

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 газоздушного 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 газоздушный тракт двигателя, её дисперсного состава и концентрации пыли в общем

объеме воздуха, засасываемого компрессором двигателя.

Попадание промышленной пыли, а также солей (например, морской воды) может вызвать коррозию деталей проточной части и газозадушного тракта.

В связи с этим, для обеспечения высокой надёжности работы ГТУ оборудуют воздухоочистными устройствами (фильтрами), к которым предъявляются достаточно жесткие требования (в соответствии с ГОСТ Р 21199-82*):

- остаточная запылённость на входе в компрессор не должна превышать $0,3 \text{ кг/м}^3$, а для твёрдых частиц размером более 15 мкм – $0,03 \text{ мг/м}^3$;
- в периоды эксплуатации в условиях повышенной запылённости допускается кратковременное (до 100 ч/год) увеличение концентрации пыли до 5 мг/м^3 с размерами частиц не более 30 мкм ;
- не допускается вынос из фильтров масла или других материалов во всасывающий тракт ГТУ;
- система фильтрации должна быть оборудована байпасными клапанами;
- обледенение воздушных фильтров и проточной части компрессоров не допускается;

По своей сущности системы воздухоочистки в ГТД должны предотвратить как пылевые отложения на деталях двигателя, так и уменьшить концентрацию и дисперсность частиц пыли для снижения абразивного износа и уменьшения образования отложений.

В качестве основных показателей, по которым оцениваются фильтры, принято считать следующие:

- класс фильтра (характеристика эффективности фильтра, выраженная условным обозначением);
- коэффициент проскока; проницаемость;
- эффективность;
- размер наиболее проникающих частиц;
- производительность фильтра; номинальная производительность;
- аэродинамическое сопротивление; перепад давления на фильтре;
- начальное и конечное аэродинамические сопротивления фильтра;
- пылеёмкость.

Из рассмотренного следует, что при эксплуатации наземных установок с ГТД необходимо обеспечивать условия, исключающие попадание пыли в газозадушный тракт двигателя.

Наиболее просто это можно осуществить путём применения воздухозаборников шахтного типа с забором воздуха на достаточно большой высоте от земли (3...5 м). Но, к сожалению, полностью решить проблему воздухоочистки такое выполнение воздухозаборников не может, т.к. попадание пыли в двигатель не исключается полностью.

Современные воздухоочистные устройства состоят из 2-х ступеней.

В качестве элементов I ступени воздухоочистных устройств, применяемых в ГТУ, является сепаратор. Сепаратор – это узел, в котором за счёт того или иного внешнего воздействия осуществляется отделение твёрдых частиц пыли от воздуха. В зависимости от вида внешнего воздействия на поток пыли различают несколько типов сепараторов (в том числе инерционные и электростатические).

В инерционных сепараторах отделение твёрдых частиц от воздуха происходит из-за возникновения центробежных сил, действующих на частицу при изменении скорости и направления потока. В свою очередь, центробежные силы в потоке воздуха могут быть созданы за счёт тангенциального ввода воздуха в рабочую камеру сепаратора или путём закрутки потока с помощью лопаточных или струйных завихрителей.

Недостатком инерционных сепараторов является то, что они эффективно отделяют твёрдые частицы дисперсностью только более 5 мкм.

В электростатических сепараторах используется принцип ионизации частиц в электростатическом поле с последующим их осаждением. Такие сепараторы способны улавливать частицы размером до 0,001 мкм при степени очистки 97-99%.

В электростатических сепараторах на отделение частиц пыли в 1 кг воздуха в 1 с необходимо затратить 1 кВт электрической мощности при напряжении 20 000 В.

В качестве современных фильтров II ступени используются:

- фильтры ячеиковые складчатые;
- фильтры ячеиковые гофрированные;
- фильтры ячеиковые карманные;
- фильтры рулонного типа;
- фильтры рукавные.

Недостатком этих фильтров является относительно большой занимаемый объём или, если объём небольшой – недостаточная пылеемкость фильтра.

Устранить эти недостатки можно, применив к фильтроэлементам технологию складчатых конструкций.

Технология складчатых конструкций позволяет в первую очередь получить более развитую поверхность, что увеличивает эффективную рабочую площадь взаимодействия с потоком воздуха.

Складчатые конструкции являются также более технологичными и наукоёмкими технологиями получения в материале необходимых физических свойств.

Технология позволяет получать:

- более эффективные поверхности без растяжения и нарушения целост-

ности материала, применяя складывание (гибку);

- рельефные поверхности складчатой структуры путём изометрического формоизменения тонколистовой заготовки;
- низкую себестоимость изготовления.

Методы получения из листа:

1. Упругое формование с помощью складчатой оправки.

Отличительной особенностью этого варианта является то, что композиционный материал в виде препрега укладывается на плоскую поверхность оснастки, которая затем трансформируется в оправку заданного рельефа, после чего происходит формование.

2. Формование в пресскамере и термокомпрессионным методом.

Заданные технологические режимы можно реализовать с помощью пресскамеры, содержащей жесткую рельефную оправку с конфигурацией зетгофра.

3. Фрагментарная пропитка.

На первом этапе на плоский лист ткани по разметке наносится связующее. При этом пропитанные участки соответствуют форме боковых граней заполнителя. Между пропитанными участками остаются непропитанные полосы, шириной, равной удвоенной толщине боковых граней в отформованном состоянии.

На втором этапе развертка выводится из плоского. При этом линии изгиба образуются по непропитанным полосам. В результате получается объёмная рельефная конструкция заполнителя. Для придания ему жёсткости непропитанные полосы пропитываются связующим с последующим его отверждением.

4. Изготовление заполнителя набором мозаики из жестких элементов.

5. Формование с помощью двойных оправок.

