

## ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДОВОДКИ СИСТЕМ СУФЛИРОВАНИЯ МАСЛЯНЫХ ПОЛОСТЕЙ ГТД

Гришанов О. А.

ОАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара

### ON DESIGN AND DEVELOPMENT OF GAS TURBINE ENGINE OIL SUMP BREATHING SYSTEM

*Grishanov O.A. The report deals with peculiarities of design and development of oil sump vent system and breather for gas turbine engine.*

Системы суфлирования масляных полостей ГТД предназначены для непрерывного отвода воздуха, поступающего через уплотнения валов в масляные полости в область с меньшим уровнем давления. За счёт этого создаётся перепад давления на уплотнениях, удерживающий масло в полости. Очевидно, что отводимый воздух захватывает с собой масло, подаваемое форсунками на узлы трения, создавая при этом двухфазную смесь различной концентрации. Для возврата масла в циркуляционный контур в систему суфлирования включён центробежный сепаратор (суфлёр). Совместная работа системы наддува, уплотнений и системы суфлирования может быть оптимизирована в процессе проектирования и доводки двигателя.

#### 1. Выбор рационального схемного решения и обеспечение достаточной пропускной способности системы суфлирования

К основным функциональным требованиям к системам суфлирования относят:

- высокую эффективность очистки воздуха, удаляемого из системы от масла;
- низкое гидравлическое сопротивление (обеспечивающее при ограниченном уровне давления наддува уплотнений необходимый для их работы перепад давления);
- стабильность основных характеристик системы суфлирования во всех эксплуатационных условиях.

#### 2. Экспериментальная проверка избыточности системы суфлирования

Опыт проектирования и доводки систем суфлирования на ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» показал, что в отличие от однофазных потоков (масла или воздуха) гидравли-

ческая характеристика воздушно-масляной смеси не поддаётся расчёту с достаточной степенью точности. Это касается как течения в трубопроводах и каналах системы суфлирования, так и процессов сепарации масла, происходящих в суфлере. Поэтому при доводке систем суфлирования, использовались, главным образом, полуэмпирические методы.

Из литературы [1, 2] известны расчётные и эмпирические зависимости влияния объёмной доли содержания газа в потоке двухфазной среды, структуры данного потока на гидравлическое сопротивление каналов и на величину местной скорости звука.

Анализ зависимостей показывает, что даже при относительно малых скоростях потока в канале суфлирования (30... 40 м/с) может иметь место его «запирание». Таких режимов, по возможности, необходимо избегать.

#### 2.1. Исследования пропускной способности каналов суфлирования

Для определения факторов, влияющих на расходные характеристики различных систем суфлирования, при обработке результатов экспериментальных исследований была использована зависи-

мость комплекса  $\frac{G_g \sqrt{T}}{P_{ex}}$  от отношения дав-

лений  $\frac{P_{ex}}{P_{вых}}$ , где  $P_{ex}$  и  $P_{вых}$  – величины давле-

ния, соответственно, на входе и выходе из системы,  $G_g$  - массовый расход воздуха, а  $T$  - температура [K]. Данный комплекс представляет собой произведение  $q(\lambda)$  -

известной газодинамической функции приведенной плотности потока массы в произвольном сечении и площади проходного сечения канала. Благодаря этому в графической интерпретации становится более наглядными гидравлические характеристики систем суфлирования, особенно в зоне достижения критических режимов течения.

## **2.2. Экспериментальная проверка избыточности системы суфлирования**

С целью исследования влияния ряда схемных решений на величину пропускной способности объединённой системы суфлирования опор компрессора двигателя НК-25 и НК-32 были проведены стендовые испытания, в процессе которых отработаны приёмы количественной оценки избыточности системы суфлирования [3,4]. Технология испытания легла в основу разработанной отраслевой методики МУ 1.1.189-89 по определению избыточности систем суфлирования масляных полостей [5].

## **3. Обеспечение высокой эффективности сепарации масла в суфлёр**

Для газотурбинного двигателя одной из важных технических характеристик, влияющих на его потребительские качества, является величина безвозвратных потерь масла в системе суфлирования.

Для анализа факторов, влияющих на эффективность сепарации масла в радиальном рабочем колесе суфлёра, применяемых в большинстве двигателей НК была составлена система дифференциальных уравнений второго порядка, описывающая движение сферической частицы масла во вращающейся системе координат. Из решения данной системы для частицидиапазона размеров от 2 до 30 мкм определялась массовая доля неотсепарированного масла. При расчёте использовалась экспериментально полученная диаграмма распределения частиц масла в суфлируемой смеси по размерам капель [6].

Используя полученные зависимости можно выбирать параметры рабочего колеса суфлёра с минимизированными для имеющейся конструкции потерями масла.

