

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 разработки 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.