

Нами проработана компоновка модуля свободной турбины двигателей НК-12СТ, НК-14СТ с заменой подшипников качения на подшипники скольжения. Сама компоновка подшипникового узла вписалась в имеющиеся габариты опоры модуля свободной турбины.

Существенное изменение произошло в системе подвода и отвода масла из-за резкого увеличения потребных прокачек масла для обеспечения работоспособности подшипниковых узлов.

Введение подшипников скольжения требует доработки масляных систем контейнеров и испытательных стендов, т.к. увеличенные тепловыделения требуют повышенных прокачек масла и, следовательно, масляных баков большой емкости и устройств рассеивания тепла. А на двигателе надо ставить мощные маслонасосы подвода и, главное, отвода масла от подшипников.

Настораживающим фактором, требующим доводки, является то, что запуск при низких температурах окружающей среды требует прогрева подшипников для исключения сухого трения в подшипниковых парах. Это усложнит условия работы эксплуатационников по сравнению с тем, что имеется сейчас, при использовании подшипников качения, условия эксплуатации которых значительно проще.

Фактором, определяющим в значительной степени применение подшипников скольжения, является безотказность и простота замены в эксплуатации. Подшипники же качения в модуле свободной (силовой) турбины ограничивают ресурс работы и имеют пониженные показатели надежности.

Как метко заметил один из руководителей департамента транспортировки газа ОАО "Газпром", создателям конвертированных авиационных двигателей "надо изживать из себя авиаторов", т.е. перестать экономить на массе двигателей, на объемах прокачки масла, и не экономить на облегчении условий работы монтажников и обслуживающего персонала. И при этом не потерять все преимущества авиационных двигателей.

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Сундуков Е.В.
ОАО "СКБМ", г. Самара

Создание энергетических установок на базе авиационных ГТД вызвало ряд проблем в области контроля и нормирования их вибрации.

Измерение и нормирование вибрации стационарных энергетических машин регламентируется рядом ГОСТов и отраслевых нормативных

документов. В этих документах предусматривается измерение среднеквадратического значения виброскорости в частотном диапазоне 10 ... 1000 Гц. При этом предусматривается несколько контрольных уровней и приостановка эксплуатации машины осуществляется при достижении значения ~ 11 мм/с.

Для авиационных ГТД наземного применения (ГОСТ 26382-84) предусматривается измерение амплитудного значения дискретных составляющих спектра в диапазоне 10 ... 2000 Гц. При этом в практике эксплуатации этих машин используется, как правило, «штатная» виброизмерительная аппаратура, измеряющая среднеквадратическое значение виброскорости в частотном диапазоне изменения частот первых роторных гармоник. Уровень нормы в этом случае существенно выше ($\sim 30 \dots 50$ мм/с).

Значительная разница в подходе к измерению и нормированию вибрации обусловлена расхождением в весовых и удельных характеристиках, ресурсом работы, сложившимися традициями. Увеличение ресурса энергетических машин на базе авиационных ГТД до 100 тысяч часов требует пересмотра в области нормирования и измерения их вибрации. При этом можно выделить ряд проблем.

Выбор частотного диапазона

В установленном диапазоне частот для стационарных машин (10 ... 1000 Гц) в спектре вибрации, как правило, присутствуют первая роторная гармоника и кратные ей вибрационный «шум» и, в случае неудовлетворительной работы, гармоники, характеризующие техническое состояние подшипников скольжения.

В подавляющем числе случаев измеренное среднеквадратическое значение виброскорости близко к среднеквадратическому значению роторной гармоники.

Для энергетических установок на базе авиационных ГТД в установленном частотном диапазоне (10 ... 2000 Гц) в зависимости от конструкции двигателя может присутствовать существенно большее количество составляющих спектра (лопаточная гармоника первой ступени компрессора, гармоники, характеризующие работу подшипников, вибрация, вызванная аэродинамическими процессами и т.д.). Причём часть из них, например, «лопаточные» гармоники компрессора, не характеризуют техническое состояние машины, а являются следствием особенностей конструкции, зазоров между лопатками ротора и статора и т.д. Поэтому, с учётом многообразия конструкций, видимо, целесообразней не назначать жестко нормируемый частотный диапазон, а нормировать уровень вибраций, генерируемый конкретными источниками. Их перечень должен определять разработчик машины в процессе доводочных испытаний.

