

МЕТОД АЭРОЗОЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА ГТД ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОГО РЕСУРСА

Паерелий Д.А., Кесель Б.А.
ОАО КПП «Авиамотор», г. Казань

Состояние вопроса

В настоящее время получило большое распространение применение газотурбинных технологий в различных отраслях промышленности. Газотурбинные двигатели применяются в качестве приводов генераторов в электростанциях, в газоперекачивающих агрегатах для транспортировки природного газа и многом другом.

Опыт эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей большого ресурса и двигателей наземного применения газотурбинных установок на базе авиационных двигателей показал, что в процессе выработки ресурса имеет место ухудшение их характеристик [1,2].

К основным причинам, приводящим к ухудшению характеристик, относятся:

- эрозия профилейных частей направляющих и рабочих лопаток компрессора, обусловленная попаданием в такт двигателей абразивных частиц;
- увеличение зазоров между концами рабочих лопаток и корпусом компрессора;
- увеличение зазоров между концами рабочих лопаток и корпусом турбины;
- износ уплотнений;
- загрязнение газоздушного тракта и полостных элементов, влияющих на параметры двигателя, таких как коллектора камер сгорания, полости охлаждаемых сопловых и рабочих лопаток турбин и т.п.

Основные мероприятия, направленные на обеспечение стабильности параметров авиационных и газотурбинных двигателей и наземных приводов, созданных на базе указанных двигателей, сводятся к отработке конструктивных и технологических решений. Для вновь создаваемых конструкций разработаны системы активного управления радиальными зазорами между роторными и статорными деталями в течение полетного цикла. С целью уменьшения эрозионного износа элементов газоздушного тракта отработаны и внедрены специальные эрозионно-стойкие покрытия для лопаток компрессора (нитрид титана) и покрытия устойчивые к газовой коррозии элементов турбины (Ni – Cr – Al – It). Перечисленные мероприятия направлены, в основном, для устранения ухудшения параметров, обусловленного износом элементов газоздушного тракта двигателей.

Проблему ухудшения параметров, обусловленную загрязнением элементов газоздушного тракта двигателей и входящих в него полост-

ных деталей указанные выше мероприятия не решают.

С учетом изложенного вопрос обеспечения чистоты элементов газозо-воздушного тракта двигателя в течение его жизненного цикла является весьма актуальным.

Рассматривая характер загрязнений и эксплуатационных отложений, имеющих место на элементах проточной части и полостях деталей газотурбинных двигателей следует отметить, что они имеют разнообразную природу и характерную динамику образования и нарастания.

В частности на рабочих лопатках и направляющих аппаратах компрессоров имеет место загрязнение, называемое пригаром. Пригар является достаточно рыхлой углеродистой структурой, обладающей достаточно слабой адгезионной способностью по отношению к поверхности металла лопаток, образуется из пылевых отложений в сочетании с продуктами термического разложения масла.

В свою очередь на сопловых аппаратах турбины и на трактовых поверхностях рабочих лопаток имеют место отложения называемые нагаром. Нагар один из самых трудноудаляемых видов загрязнений, он образован продуктами высокотемпературной коррозии в виде сочетания различных окисных пленок достаточно сложного химического состава. Основными компонентами, образующими нагар, являются целый ряд окисных соединений таких как: MoO_3 , NiO , WO_3 , Na_2SO_4 , Na_2MoO_4 , Na_2WO_4 [3].

В связи с изложенным, весьма актуальное значение приобретают вопросы отработки технологических и профилактических мероприятий, которые позволили бы уменьшить интенсивность загрязнения элементов газозо-воздушного тракта и полостных элементов, влияющих на параметры авиационных ГТД, а так же технологических процессов, их эффективной очистки при эксплуатации и ремонте[4].

Выбор конкретного процесса очистки зависит от целого ряда особенностей. Главными характеристиками, определяющими эффективность того или иного процесса очистки, являются скорость процесса и энергозатраты[5].

На скорость процесса очистки оказывают влияние факторы:

- природа загрязнений (химический состав, прочностные свойства);
- количество загрязнений;
- вид очищаемой поверхности (материал, шероховатость, размеры и конфигурация поверхности);
- очищающая среда;
- характер и параметры взаимодействия очищающей среды с поверхностью. Приблизительно от этих же факторов зависит и энергоемкость процесса. Предпочтение при выборе средств и способов очистки отдается экономичным высокопроизводительным и экологически чистым методам.

Анализ методов промывки показал, что недостатками применяемых в настоящее время методов и средств являются [6,7]:

- недостаточная эффективность применяемых методов и средств промывки;
- большая трудоемкость и время выполнения работ по промывке;
- сложность утилизации применяемых моющих средств;
- применение сложного и громоздкого оборудования для промывки;
- проблема сбора и утилизации отработанной жидкости;
- большое общее время работ по промывки.

