

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ ИЗДЕЛИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТАТИЧЕСКИХ И ПОВТОРНО-СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Остер К.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В настоящее время при исследовании свойств материалов, при определении прочностных характеристик изделия, при проведении испытаний изделия на статическую прочность и повторно-статическую прочность широко используется метод электротензометрии.

Тензометрия – так называют методы электрических измерений механических величин: деформаций, перемещений, сил, давлений, моментов, перегрузок, частот – обладает исключительными качествами, которые явились причиной ее развития как индустриального метода с самым широким применением в машиностроении и практически во всех областях технической деятельности человека.

Метод основан на измерении приращения электрического сопротивления проводника (полупроводника), деформируемого совместно с деталью, к которой он механически прикреплен (приклеен). Сопротивление проводника R пропорционально его длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения F :

$$R = \rho \cdot l / F \quad (1),$$

где ρ – удельное сопротивление.

Для крепления чувствительного элемента тензорезистора к поверхности детали, а также для защиты и изоляции проводника и выводных проводников разработано несколько технологий и конструкций тензорезистора.

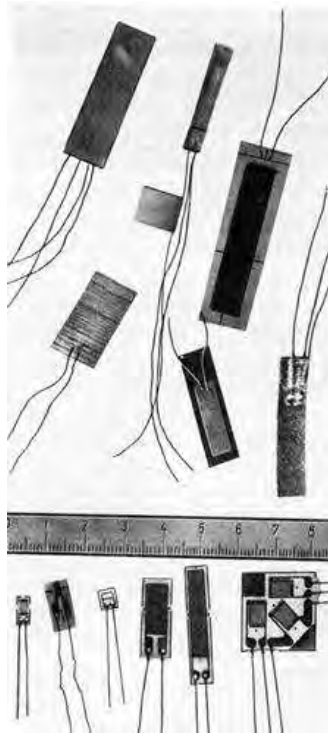


Рис. 1. Некоторые виды тензорезисторов и тензорозеток

Проводниковые тензорезисторы выполняют на основе тонкой проволоки диаметром 2–30 мкм (проволочные тензорезисторы) и на основе тонколистовой фольги толщиной 5–10 мкм (фольговые тензорезисторы). В зависимости от назначения и выбранной технологии проводниковые тензорезисторы выполняют на бумажной, пленочной, тканевой (стеклотканевой) или металлической фольговой подложке. В качестве связующего для закрепления чувствительного элемента и выводных проводников на подложке и тензорезистор на объекте применяют универсальные и специальные клеи, лаки, цементы, а также точечную сварку и пайку [2].

Для измерения статических и квазистатических деформаций используют мостовые схемы с питанием на переменном или постоянном токе, позволяющие осуществлять схемную термокомпенсацию.

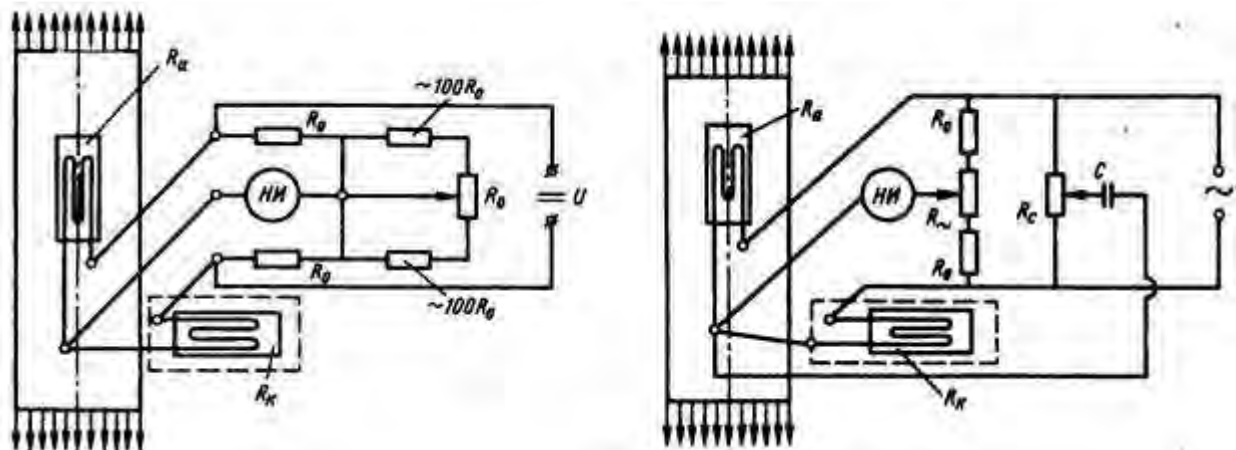


Рис. 2. Схемы измерительных мостов: слева – при питании постоянным током; справа – при питании переменным током
(НИ – нуль-индикатор; R_a и R_k – активный и компенсационный тензорезистор)

В связи с широким внедрением микроэлектроники наиболее универсальными являются цепи на постоянном токе.

