

МЕТОДИКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТОВ

Гречишников В.М. ¹, Данилин А.И. ¹, Чернявский А.Ж. ²,
Теряева О.В. ², Данилин С.А. ¹

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет

² ОАО «АВТОВАЗ», управление главного механика, г. Тольятти

THE TECHNIQUE OF THE OPERATIONAL MONITORING OF THE BLADES OPERATIONAL LIFE EXHAUSTION ON TURBOUNITS

Grechishnikov V., Danilin A., Chernyavskiy A., Teryaeva O., Danilin S. The technique of the operational monitoring of the blades operational life exhaustion is offered, based on experimental data received by discrete-phase movement transducers which are realizing discrete-phase method (blade tip timing).

Рост стоимости жизненного цикла турбоагрегатов выдвигает проблему полного и безопасного использования ресурсных возможностей каждой турбомашины – недопущения снятия с эксплуатации по ресурсным ограничениям исправных турбоагрегатов и недопущения отказов в пределах назначенных ресурсов. Важная роль в ее решении отводится непрерывному контролю технического состояния лопаток – мониторингу выработки ресурса (МВР) лопаток в реальных условиях их эксплуатации. Наличие такой информации позволяет оптимизировать сроки проведения ремонтов с продлением межремонтного периода эксплуатации, снижать трудоемкость путем проведения восстановительно-ремонтных работ на стадии раннего развития дефектов, уменьшать общую длительность ремонтных работ за счет своевременной поставки запасных частей, предупреждать аварийные ситуации и повышать общую надежность работы турбоагрегатов.

В основе современных методик эксплуатационного МВР лопаток авиационных двигателей, лежат методы расчета их напряженно-деформированного состояния (НДС) и теплонагруженного состояния (ТНС) по параметрам состояния двигательной установки, которые замеряются в полете и записываются на магнитные бортовые регистраторы параметров, т.е. МВР можно рассматривать, как определение выработанного ресурса лопаток путем вычисления НДС и ТНС лопаток на основании данных контроля

параметров двигателя косвенно характеризующих состояние лопаток.

Увеличение точности прогнозирования выработанной части ресурса лопаток связано с использованием информации о реальном деформационном состоянии лопаток (ДСЛ) на любых режимах работы турбоагрегата. ДСЛ определяется с помощью дискретно-фазовых преобразователей перемещений, реализующих дискретно-фазовый метод. В результате контролируется изменение статического окружного отклонения торца каждой лопатки от исходного состояния, угловое положение ее торца, амплитуда и частота колебаний торца лопатки. Знание этих параметров с учетом частоты вращения лопаточного колеса полностью характеризует НДС лопатки. Для получения количественных оценок НДС предлагается воспользоваться расчетной заводской конечно-элементной моделью лопатки и решить с ее помощью обратную задачу: по найденным известным перемещениям определить статические, циклические и вибрационные напряжения в контрольных сечениях пера лопатки. Для этого:

- на основании определенных координат торца деформированной лопатки и формы колебаний лопатки вводятся граничные условия по его статическим и динамическим перемещениям;

- поле перемещений в каждом элементе конечно-элементной модели лопатки через соотношения Коши определяет поле де-

формаций, поле деформаций определяет поле напряжений, а интеграл их произведения по объему конечного элемента – энергию деформации. Таким образом, полная энергия деформации всего объекта, т.е. пера лопатки, является суммой энергий деформации каждого конечного элемента и может быть выражена функциональной зависимостью через перемещения узлов сетки конечных элементов с учетом граничных условий;

- среди кинематических возможных перемещений узлов истинными будут те перемещения, которые обеспечивают минимум этой полной энергии.

После нахождения соответствующих напряжений в характерных сечениях пера лопатки определяются статические, малоцикловые и многоцикловые нагрузки и соз-

дается архив изменения этих параметров. Затем, используя тот или иной закон накопления повреждений, например, линейное суммирование однородных повреждений, за определенный временной или эксплуатационный цикл турбоагрегата рассчитываются эквивалентные параметры статических и циклических нагружений.

В результате методика учета выработки ресурса лопаток сводится к определению показателей прочностной надежности: коэффициентов запаса прочности, коэффициентов выработки ресурса, эквивалентной наработки лопаток за конкретный эксплуатационный цикл и ее накопление. Полученные данные сохраняются в памяти информационно-диагностического комплекса.

УДК 531.7

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТОВ

Гречишников В.М. ¹, Данилин А.И. ¹, Чернявский А.Ж. ²,
Теряева О.В. ², Данилин С.А. ¹

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет

² ОАО «АВТОВАЗ», управление главного механика, г. Тольятти

THE DISCRETE-PHASE MOVEMENT TRANSDUCERS FOR THE DETERMINATION OF THE TURBINE BLADES VIBRATIONS PARAMETERS

Grechishnikov V., Danilin A., Chernyavskiy A., Teryaeva O., Danilin S. The new class of measuring transducers is considered to control angular and linear blade tips movements of turbounits. These transducers are realizing discrete-phase method (blade tip timing) and they featured the determination of the discrete blade vibration phases by the primary transducer in which the object of the control, source and receiver of the probe radiation either optical either radiofrequency are constructively and physically integrated.

Обеспечение высокой надежности вращающихся узлов изделий машиностроения, в первую очередь различных энергетических установок (ЭУ) на базе турбоагрегатов, увеличение их эксплуатационного ресурса, снижение эксплуатационных расходов и эксплуатация по техническому состоянию обуславливают потребность в информации о фактическом, реальном состоянии нагруженных вращающихся элементов. По этой

причине оказывается востребованной разработка эффективных автоматизированных средств диагностики и длительного контроля состояния элементов вращающихся силовых узлов ЭУ, которое в свою очередь определяется динамической совокупностью линейных и угловых перемещений этих элементов. Примерами таких перемещений могут являться: статическая закрутка и крутильные колебания валов мощных электро-