Решение этой проблемы предполагается осуществить с помощью метода аэрозольной очистки, основанного на явлении капельной эрозии при движении диспергированных капель моющего раствора со скоростями выше скорости звука.

Аэрозольная очистка – один из перспективных методов удаления загрязнений. Метод аэрозольной очистки обладает рядом преимуществ, среди которых следует отметить:

- высокую скорость процесса очистки;
- экологическую чистоту (способ реализуется обычной водой);
- высокую концентрацию энергетического воздействия на загрязнения;
- возможность применения для очистки последних ступеней компрессора полостных элементов с ограниченным доступом к очищаемым поверхностям и т.д.

К недостаткам данного метода следует отнести высокую энергоемкость. Указанный способ весьма привлекателен для устранения загрязнений.

В дальнейшем, имеется возможность этот метод очистки применить в ремонтных технологических процессах, а также в процессах по улучшению качества поверхностного слоя и не только в газотурбинных технологиях, но и в других областях машиностроения.

Теоретическое обоснование, физические основы процесса аэрозольной очистки

В основе аэрозольной очистки лежит эффект преобразования электрической энергии в механическую без посредства промежуточных механических звеньев.

Механическое действие электрического разряда в воде было обнаружено еще в 1767 – 1769 г.г. Г. Лейном и Дж. Пристли, но применение его для практических целей стало возможно лишь при достаточном развитии исследований режимов энерговыделения высоковольтных разрядов и физической сущности этих процессов.

В настоящее время энергию ударных волн и потока жидкостей ис-

пользуют в устройствах по разрушению и диспергированию твердых веществ, формообразования, очистки отливок от формовочных смесей, очистке различных поверхностей от загрязнений, развальцовке труб, бурению скважин и т.д.

В части применения электрогидравлического эффекта для обработки материалов большую роль сыграли работы Л.А.Юткина [8].

Основа способа электрогидравлической обработки материалов и состоит в том, что при осуществлении внутри объема жидкости, находящейся в открытом или закрытом сосуде, специально сформированного импульсного (искрового, кистевого и других форм) разряда, вокруг зоны его образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать механическую полезную работу и сопровождающиеся комплексом физических и химических явлений [8].

Для электрогидравлического эффекта наиболее характерным является режим выделения энергии на активном сопротивлении разрядного контура близкий к критическому. Основными факторами, определяющими возникновение электрогидравлического эффекта согласно [8], являются: амплитуда, крутизна фронта и длительность энергетического импульса тока.

В технологическом применении электрогидравлического эффекта определяющую роль играют импульсы сжатия.

Длительность импульсов сжатия близка к длительности разряда тока и составляет $10^{-5} \dots 10^{-6}$ с, и они хорошо воспроизводятся от разряда к разряду.

Ожидаемый результат

Установка для периодической промывки газозадушного тракта двигателя газотурбинной электростанции без остановки монтируется стационарно перед входом в двигатель.

Конструктивно установка состоит (см. рис.1) из следующих элементов: бак для моющей жидкости, подкачивающий насос, трубопроводы, коллектор, камеры разгона жидкости с помощью электрогидровзрыва, эжектора. Работа установки заключается в следующем: моющая жидкость (вода) из бака с помощью насоса по трубопроводам подается в коллектор, из которого попадает в камеры. В камере подведены два электрода, по электродам подается импульс тока, в камере происходит электрогидровзрыв, поршень воздействует на расходную камеру и через систему трубопроводов, коллекторов и эжекторов жидкость с большой скоростью попадает на очищаемую поверхность и благодаря эффекту капельной эрозии происходит очищение деталей от загрязнений. Благодаря высокой скорости обеспечиваем очистку последних ступеней компрессора.

В дальнейшем, по мере накопления опыта эксплуатации и разработки методической документации по промывке газозвдушного тракта двигателя в зависимости от степени загрязнения и экономической целесообразности, будут приняты дополнительные решения.