Автоматизация тензоизмерений на основе информационно-измерительной системы значительно повышает производительность труда при прочностных испытаниях, но одновременно требует дополнительно высококвалифицированного персонала для обслуживания систем с ЭВМ и затрат на оборудование. Кроме того, ужесточились требования по разбросу метрологических параметров датчиков в партии. Информационно-измерительные системы применяют при испытаниях с массивом датчиков (преобразователей) 200–20000 шт. Многие системы оснащены каналами для подключения не только одиночных тензорезисторов, но и полумостов и мостов для тензодинамометров, датчиков давления, перемещения, температуры (терморезисторов), лучистого и теплового потока [1]

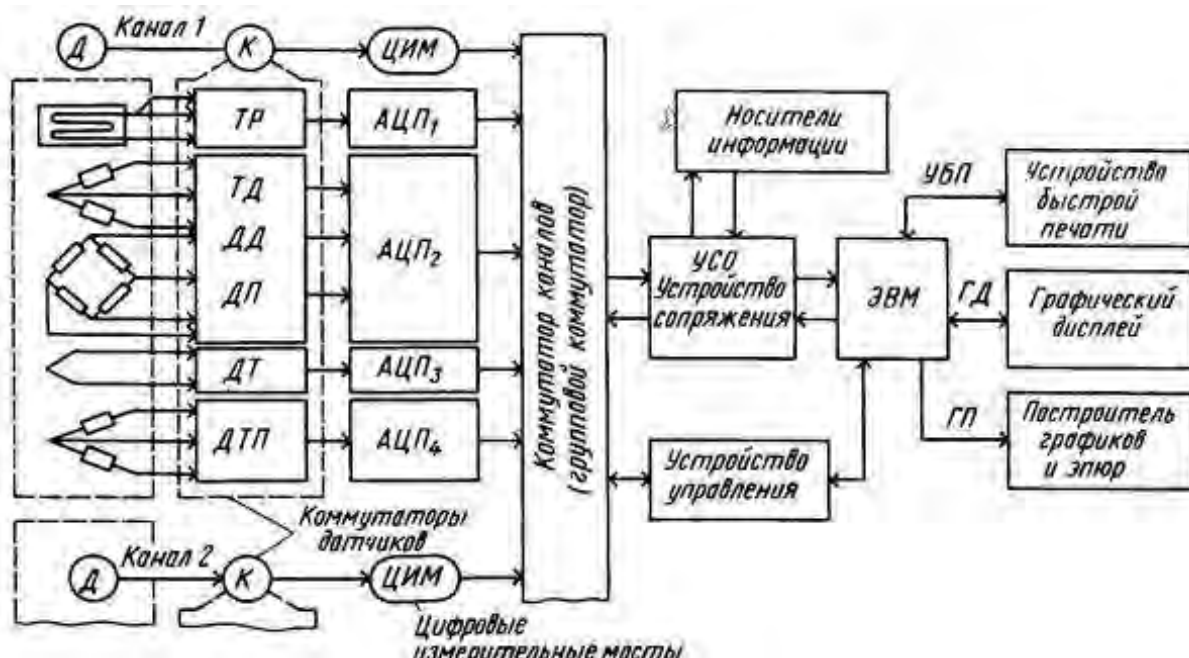


Рис. 3. Принципиальная схема информационно-измерительной системы сбора и обработки данных электротензоизмерений

В виду зависимости электротехнических величин от деформации датчика перед проведением измерений устанавливается непосредственная связь между деформацией датчика и приращениями отсчётов по шкале прибора при помощи тарировки.

Для этого из партии одинаковых датчиков берётся несколько штук для тарировки. Тарируемый датчик наклеивается на тарировочный стальной образец (тарировочная балочка или растягиваемый образец). Затем тарировочный образец нагружается ступенями и при каждой нагрузке P берётся отсчёт A по шкале прибора. В результате строится график зависимости между нагрузкой P и отсчётами по прибору A и устанавливается отношение

$$k_1 = \frac{\Delta A}{\Delta P} \quad (2).$$

Коэффициент k_1 практически постоянен.

