

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Д.Р. Юкина, И.В. Чечет, С.Г. Матвеев, Д.В. Идрисов
Самарский университет, г. Самара, bobkova.dr@ssau.ru

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, камера сгорания, проектирование, машинное обучение.

Современная авиационная промышленность сталкивается с жёсткими требованиями Международной организации гражданской авиации (ИКАО) по снижению вредных выбросов. Основными нормируемыми веществами являются оксиды азота (NO_x) и оксид углерода (СО), формирование которых определяется процессами горения в камере сгорания газотурбинного двигателя (ГТД). Опыт разработки камер сгорания показывает, что от её геометрии и аэродинамики зависят эффективность сгорания топлива, стабильность факела, равномерность распределения температурного поля на входе в турбину и другие. В этих условиях задача оптимизации облика камеры сгорания с учётом предъявляемых экологических требований приобретает первостепенное значение для создания перспективных авиационных двигателей.

Процессы в жаровой трубе зависят от течения потока от входа в камеру сгорания до выхода из неё. Особое значение имеет диффузор – элемент, обеспечивающий торможение потока воздуха, поступающего от компрессора, и создающий равномерное поле скорости перед входом в зону горения. Неравномерность профиля скорости на выходе из диффузора, наличие зон отрыва и вторичных течений непосредственно влияют на: стабильность воспламенения и горения; формирование локальных зон повышенной температуры (горячих пятен), провоцирующих увеличение выбросов NO_x ; полноту сгорания и, как следствие, уровень выбросов СО; потери полного давления, что снижает общий КПД двигателя. Таким образом, диффузор выступает ключевым связующим звеном между компрессором и жаровой трубой. Потери полного давления на нем составляют порядка 30% от общих потерь на камеру сгорания. Поэтому его оптимизация является необходимым условием повышения экологической и экономической эффективности ГТД.

В настоящее время особую перспективность представляет применение методов интеллектуального анализа данных для оптимизации диффузора, геометрия которого характеризуется многопараметрическим пространством и сложными нелинейными зависимостями между конструктивными характеристиками и аэродинамическими показателями. Использование моделей МО позволяет: аппроксимировать функцию потерь полного давления на основе ограниченного числа численных экспериментов; осуществлять быстрый отбор вариантов без полноценного CFD-расчёта; выявлять скрытые корреляции между геометрическими параметрами и интегральными характеристиками потока.

В результате проведённого оптимизационного расчёта была сформирована база данных, содержащая информацию о геометрических параметрах различных вариантов диффузора и соответствующие значения потерь полного давления на выходе. На данном массиве данных были обучены три модели машинного обучения: LSTM, CatBoost и MLP.

Полученные результаты демонстрируют целесообразность применения интеллектуальных методов анализа данных на этапе предварительного проектирования облика камеры сгорания ГТД, что позволяет сократить объём вычислительных экспериментов и повысить точность прогнозирования потерь полного давления при варьировании геометрических параметров диффузора и жаровой трубы с точностью до 12%..

Сведения об авторах

Юкина Д.Р. – аспирант, инженер-конструктор НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: рабочие процессы в КС ГТД.

Чечет И.В. – к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: физика и химия процессов горения.

Матвеев С.Г. – к.т.н., доцент, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей, в.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: экспериментальные исследования и моделирование процессов горения применительно к камерам сгорания ГТД и ГТУ, образование и выброс загрязняющих веществ при сжигании углеводородных топлив, применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

Идрисов Д.В. – к.т.н., с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.