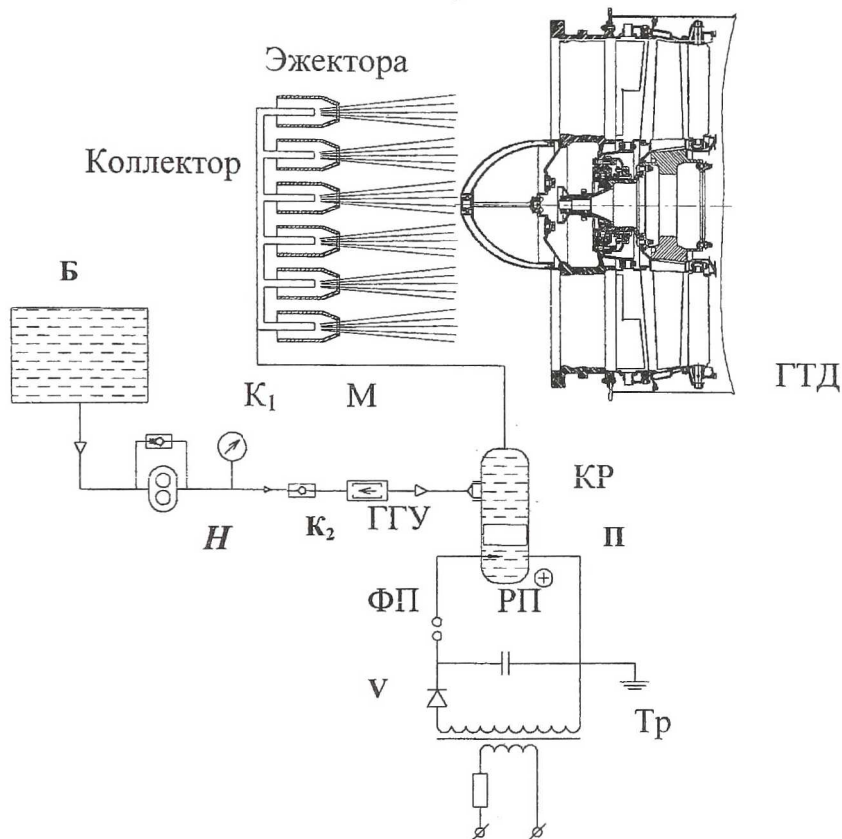


Рис. 1. Схема установки по промывке газозвдушного тракта двигателя: Б – бак расходный, К₁, К₂ – клапаны предохранительные, М – манометр, ГГУ – гаситель гидравлического удара; КР – камера расходная, П - поршень R - зарядное сопротивление, Тр - трансформатор, V - выпрямитель, ФП - формирующий искровой промежуток, С - конденсатор, РП - рабочий искровой промежуток в жидкости, ГТД - очищаемый газотурбинный двигатель

Список литературы

1. Крим А., Купчик Г.Я., Родак А.И. Оценка изменения состояния ТРДД по результатам измерения давления заторможенного потока газа на срезе сопла. –М.,1984. –6 с. – Рукопись деп. В ЦНТИ ГА, *209га–Д84 Деп.

2. Банбан В.Ф., Колобанов В.Ю., Лабетник В.П., Кузнецов Н.С. Об изменении характеристик ГТД при загрязнении проточной части// *Авиационная промышленность*. 1992. № 6. С. 21.
3. Кесель Б.А., Лунев А.Н. Технология электрогидравлической очистки шелевых каналов лопаток соплового аппарата турбины ГТД при ремонте //Доклад в сборнике "Технология, инновация качество". Материалы международной научно-практической конференции. ГосинпромКНИАТ., 1999. С. 131-134.
4. Банбан В.Ф., Колобанов В.Ю. Определение наиболее эффективного способа промывки ГТД в эксплуатации и выбор диагностических признаков для оценки качества промывки.//*Авиационная промышленность*. 1992. № 11. С. 39-41.
5. Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов Н.В. Очистка изделий в машиностроении.М.: Машиностроение, - 1982. –264с.
6. Купчик Г.Я., Панин В.В., Родак А.И. Выбор периодичности промывок проточной части ГТД при техническом обслуживании. –В кн.: Проблемы совершенствования методов и средств технической эксплуатации авиационной техники. Киев КИИГА, 1982, с.94 –98.
7. Колотыгина В.Б., Соколова И.В., Пищулина Л.Е. Очистка газозвдушного тракта двигателей от нагарообразных загрязнений. // *Авиационная промышленность*. 1984. № 3. С. 26-27.
8. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, - 1986.-252с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СКЛАДЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРОВ ТОНКОЙ ОЧИСТКИ В СИСТЕМАХ ПОДГОТОВКИ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА ГТУ

Мовчан Г.В. Кесель Б.А.
ОАО КПП Авиамотор, г. Казань

В отличие от эксплуатации ГТД на воздушных судах, когда двигатели кратковременно работают в наземных условиях, при их использовании в наземных установках на вход в двигатель может длительно поступать запыленный воздух. При работе двигателя в условиях сильной запыленности атмосферы поступающая пыль оказывает эрозионное воздействие на лопатки компрессора и может осаждаться в виде твёрдого осадка на деталях горячей части двигателя.

Характер влияния запылённого воздуха на работу двигателя зависит от физико-химической природы пыли, поступающей в газозвдушный тракт двигателя, её дисперсного состава и концентрации пыли в общем