Из всех перечисленных методов наиболее отработанным и дающим стабильные результаты является метод упругого формования с помощью трансформируемых оправок.

Эти и другие способы получения складчатых конструкций подробно описаны в [1].

Конструктивный облик фильтров тонкой очистки на основе технологии складчатых конструкций (рис. 1).

Использование технологии складчатых конструкций для получения фильтроэлемента позволило получить:

- более развитую поверхность контакта;
- увеличение пылеемкости фильтра;
- увеличение производительности фильтра;
- снижение затрат (в целом) на обслуживание;
- увеличение срока службы фильтра;

- более равномерное поле скоростей на выходе;
- более простую технологию изготовления;
- лёгкость монтажа и демонтажа.

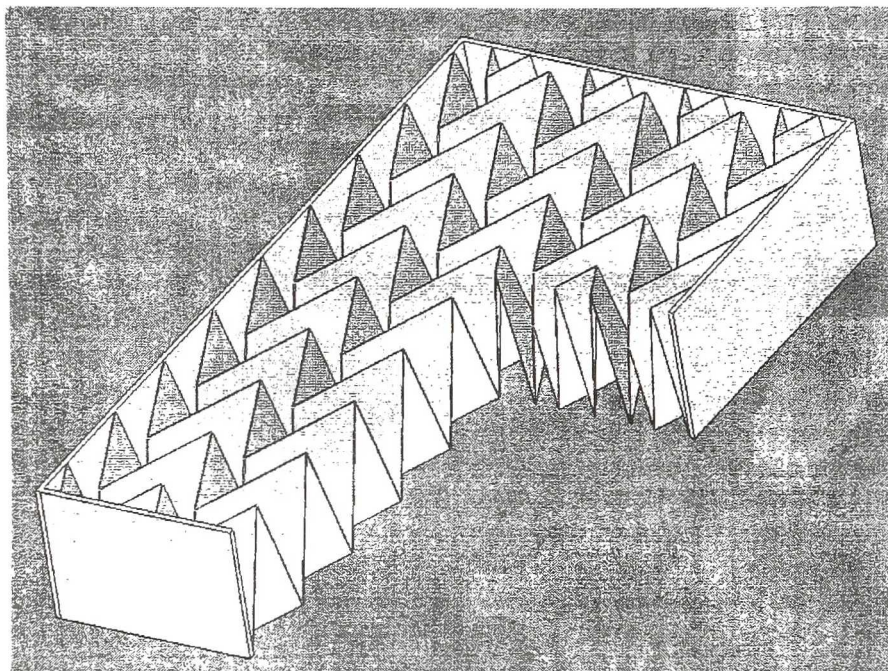


Рис. 1. Конструкция фильтра

Используемый в конструкции складчатого фильтра материал является синтетическим нетканым материалом, обладающим также сегнетоэлектрическими свойствами. Это позволяет увеличить пылеосаждение частиц. Материал работоспособен и при отрицательных температурах окружающего воздуха. Получаемое соотношение цена-качество позволяет данной продукции составить конкуренцию другим фильтрам, используемым в комплексных воздухоочистных устройствах КВОУ для ГТУ, а применяемый материал после использования может быть утилизирован. Окружающая среда и фильтруемый воздух не должны содержать агрессивных газов и паров. Относительная влажность не более 95%.

С использованием технологии складчатых конструкций появляется возможность получать не только плоские фильтры, но и фильтры, имеющие одинарную и двойную кривизну, т.е. более эффективно использующие пространство. Подобные фильтры могут обладать ещё большей пылёмкостью, ещё лучшими характеристиками потока на выходе и др.

Список литературы

1. Халиулин В.И. Технологические схемы изготовления многослойных конструкций.- Казань: КГТУ им. Туполева (КАИ), 1999 г. 149 стр.
2. Стационарные газотурбинные установки. Справочник. Под ред. Л.В. Арсеньев и др. Л.: Машиностроение, 1989 г. 420 стр.
3. Авиационные ГДТ в наземных установках. Под ред. В.В. Шашкина. Л.: Машиностроение 1984 г. 79 стр.

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАЗОТУРБИНЫХ ПРИВОДНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Кесель Б.А.

ОАО КПП «Авиамотор», г. Казань

1. Необходимость системного подхода к проектированию ГТУ

В настоящее время на отечественном рынке приводных газотурбинных установок для электростанций и газоперекачивающих агрегатов предложения разработчиков и производителей ГТУ превышают гарантированно оплачиваемый спрос со стороны заказчиков. Сложившаяся конъюнктура рынка обуславливает достаточно острую конкуренцию между разработчиками и производителями ГТУ.

В свою очередь, конкуренция диктует необходимость поиска и развития новых потребительских свойств продукции данного типа, удовлетворяющих требованиям заказчиков и соответствующих современному мировому техническому уровню.

Анализ технического уровня современных приводных ГТУ показал, что наиболее интенсивно происходит развитие газотурбинных двигателей, входящих в состав ГТУ. Развитие двигателей идет по линии повышения КПД, а следовательно экономичности. Кроме того, улучшается диагностика двигателей, совершенствуются системы их управления и контроля. Одновременно, анализ систем, обеспечивающих работу двигателей в составе ГТУ: очистки и подготовки циклового воздуха, шумоглушения, топлива и маслообеспечения, отопления и вентиляции, утилизации тепла выхлопных газов, управления и контроля, показал глубоко дифференцированный характер их технического уровня. Данное обстоятельство приводит к значительному снижению эффективности использования ГТУ, как технических систем. Причины такого состояния вспомогательных систем ГТУ заключается в том, что при создании установок технические средства, используемые для формирования систем ГТУ, подбираются методом агрегатирования. При этом реализуется подход частного проектирования. При частном