

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАТОК ДВИГАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА УСТАЛОСТЬ

Дубин А.И.

ПАО «ОДК – Уфимское моторостроительное производственное объединение», г. Уфа,  
DubinAI@umpo.ru

*Ключевые слова: испытание, усталость, лопатка, контроллер.*

Рабочие лопатки турбины являются одними из наиболее сложных и ответственных деталей двигателя, работающих в условиях высоких знакопеременных нагрузок, температур, агрессивных сред. От этих деталей в большинстве случаев зависят ресурс и надёжность газотурбинного двигателя. Повреждаемость лопаток, в свою очередь, связана с такими процессами, как появление забоин, трещин усталости и термоусталости, питтинговой и газовой коррозии в поверхностном слое, эрозионным износом и обрывом лопаток [1, 2].

Одной из определяющих характеристик лопаток турбины является сопротивление многоциклового усталости. Обычно для мониторинга стабильности производственного процесса изготовления ответственных деталей разрабатывается регламент проведения периодических испытаний на усталость. Пример схемы соединения оборудования для таких работ приведён на рис. 1.

Для ряда турбинных лопаток собственная частота колебаний по первой изгибной форме может достигать 8...10 кГц. Для реализации испытаний при повышенных уровнях напряжений и, даже на уровне предела выносливости, электродинамические вибростенды не могут быть применены в связи с рядом ограничений. Поэтому является актуальным наличие эффективного испытательного оборудования, а также высокоточных цифровых систем управления и контроля за подобными виброиспытаниями.

Одним из основных направлений реализации высокочастотных испытаний на усталость при симметричном цикле нагружения является применение технических решений в виде пневматических установок с модулирующим диском и мультипликатором. Другим направлением является применение малогабаритных пьезокерамических вибростендов.

Для реализации автоматизированного управления за виброиспытаниями применяли цифровой контроллер модели ZET 028 отечественного производства с программным обеспечением – виртуальной лабораторией ZETLAB [3]. Датчиками обратной связи являлись тензорезистор, микрофон, лазерный измеритель перемещений и др.



Рисунок 1 – Схема соединения оборудования для испытаний на усталость

Перед основным испытанием предусмотрено выполнение предварительного теста, по результатам которого определяются датчики с наиболее стабильной обратной связью, назначаемые контрольными, а также остальные, назначаемые следящими. Пример амплитудно-частотной характеристики объекта испытаний представлен на рис. 2.

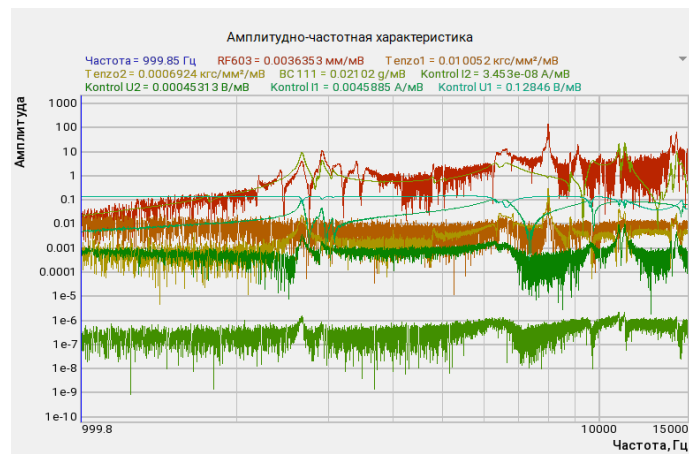


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика

Далее выполняется анализ резонансов в измеряемой частотной полосе, в том числе в графическом представлении в виде передаточной, фазовой диаграмм или диаграммы Найквиста.

Непосредственно испытания выполняли в подпрограмме «Гармоническая вибрация» после выбора требуемой резонансной частоты колебаний и редактирования профиля испытания, включая граничные условия изменения частоты и др. При этом были достигнуты заданные предельные уровни динамической нагрузки.

Таким образом, по результатам выполненных исследований в испытательной лаборатории на автоматизированном оборудовании успешно достигнуты заданные предельные уровни динамической нагрузки при испытании на многоцикловую усталость. В свою очередь, применение цифровых систем контроля и управления виброиспытаниями позволило повысить точность задания необходимых параметров, достоверность контроля и расширить его информативность.

### Список литературы

1. Петухов А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД. М.: Машиностроение, 1993. 240 с.
2. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.
3. URL: <https://zetlab.com/product-category/programmnoe-obespechenie/programmnoe-obespechenie-zetlab/> (дата обращения: 18.04.2023).

### Сведения об авторе

Дубин А.И., канд. техн. наук, начальник лаборатории. Область научных интересов: изучение напряжённо-деформированного состояния и параметров поверхностного слоя материала.

## RESEARCH OF STRENGTH PARAMETERS OF ENGINE BLADES USING DIGITAL TECHNOLOGIES DURING FATIGUE TESTING

Dubin A.I.

PJSC "UEC- Ufa engine-building production association", Ufa, Russia, DubinAI@umpo.ru

*Keywords: testing, fatigue, blade, controller.*

According to the results of the high-cycle fatigue test on automated equipment in the testing laboratory, the required limiting dynamic loads were successfully achieved.