

# Установка ZETLAB для испытаний лопаток турбин на усталость с системой оптического катетометра

## Z E T L A B

Представлена портативная испытательная установка на базе пьезокерамического вибростенда ZET 6150, позволяющая выполнять широкий комплекс исследований по контролю усталостных характеристик рабочих лопаток газотурбинных двигателей и паровых турбин. Рассмотрена возможность расширения ее функциональных возможностей за счет использования системы оптического катетометра и вибростенда с удлиненным штоком.

ООО «ЭТМС», Зеленоград, г. Москва

Рабочие лопатки паровых турбин и газотурбинных двигателей (ГТД) остаются одним из самых нагруженных элементов, определяющих безопасность, надежность и ресурсные характеристики как этих машин и механизмов в целом, так и их узлов. Поэтому приоритетной задачей является контроль усталостной прочности лопаток на этапе их изготовления. Современные высокотехнологичные системы позволяют проводить такие исследования в автоматическом режиме, благодаря чему значительно сокращаются временные и трудовые затраты на испытания и при этом обеспечивается высокая точность измерений.

Одним из центров компетенций в сфере контроля состояния машин, механизмов и оборудования является основанная в 1992 году российская группа компаний ZETLAB, объединяющая ООО «ЭТМС» и ООО «ЗЕТЛАБ». На рынке хорошо известны выпускаемые под брендом ZETLAB КИПиА: интеллектуальные цифровые и аналоговые устройства, анализаторы спектра, контроллеры, а также построенные на их основе системы измерения, мониторинга и управления,

автоматизированные испытательные стенды, мобильные диагностические комплексы, автоматизированные рабочие места (АРМ) и др.

Исследования ресурсных характеристик турбинных лопаток – одно из приоритетных направлений деятельности ГК ZETLAB. Специалистами

предприятия была разработана универсальная система проведения усталостных испытаний лопаток турбин ГТД, а также других объектов, подверженных длительному воздействию вибрационных нагрузок. В основе этой системы – портативная испытательная установка на базе пьезокера-



Рис. 1. Установка для усталостных испытаний турбинных лопаток на базе пьезокерамического вибростенда ZET 6150 (на рисунке – справа)

мического вибростенда ZET 6150, создающего исследуемые резонансные режимы возбуждения при симметричных циклах нагрузки.

В состав установки в базовом варианте входят:

- ▶ пьезокристаллический вибростенд ZET 6150, имитирующий вибрационные воздействия;
- ▶ усилитель мощности ZET 461000;
- ▶ комплект вибродатчиков;
- ▶ система управления виброиспытаниями (СУВ) на базе контроллера ZET 028 с двумя каналами управления и восемью измерительными каналами, обеспечивающая задание требуемых параметров вибрации и анализ поступающих с датчиков сигналов;
- ▶ рамка с зажимным устройством для крепления объекта испытаний на вибростенде;
- ▶ компрессор охлаждения;
- ▶ персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением ZETLAB VIBRO.

На установке могут проводиться испытания объектов длиной от 20 до 120 мм (без хвостовика). Внешний вид элементов системы измерения показан на рис. 1.

Вибростенд, приводимый в действие с помощью усилителя, на частоте резонанса способен создавать максимальное толкающее усилие величиной не менее 10000 Н в широком диапазоне частот: от 500 до 10000 Гц. При работе устройства на штоке создается вибрационное ускорение не менее 100 или 200 г (в зависимости от количества усилителей), максимальное перемещение на штоке – 0,01 мм.

Стенд ZET 6150 благодаря своей компактности и неприхотливости может эксплуатироваться в любом лабораторном, цеховом или вспомогательном помещении с электросетью переменного тока 220–230 В, 50–60 Гц, при температуре окружающего воздуха от +10 до +40 °С, атмосферном давлении от 495 до 800 мм рт. ст. и относительной влажности не более 80%.

Выходная мощность усилителя ZET 461000 составляет 1000 Вт для стандартной системы с одним усилителем и 2000 Вт в схеме с двумя усилителями и пьезокерамическим вибростендом с индексом d. Величина потребляемой мощности не превышает 3000 Вт. Кроме того, усилитель используется для согласования со стендом по амплитуде электросигна-



Рис. 2. Зажимное устройство испытательной установки

ла, который поступает с генератора управляющего контроллера. К особенностям усилителя отнесем наличие воздушного охлаждения и быстродействующей системы мониторинга, которая обеспечивает защиту устройства от перегрузок.

Возбуждение колебаний образца организуется с помощью подачи синусоидального сигнала с выхода контроллера ZET 028 на вход усилителя мощности ZET 461000, для этого используется ПО ZETLAB VIBRO, установленное на персональном компьютере.

Зажимное устройство испытательной установки (рис. 2), используемое для закрепления объекта исследований, представляет собой рамку с уста-

новленным в ней захватом с рабочими размерами 60 × 40 и 60 × 60 мм. Рамка фиксируется на силовом штоке вибростенда. Эта конструкция обеспечивает требуемый уровень механических нагрузок при минимальной затрачиваемой мощности, а также высокую добротность всей колебательной системы.

Важным дополнением установки на базе пьезокерамического вибростенда ZET 6150 является система оптического катетометра, используемая для контроля размаха перемещений поверхности исследуемого объекта (например, турбинной лопатки) в труднодоступных для установки датчиков местах, а также при комбинированных испытаниях на воздействие, например, механических факторов в условиях высоких температур.

В состав системы оптического катетометра входят: видеокамера высокого разрешения, устройство подсветки, оборудованное синим светофильтром, измерительная калибровочная линейка и ПО ZETLAB. Контрольный образец закрепляется на столе вибростенда, свет на него подается светодиодной системой, создающей монохромное равномерное освещение. Благодаря такой подсветке центральная часть объекта и его внешние края освещаются с равной интенсивностью, что повышает точность измерений. Измерительная калибровочная линейка крепится в непосредственной близости от контрольного образца,



Рис. 3. Система оптического катетометра; справа сверху – пример размещения объекта в температурной камере