Выводы:

1. В зависимости от назначения тензорезисторы выполняют на бумажной, пленочной, тканевой (стеклотканевой) или металлической фольговой подложке;

2. В качестве связующего для закрепления чувствительного элемента и выводных проводников на подложке и тензорезистор на объекте применяют универсальные и специальные клеи, лаки, цементы, а также точечную сварку и пайку;

3. Автоматизация тензоизмерений повышает производительность труда при прочностных испытаниях, но одновременно требует дополнительно высококвалифицированного персонала для обслуживания систем с ЭВМ и затрат на расходные материалы и оборудование;

4. Требуется проведение тарировки на дополнительном количестве тензорезисторов из одной партии.

Для того чтобы уйти от применения тензорезисторов при исследовании и измерении величины деформаций на объекте испытаний, в частности держатель балочный с подвешиваемым макетом груза, при проведении статических и повторно-статических испытаниях был применен метод лазерного сканирования.

Суть данного метода основана на использовании лазерного трекера FARO Laser Tracker. Это оборудование позволяет с высокой точностью измерять геометрические примитивы (точки, окружности, плоскости, конусы, цилиндры и т.д.), расстояние и углы между ними, отклонение формы и взаимного расположения. Также возможно контролировать сложные криволинейные поверхности методом сравнения с CAD моделью.

