных узлов двигателя; попадание птицы в тракт двигателя; пробивание корпуса оторвавшейся лопаткой; моделирование технологических процессов изготовления деталей);
- повышение уровня подготовки специалистов.

УДК 621.452

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЖЕКТОРА ТУРБИНЫ МИКРОГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Георги Я.¹, Штаудахер С.¹, Фалалеев С.В.²

¹ Институт авиационных двигателей, университет Штутгарта, Германия

² Самарский государственный аэрокосмический университет

MODELLING OF AN EJECTOR FOR TURBINE AERO ENGINES FOR APPLICATION IN PERFORMANCE SYNTHESIS TOOLS

Georgi J., Staudacher S., Falaleev S.V. The Institute of Aircraft Propulsion Systems and the Department of Aircraft Engine Design a cooperating on the development of a micro gas turbine engine in the performance class 395 N. The goal is to improve the efficiency of such small aeroengines. Among other approaches, an ejector configuration is to be examined in this context.

Институт авиационных двигателей кафедры конструкции и проектирования (ИА) университета Штутгарта (Германия) и двигателей летательных аппаратов

(КиПДЛА) Самарского государственного университета (Россия) уже на протяжении долгих лет поддерживают тесные партнёрские отношения, которые укрепляются обменом опытом в подходах к проектированию авиационных двигателей, а также проведением двусторонних стажировок студентов и преподавателей. В настоящее время ИА и КиПДЛА совместно разрабатывают высокоэффективный микрогазотурбинный двигатель тягой 395 Н. Следует отметить, что ИА имеет в области создания микрогазотурбинных двигателей большой опыт и уникальное испытательное оборудование. Силами аспирантов института было создано два микрогазотурбинных двигателя тягой 100 и 400Н, ставших объектами исследования и внедрения самых современных технологий в этой области – высокоскоростных керамических подшипников и керамических лопаток турбины. На стенде проводится большое количество испытаний микродвигателей, собираются статистические данные и выполняется анализ работы двигателей. КиПДЛА имеет большой опыт в конструировании двигателей различного применения, проектировании высокоэффективных узлов и систем.

Целью представляемого в докладе исследования является улучшение эффективности таких маленьких авиадвигателей. При этом анализируются различные конструктивные решения. Среди других подходов исследуется также использование эжектора.

Применение эжекторных сопел в полноразмерных авиационных двигателях известно, однако отсутствуют модели течения в таких устройствах при их использовании в микрогазотурбинных двигателях. Представляет интерес исследование взаимного влияния работы эжектора и турбины. Поэтому в докладе рассмотрено создание модуля эжектора для турбины микрогазотурбинного двигателя.

Модуль позволяет регулировать эжектирующую функцию. Первоначально рассмотрена упрощенная математическая 1-D модель эжектора сопла. Она действительно для сжимаемого потока смеси внешнего воздуха и газа, вытекающего из турбины. Модель в состоянии решать уравнения потока для полного смешивания основных и вторичных потоков как в случае подкритического, так и в случае сверхкритического основного потока сопла.

В докладе рассмотрена интеграция модели с исполнительной программой SAERP (Sophisticated Aero-Engine Performance Program). Расчетные исследования, приведенные в качестве примера, спроектированного микрогазотурбинного двигателя с эжектором и без эжектора выполнены для диапазона чисел Маха полета от 0 до 1 и высоты полета от 0 до 11000 м.

В зависимости от своего размещения эжектор может повысить тягу микрогазотурбинного двигателя. Найдено, что эффективность применения эжектора зависит от соотношения площадей основного и вторичного потоков в сопле, а также от числа Маха полета и давления и температуры в двигателе. Кроме того, в докладе показано, что имеется взаимозависимость между исполнением эжектора и термодинамическим циклом двигателя. Эжектор понижает статическое давление позади основного сопла, что приводит к увеличенному снижению давления в турбине для докритического течения. Одновременно более низкое давление приводит к достижению критического состояния в основном сопле ранее, чем имело бы место без эжектора. Так как эффективность эжектора также зависит от его геометрии, модель должна быть расширена в будущем, чтобы учесть четыре вида потерь: входные потери, потери смешения, потери трения и выходные потери.