

УДК 629.7.036:539.4

А.Н. МИХАЙЛЕНКО, Т.И. ПРИБОРА

ГП «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина

ПРОВЕДЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ НА ПОЛНОРАЗМЕРНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Рассмотрены особенности организации тензометрирования ответственных деталей роторов компрессоров ГТД. Место расположения токосъемника определяет конструкцию токосъемника. Отсутствие возможности расположения токосъемника во входной, холодной части двигателя вынуждает к установке последнего в горячей выхлопной зоне двигателя. Это, в свою очередь, диктует жесткие требования по обеспечению надежной работы токосъемника. В ходе проводимых исследований получаем тензограммы с работающих тензорезисторов, наклеенных на роторных деталях, требующих практической прочностной оценки.

Ключевые слова: ресурс, напряжение, статический анализ, тензометрирование, датчик, токосъемник, электрический сигнал, расход воздуха, охлаждение, тензодатчик.

Введение

При создании двигателя в соответствии с требованиями НЛГС должны быть достигнуты необходимые прочностные показатели для обеспечения требуемого ресурса. Современное проектирование осуществляется с применением расчетных комплексов высшей категории. На математических моделях основных деталей двигателя происходит определение уровня напряжений в местах концентрации (галтели, отверстия, замковые соединения дисков с лопатками, шлицы и т.д.). Для подтверждения достоверности модели необходимо проводить верификацию математических моделей.

Формулирование проблемы

Возможности статического прочностного анализа программы ANSYS используются для определения перемещений, напряжений, деформаций и усилий, которые возникают в конструкции или ее составных частях в результате приложения механических сил. Статический анализ пригоден для задач, в которых действие сил инерции или процессы рассеяния энергии не оказывают существенного влияния на поведение конструкции. Такой тип анализа используется для определения концентрации напряжений в галтелях конструктивных элементов или для расчета температурных напряжений.

Статический анализ в программе ANSYS может включать такие нелинейности, как пластичность и ползучесть материала, большие прогибы, большие деформации и контактное взаимодействие.

Прочностной динамический анализ используется для определения действия на конструкцию или

ее составные части нагрузок, зависящих от времени. В отличие от статических расчетов в этом типе анализа принимается во внимание рассеяние энергии и инерционные эффекты переменных во времени нагрузок. Примерами таких нагрузок являются:

- циклические нагрузки;
- внезапно прикладываемые нагрузки;
- случайные нагрузки;
- любые другие переменные нагрузки, возникающие при эксплуатации.

Для подтверждения полученных расчетных прочностных характеристик возникает необходимость в проведении тензометрирования основных деталей ГТД, при различных предельно допустимых условиях эксплуатации.

Решение проблемы

На стадии проектирования и доводки двигателя применяется расчетный комплекс, позволяющий на математических моделях определять напряженно-деформированное состояние основных деталей (валов, дисков, проставок, лабиринтов и т.д.). Математическая модель создается с определенной степенью достоверности, максимально учитываются все нагружающие факторы.

С целью подтверждения результатов МКЭ основных деталей существует необходимость в экспериментальном определении уровня напряжений в конкретных местах деталей.

Существующие типы датчиков, способ их наклейки, существующие технологии обеспечения длительной работы датчиков, защиты проводов обеспечивают определение фактического уровня напряжений в детали.

Токосъемники предназначены для съема электрических сигналов с датчиков, расположенных на роторных деталях при стендовых или летных испытаниях авиационных двигателей. Токосъемник включает в себя узел привода, который обеспечивает механическую и электрическую связь с исследуемым объектом и набор последовательно соединенных электроконтактных узлов для передачи сигналов от тензометров на регистратор параметров.

Организация тензометрирования ставит вопрос о месте расположения токосъемника. Токосъемники работают в диапазоне температур от -20 до $+80$ °С. Расположение токосъемника в «холодной» части двигателя наиболее приемлемое. Нормальным условием эксплуатации токосъемника является скорость вибрации не более 40 мм/с в диапазоне до 50000 об/мин. При частоте вращения выше 5000 об/мин или температуре среды выше $+80$ °С токосъемники должны быть снабжены устройством, обеспечивающим предохранение контактных камер и головки привода от перегрева. Кратковременное повышение скорости вибраций до 60 мм/с в диапазоне до 50000 об/мин не должно выводить токосъемник из строя и влиять на точность измерения.

