МЕТОД РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЛАЖНОЙ ОЧИСТКИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Мальцев Е. Н., Филиппов А. А.
ОАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара, Самарская обл., Россия

Эффективная эксплуатация газотурбинных двигателей (ГТД), как авиационных, так и наземного применения, и энергетических установок (ЭУ) невозможна без обеспечения высоких показателей надежности и экономичности. Непосредственное влияние на эти параметры оказывает состояние деталей проточной части газотурбинных двигателей, в процессе эксплуатации которых происходит загрязнение ее элементов пылью, солями, частицами масла, сажей, несгоревшими остатками топлива и др. Это приводит к нерасчетному изменению геометрии проточной части и искажению полей давлений и скоростей в ней, что, в свою очередь, вызывает ухудшение энергетических характеристик и вибрационного состояния двигателя – снижение расхода воздуха и давления за компрессором, мощности и КПД, возрастает вибронпряженность элементов его конструкции. Загрязнение существенно зависит от условий, в которых эксплуатируется двигатель, при этом преобладающим является отложение загрязнений на элементах проточной части компрессора. Повышенное загрязнение особенно характерно при эксплуатации конвертированных авиационных ГТД в наземных условиях, например, при использовании их в качестве привода газоперекачивающих агрегатов в магистральных газопроводах. Так, загрязнение проточной части осевого компрессора при работе в указанных условиях может приводить к уменьшению расхода воздуха до 6% и снижению КПД компрессора на 2÷3%, что вызывает снижение эффективного КПД до 2÷5%, полезной мощности двигателя до 10%, при этом расход топлива возрастает до 10%.

Для восстановления энергетических характеристик и улучшения вибрационного состояния газотурбинных двигателей в настоящее время применяются различные способы очистки их проточной части. Наибольшее распространение среди них получил способ влажной очистки проточной части различными моющими жидкими растворами. Но, несмотря на многолетний опыт, основанный на эмпирическом подходе, теоретического обоснования применения и выполнения влажной очистки не получено, на данный момент не создано также методов расчета процессов очистки и выбора рациональных конструктивных параметров устройств для ее проведения. В этой связи разработанный метод расчета и проектирования системы влажной очистки, а также средства ее реализации, основанный на минимизации расхода моющей жидкости и оптимизации ее подачи на детали проточной части ГТД, является весьма актуальной задачей.

Методология и методы исследования. Общий методологический подход к решению проблемы базируется на системном анализе, математическом и расчетном моделировании процессов, протекающих в проточной части газотурбинного двигателя. Для решения задач использовались методы математического анализа, гидрогазодинамики, трибологии и проведения модельных и натуральных экспериментов.

По итогам решения этой задачи сделаны следующие выводы:

1. Обоснована и построена многофакторная концептуальная модель системы влажной очистки проточной части ГТД, устанавливающая соотношение общего вида между интенсивностью разрушения (изнашивания) пленки загрязнений, её геометрическими и физическими характеристиками, рабочими параметрами воздушного потока в воздухозаборнике, его геометрией и параметрами жидкости-

очистителя и устройства для очистки.

2. Разработана математическая модель процесса влажной очистки, позволяющая решить задачу определения параметров очистки в зависимости от параметров режимов работы двигателя.

3. Разработаны геометро-кинематическая модель устройства для влажной очистки проточной части ГТД и алгоритм выбора его конструктивных и рабочих параметров в зависимости от геометрических, кинематических и рабочих параметров воздухозаборника двигателя.

4. Предложено и обосновано определение рациональных параметров влажной очистки проточной части ГТД проводить на малоразмерной модельной стендовой установке в лабораторных (заводских) условиях без дорогостоящих опытно-промышленных испытаний двигателей, для чего предложена и реализована конструкция модельной стендовой установки и создана методика расчета и проектирования указанного устройства.

5. Разработан обобщенный метод расчета и проектирования системы влажной очистки проточной части ГТД и средств ее реализации, позволяющие адаптировать систему под любой газотурбинный двигатель на любом этапе его жизненного цикла, т.е. как на вновь создаваемых, так и эксплуатируемых в различных условиях. Это обеспечивает:

- сокращение сроков разработки и доводки системы влажной очистки более чем в 2 раза;

- исключение проведения специальных опытно-промышленных испытаний двигателей по определению рациональных параметров очистки, что обеспечивает экономию средств не менее чем на порядок;

- сокращение времени очистки в эксплуатационных условиях и экономию дорогостоящих промывочных жидкостей на 40%.

6. Разработанный метод расчета и проектирования системы влажной очистки проточной части ГТД внедрен на ОАО «Кузнецов» на авиационных двигателях, эксплуатируемых в наземных условиях, в системе перекачки газа.