## **4. Особенности обеспечения эффективности систем суфлирования авиапроизводных газотурбинных приводов**

Наземное применение конвертированных авиационных двигателей потребовало

адаптации их конструкции и функциональных систем к изменившимся условиям эксплуатации, характерным для таких приводов.

На начальном этапе разработчики стремились сохранить компоновку и конструкцию систем суфлирования прототипа. Однако с возрастанием требований по минимизации эксплуатационных расходов у газотурбинных приводов, в эту систему были внесены изменения, связанные с необходимостью повышения ее эффективности, этому способствовало отсутствие жёстких ограничений по габаритам и массе агрегатов.

Впервые для конвертированных газотурбинных приводов на двигателе НК-16СТ в систему суфлирования опор турбины газогенератора и свободной турбины был введен маслоуловитель [7]. На нескольких экземплярах двигателей НК-36СТ был с положительным результатом опробован сепаратор, установленный в канале суфлирования опоры турбины с целью уменьшения концентрации масла в воздухе на входе в суфлёр

## **5. Основные принципы проектирования систем суфлирования масляных полостей ГТД**

Анализ опубликованных материалов по системам суфлирования отечественных и зарубежных ГТД, а также обобщение накопленного опыта создания двигателей марки НК показал, что в основу проектирования такой системы должны быть заложены следующие принципы.

- Использование для многовального ГТД в системе суфлирования двух и более центробежных суфлеров, преимущественно радиального типа.
- Размещение рабочих колес суфлеров преимущественно в масляных полостях опор и коробок приводов.
- Проведение труб суфлирования масляной полости опоры турбины в затурбинной области с применением их теплоизоляции.
- Сброс воздуха, очищенного от масла, в газоздушный тракт двигателя
- Обеспечение необходимого запаса системы по пропускной способности.

### **Библиографический список**

1. Уоллис Г. Б. Одномерные двухфазные течения - М.: Мир, 1972
2. Хьюитт Дж., Холл-Тейлор М. Кольце-

вые двухфазные течения. - М. Энергия, 1974.

3. Мероприятия по повышению надёжности объединённой системы суфлирования опор компрессоров двигателя НК-25. Технический отчёт ОАО СНТК им. Н. Д. Кузнецова №001.6114, 1984 г.

4. Экспериментальное исследование возможности увеличения пропускной способности системы суфлирования опор компрессора двигателя НК-25. Технический отчёт ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» №001.8058, 1985 г.

5. МУ 1.1.189-89 Масляные системы га-

зотурбинных двигателей. Метод определения избыточности системы суфлирования масляных полостей.

6. Петров П. Г. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, «Теоретическое и экспериментальное исследование осевых центробежных суфлёров осевого типа» М., МАИ, 1976 г.

7. Патент №1241785 РФ «Система смазки стационарного газотурбинного двигателя» (Орлов В.Н., Василишин М.Т., Жуков СВ., Трянов А.Е., Осипкин Г.В.), действующий с 11.05. 94 г., класс F01M 1/12, F02C 7/06/

УДК 621.486

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Зиновьев Е.А., Довгялло А.И., Воротников Г.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

*Zynovyev E.A., Dovgyallo A. I., Vorotnikov G.V. The report considers the main development thermoacoustic engines stages. The state-of-the-art in research being currently carried out in Russia and other countries is given. It presents the features of thermally induced acoustic oscillations in thermoacoustic traveling-wave engine.*

В настоящее время термоакустические двигатели представляют собой новый класс энергетических систем, способных преобразовывать тепловую энергию в полезную механическую работу посредством использования акустических волн.

Они обладают большим практическим потенциалом, что проявляется в их сравнительно высокой надёжности, низком уровне стоимости, минимальном количестве подвижных частей, использовании недорогих материалов и невысоких требованиях по технологичности.

Парадигма термоакустики открывает возможность замены широкого класса термомеханических устройств волновыми системами. Теоретическая эффективность преобразования энергии таких систем зависит от величины температурного перепада, и составляет приблизительно 60% относительно цикла Карно.

Термоакустические двигатели также являются новым перспективным направлением в области разработки бортовых систем авиационного и космического назначения, а также энергосберегающих технологий.

В докладе рассмотрены основные этапы развития термоакустических двигателей. На примере простейшей модели двигателя на основе бегущей волны представлены особенности механизма термического возбуждения акустических колебаний.

Рассмотрен процесс колебательного движения газа в регенераторе и осуществляемый в нем процесс теплопереноса. Показано, что под действием бегущей акустической волны газ осуществляет термодинамический цикл, эффективность которого сопоставима с эффективностью цикла Стирлинга.

Представлен краткий обзор публикаций, результатов экспериментальных исследований и опыта создания подобных устройств.