У ряда двигателей на входе установлены разнообразные агрегаты, редукторы, то есть установка токосъемника на входе в двигатель (в «холодной» части двигателя) исключается из-за конструктивных особенностей. Этим обстоятельством диктуется необходимость установки токосъемника в горячей час-

ти двигателя, на месте выхлопного устройства, в струе выхлопных газов. Температура выхлопных газов для отдельных двигателей может достигать на номинальном режиме величин $720...750$ °С, максимальный заброс на запуске может составлять $850...880$ °С

Для обеспечения работоспособности токосъемника находящегося в потоке выхлопных газов необходимо обеспечить организацию охлаждения деталей токосъемника. Для решения проблемы применяется двухступенчатая система охлаждения: воздушно – водяная с подачей воздуха и воды от стендовых систем.

На рис. 1 приведена схема организации охлаждения токосъемника, установленного на выходе из двигателя.

Температура воздуха, охлаждающего корпус токосъемника не должна превышать 90 град, так как вода, подаваемая для охлаждения внутреннего корпуса не должна закипеть.

Для контроля фактической величины температуры у головки токосъемника на корпусе токосъемника установлена термopара.

Воздух, подаваемый от стендовой системы через штуцер в выхлопном конусе, охлаждает корпус токосъемника, проходит в стойки, через которые проходят трубы подвода и отвода воды для охлаждения внутреннего контура токосъемника, стойку для вывода проводов к регистратору, а также выхлопной конус.

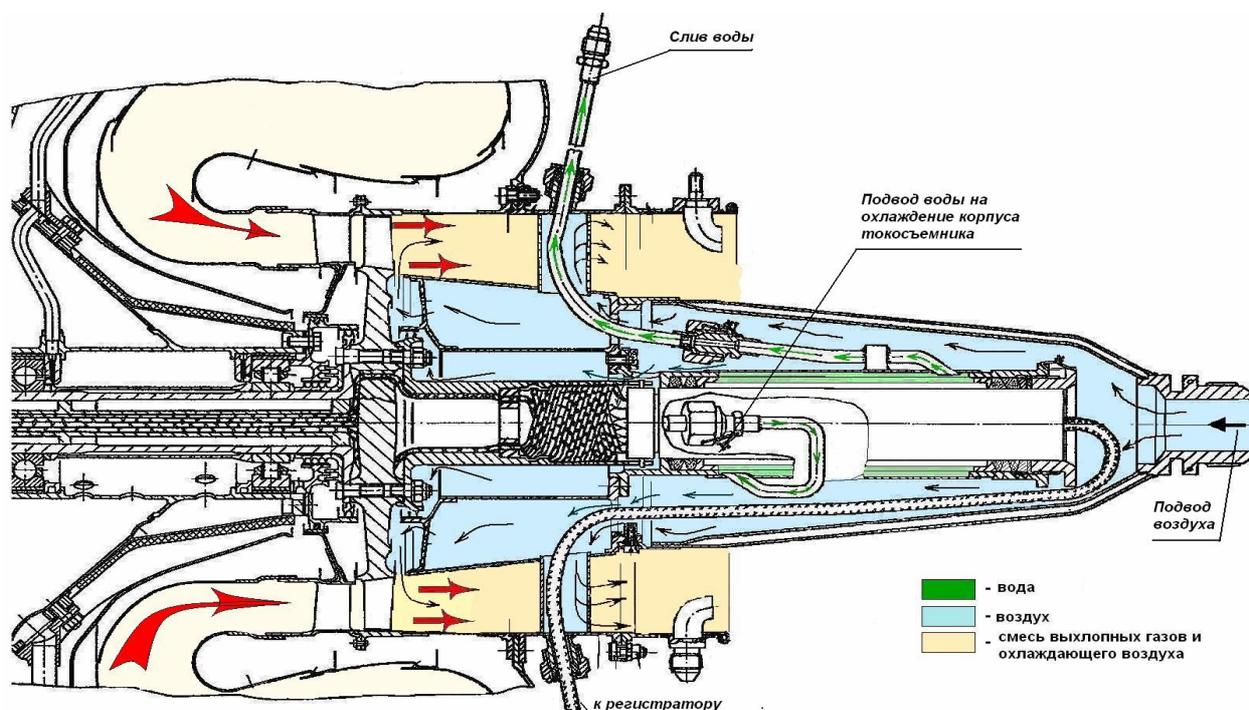


Рис. 1. Схема организации охлаждения токосъемника

Расход воздуха, подаваемого на охлаждение зависит от удельной массы проходящей воздушной смеси, температуры воздушной смеси, площади проходного сечения и осевой скорости потока. Чем больше расход воздуха, тем более эффективнее охлаждение.