Выбор ширины анализирующего фильтра

Вибрация авиационных ГТД характеризуется насыщенным дискретными составляющими спектром и достаточно интенсивным (по сравнению со стационарными машинами) вибрационным шумом. Поэтому измерение общего уровня вибрации даже в диапазоне изменения частот роторных гармоник приводит к некоторым проблемам. Существенно снижается диагностическая чувствительность измерений. Например, при наличии в спектре 4-х составляющих равной интенсивности, увеличение одной из них в два раза приведет к изменению суммарного уровня на величину, соизмеримую с погрешностью измерений. Поэтому измерения необходимо производить с использованием узкополосного фильтра. Возникает проблема обоснованного выбора ширины этого фильтра. С точки зрения контроля целесообразно согласовать ширину фильтра с шириной дискретных составляющих спектра. Эта ширина определяется частотной и амплитудной модуляцией. Нашими исследованиями было показано, что для авиационных ГТД составляющие, генерируемые роторами и узлами, кинематически связанными с ними, имеют ширину в 1 ... 2%.

Выбор оценочного значения для характеристики интенсивности вибрации

Для стационарных энергетических машин дискретные составляющие спектра, как правило, по характеру близки к синусоидальным.

В этом случае выбор оценочного значения не принципиален, так как характеристики интенсивности (амплитудное, среднеквадратическое, среднее значения) функционально связаны между собой.

Для авиационных ГТД дискретные составляющие спектра, в большинстве случаев, представляют собой узкополосные, случайные процессы с различными видами плотности распределения. В этом случае обоснованный выбор оценочного значения представляет собой сложную проблему. В случае оценки энергии колебаний, безусловно, целесообразно использовать среднеквадратическое значение. Если рассматривать вибрацию как потенциальный источник усталостных поломок элементов «обвязки» машины, требуется более сложный критерий, так как повреждающая способность узкополосного процесса зависит как от его энергии, так и от вида плотности распределения.

Выбор параметра колебаний

Большинство нормативных документов рекомендуют использовать виброскорость. Как показывают исследования, этот параметр наиболее полно характеризует повреждающую способность узкополосного процесса. Исключение, видимо, составляет область низких частот ($< 20\text{Гц}$), где целесообразно контролировать виброремещение.

Выбор режима работы машины

Менее жесткая конструкция авиационных ГТД приводит к тому, что в нормируемом диапазоне частот может находиться большое количество резонансов. Их выявление требует измерения вибрации на переходных режимах работы машины. Для реализации такого подхода наиболее эффективным является метод следящего анализа. Поэтому современная «штатная» виброизмерительная аппаратура должна иметь данную функцию.

Места постановки вибродатчиков и их ориентация

Места постановки вибродатчиков и их ориентация должны определяться разработчиком машины на основе доводочных испытаний и опыта эксплуатации прототипа.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА В КАНАЛАХ ТЕПЛОВЫХ МАШИН

Росляков А.Д.

ОАО "Самарское конструкторское бюро машиностроения", г. Самара

Численное исследование процессов, протекающих в системах и отдельных элементах объектов техники, становится приоритетным направлением при совершенствовании существующей техники и создании научно-технического задела. Тенденции повышения параметров тепловых машин сопровождаются неизбежным повышением требований к системам, управляющим процессами, в том числе и в камерах сгорания. Современные системы регулирования тепловых машин построены на электронной базе и способны эффективно обеспечивать оптимальное соотношение параметров рабочих процессов. Возникает необходимость усовершенствования математических моделей процессов, протекающих в основных сборочных единицах тепловых машин. Объективным фактором, стимулирующим развитие численных методов исследования, является постоянное повышение стоимости энергоносителей и, как следствие, натурных и модельных испытаний с одной стороны и внедрение в повседневную практику персональных вычислительных машин с другой стороны.

В работе представлена методика аэродинамического расчёта течения в каналах и распределения температуры и давления в выходном сечении применительно к модулю камеры. Разработанная методика может применяться для аэродинамического расчёта как полноразмерных камер сгорания различных конструкций, так и их отдельных элементов, в том