

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОРЦОВОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ С УЧЕТОМ РАБОТЫ НА НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ

Виноградов А.С., Чалкин А.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет

FACE GAS-DYNAMIC SEAL DESIGNING TAKING INTO ACCOUNT OF WORK ON TRANSIENT MODES

Vinogradov A.S., Chalkin A.S. One of the main reasons of seal ring destruction is the dangerous vibration on transient modes. In article the method of account amplitude-response curve taking into account of ring deformations is offered. This method allows to investigate deformations and seal characteristics on transient modes.

Значительная часть повреждений в уплотнениях происходит в результате возникновения в них опасной вибрации. Вибрация наиболее опасна в двигателях и агрегатах, создающих высокие давления, так как детали уплотнений в этом случае испытывают значительные деформации. Это в первую очередь относится к уплотнениям опор авиационных и ракетных двигателей, а также наземных энергетических установок. Анализ движения уплотнения и изменения характеристик в уплотнительном зазоре важен для определения его работоспособности [1, 2]. В большинстве работ, посвященных проектированию торцовых газодинамических уплотнений, динамические процессы и деформации колец пары трения рассматриваются отдельно, без учета взаимного влияния друг на друга. Однако имеющийся опыт изучения в эксплуатации таких уплотнений показывает, что исследование деформаций, возникающих на переходных режимах, является важной задачей. На рис. 1. показано кольцо уплотнения, разрушившееся при переходе компрессора в режим помпажа из-за нарушения технологии эксплуатации.

Поэтому необходимо создание методик расчета динамики торцового газодинамического уплотнения с учетом особенности его эксплуатации в составе турбомшины, позволяющая оценивать напряженно деформированное состояние колец пары трения при различных частотах вращения с учетом динамического возбуждения и разработка рекомендаций по выбору конструкции уплотнений.



Рис. 1. Разрушившееся кольцо исследуемого уплотнения нагнетателя

Внешние возмущения, вибрация вала, биения вращающихся деталей обуславливают возникновение нестационарных процессов, нарушающих равновесие и устойчивость подвижного в осевом направлении кольца уплотнения, возбуждающие колебания в уплотнениях [3]. Вопросы динамики наиболее актуальны для уплотнений, работающих при высоких скоростях вращения и в сжимаемых средах.

Основная доля отказов уплотнений приходится на нестационарные или переходные режимы работы (запуск, останов, переход с режима на режим), во время которых имеют место резкие перепады давлений и температур. Обычно это поломка подвижного и неподвижного колец ТБКУ в результате их взаимного контакта или выход из строя кольца вторичного уплотнения [1 - 3].

Чтобы решить эту проблему, необходимо исследовать процессы, имеющие место

на переходных режимах работы уплотнения. Для этого нужно рассматривать уплотнение не как обособленную систему, а как составляющую во всей системе двигателя.

Для решения поставленной проблемы предлагается следующая последовательность расчета:

1. Выбор полетного цикла (или цикла работы энергетической установки) и определение температурных нагрузок и сил давления;
2. Проведение связанных теплового и структурного расчетов опоры и уплотнения (например, в пакете ANSYS) для определения влияний деформации деталей опоры и уплотнения на геометрические параметры уплотнения;

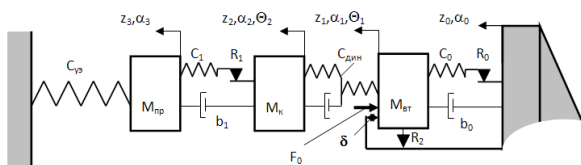


Рис. 2. Трехмассовая динамическая модель ТГДУ

3. Проведение динамического расчета ТБКУ в пакете ADAMS с учетом нелинейности (заключается в учете деформации уплотнительных колец, которая в свою очередь вызывает нелинейное изменение параметров воздушного слоя при изменении формы рабочего зазора). При этом для моделирования динамических процессов использовалась трехмассовая модель (рис.2) как наиболее полно описывающая работу реального уплотнительного узла. В результате расчета определяются изменение величины и формы зазора во времени, изменение жесткости смазочного слоя, коэффициента демпфирования, а также амплитудно-частотная характеристика. Созданная модель уплотнения позволяет анализировать линейные и угловые колебания. В ходе динамического расчета отслеживается изменение величины зазора между подвижным и неподвижным кольцами уплотнения, а также изменение его формы. В итоге получаем следующие зависимости амплитуды изменения зазора от частоты колебаний, имеющие характерные

изменения формы кривой из-за нелинейного изменения жесткости (рис.3).

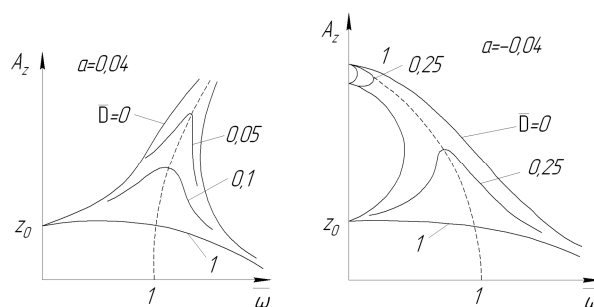


Рис. 3. Зависимость амплитуды изменения зазора от частоты колебаний с учетом нелинейности

Нелинейное изменение жесткости воздушного слоя вследствие деформации уплотнительных колец приводит к «заваливанию» АЧХ. Обычно уплотнение проектируют так, чтобы оно работало на ниспадающей ветви жесткостной характеристики.

Полученная АЧХ позволяет внести необходимые конструктивные изменения для обеспечения стабильной работы исследуемого уплотнения (к примеру, увеличить коэффициент демпфирования воздушного слоя за счет изменения формы каналов на контактирующих поверхностях уплотнительных колец).

Библиографический список

1. Фалалеев, С.В. Торцовые бесконтактные уплотнения двигателей летательных аппаратов [Текст]: Учебное пособие / С.В. Фалалеев, Д.Е. Чегодаев. М.: Изд-во МАИ, 1998. 276 с.
2. Белоусов, А.И. Конструкция и проектирование уплотнений вращающихся валов турбомашин двигателей летательных аппаратов [Текст]: Учебное пособие / А.И. Белоусов, В.А. Зрелов. Куйбышев: КуАИ, 1989. 104 с.
3. Фалалеев, С.В. Динамические характеристики торцового газодинамического уплотнения в газоперекачивающем агрегате с магнитным подвесом [Текст] / С.В. Фалалеев, В.В. Седов // Газотурбинные технологии, 2009 № 3. 4с.