Подвод воды осуществляется через трубопроводы, проходящие через стойки выхлопного устройства двигателя. Вода подводится в нижней части корпуса токосъемника и откачивается сверху. Направление движения охлаждающей воды показано зелеными стрелками.

В ходе выполнения тензометрирования на работающем двигателе, осуществляется контроль температуры головки токосъемника, контролируется уровень давления воды и воздуха, температура воды и воздуха, подаваемых на охлаждение токосъемника. В процессе работы двигателя при выполнении цикла по тензометрированию производится запись показаний тензодатчиков. При этом осуществляется контроль за вибросостоянием двигателя и корпуса токосъемника.

Выводы

В ходе проводимых исследований получаем тензограммы с работающими тензорезисторов, наклеенных на роторных деталях, требующих практической прочностной оценки. Определяется характер и уровень динамических напряжений. Достоверность эксперимента обеспечивается точностью сигналов. Полученные результаты сравниваются с расчетными, при необходимости производится коррекция конструкции.

Таким образом, проведенные расчеты комплексом МКЭ проходят тестирование результатами специальных испытаний на полноразмерном двигателе с максимальным приближением к реальным условиям.

Литература

1. Леонтьев М.К. Тензометрирование в авиационных газотурбинных двигателях / М.К. Леонтьев. – М.: МАИ, 2001. – 36 с.
2. Moraal P. Turbocharger Modeling for Automotive Control Applications / P. Moraal, I. Koltanovsky // SAE Technical Paper Series. – 1999. – № 1999-01-0908.

Поступила в редакцию 30.04.2011

Рецензент: канд. техн. наук, проф. кафедры Ю.А. Гусев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ПРОВЕДЕННЯ ТЕНЗОМЕТРУВАННЯ НА ПОВНОРОЗМІРНОМУ ДВИГУНІ

О.М. Михайленко, Т.І. Прибора

Розглянуто особливості організації тензометрування відповідальних деталей роторів компресора ГТД. Місце розміщення струмознімача визначає конструкцію струмознімача. Відсутність можливості розміщення струмознімача у вхідній, холодній частині двигуна примушує до встановлення останнього у горячій вихлопній зоні двигуна. Це, у свою чергу, диктує жорсткі вимоги щодо забезпечення надійної роботи струмознімача. В ході досліджень, що проводяться, отримані тензограми з працюючих тензорезисторів, наклеєних на роторних деталях, що вимагають практичної прочісної оцінки.

Ключові слова: ресурс, напруження, статичний аналіз, тензометрування, давач, струмознімач, електричний сигнал, витрата повітря, охолодження, тензодавач.

STRAIN GAUGING APPLIED TO FULL-SIZE ENGINE

A.N. Mikhailenko, T.I. Pribora

Under consideration are peculiarities of providing a strain gauging for critical parts of GTE compressor rotors. Location of a current-collecting device defines its design. Unavailability to place the current-collecting device in the engine inlet, cold section urges the latter to be fitted in the hot exhaust area of the engine. This, in its turn, dictates strong requirements to assuring a reliable cooling of the current-collecting device parts. During the conducted researches get resistive-strain from workings resistive-strain sensor, glued on rotor details, requiring a practical strengthening estimation.

Key words: resource, stress, the static analysis, the sensor, a slip ring, an electrical signal, an air flow, cooling, the strain gauge.

Михайленко Александр Николаевич – заместитель Главного конструктора, ЗМКБ «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина. e-mail: a.mikhailenko@ivchenko-progress.com.

Прибора Татьяна Ивановна – инженер-конструктор 1 категории, ЗМКБ «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина, e-mail: somovatat@gmail.com.