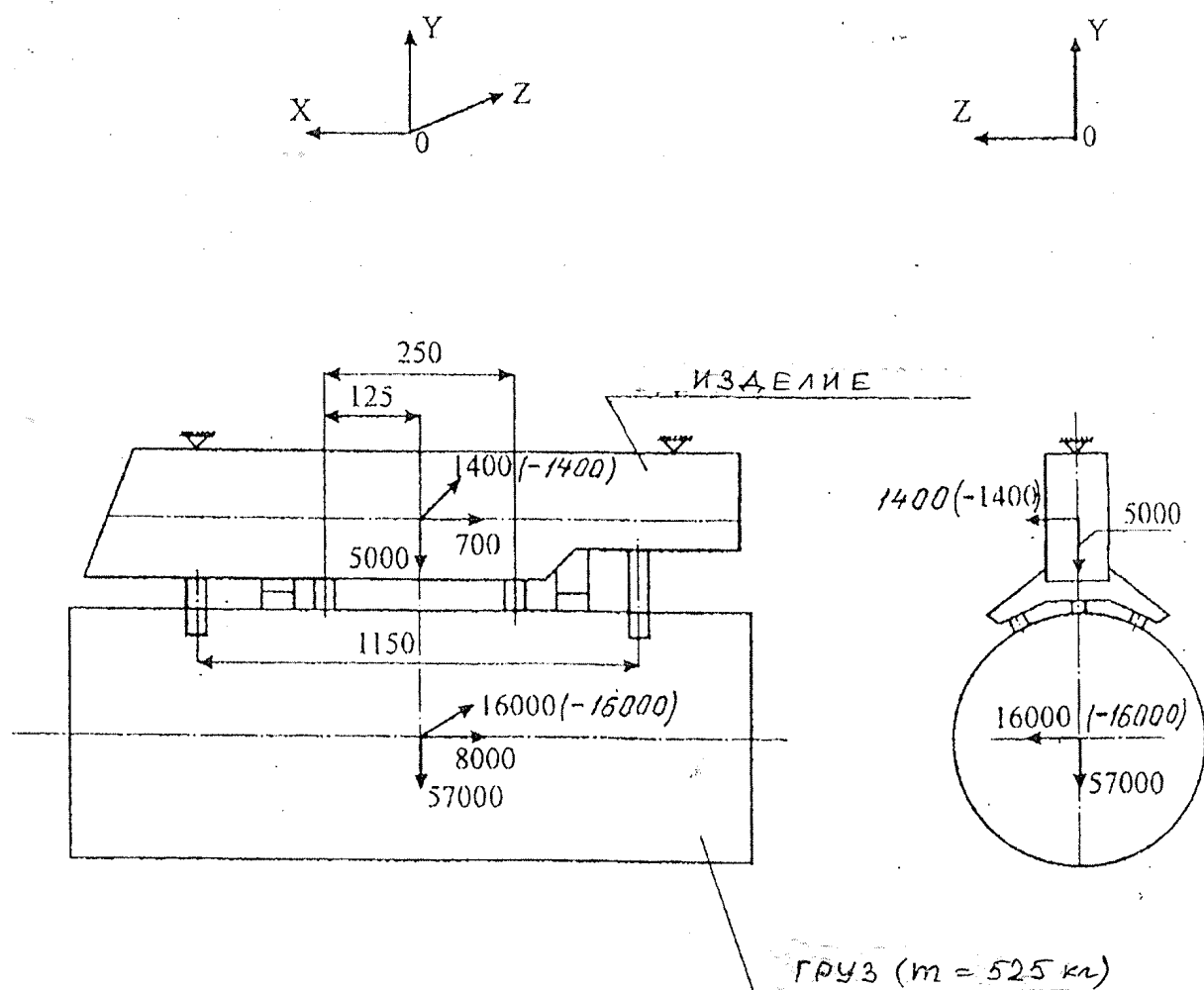


Рис. 4. Принципиальная схема нагружения держателя балочного (изделие) с макетом груза

На представленной схеме при определении величин деформаций держателя балочного был опробован и внедрен метод лазерного сканирования.

Принцип метода в следующем. Лазерный трекер в верхней части имеет поворотную головку с лазерным излучателем, которая способна вращаться по вертикали и по горизонтали. Внутри расположены два высокоточных датчика, которые в режиме реального времени отслеживают угол поворота головки по обеим осям (вертикальной и горизонтальной). Излучатель дает лазерный луч, который отражается от зеркал уголкового отражателя. Они имеют форму пирамиды и установлены внутри измерительной сферы, так, что её вершина совпадает с центром сферы. С помощью лазерного луча определяется расстояние до сферы. Её оператор должен подносить к поверхности контролируемого объекта для снятия координат точек.

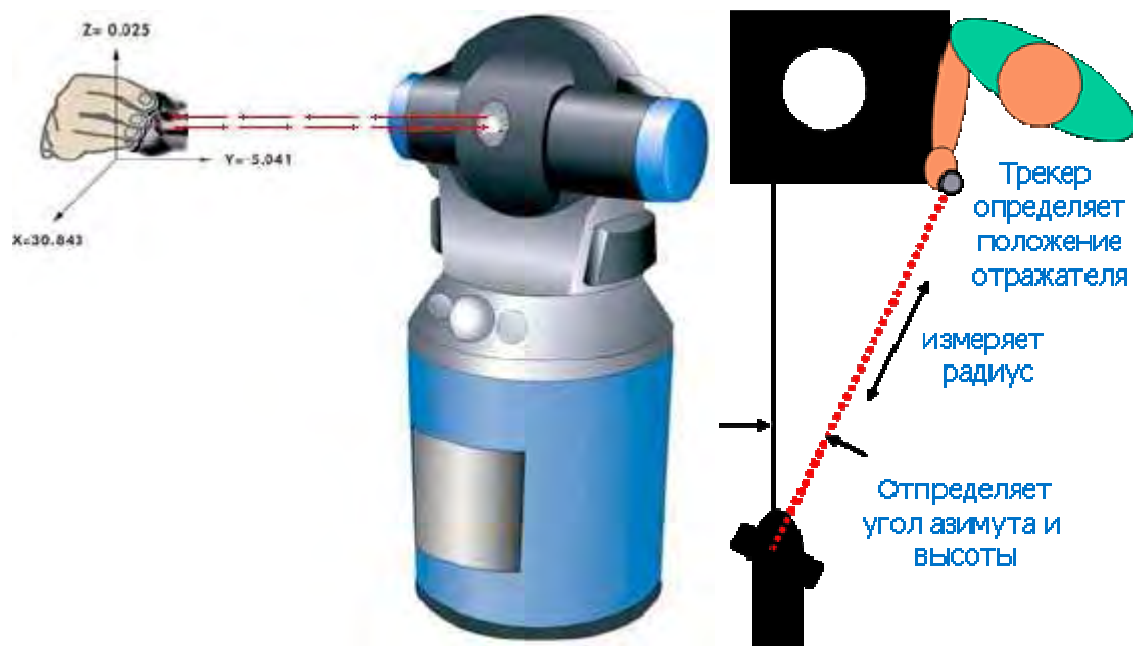


Рис. 5. Принципиальная схема сканирования

Координаты точек рассчитываются компьютером в системе координат трекера за счет известных двух углов поворота головки лазерного трекера FARO по горизонтали и вертикали, и известного расстояния до отражателя. С помощью сервоприводов, которые установлены в поворотной головке, трекер автоматически следит за перемещением измерительного отражателя и определяет координаты его положения в режиме реального времени. Таким образом, с помощью лазерного трекера FARO, можно контролировать как стационарные, так и двигающиеся изделия.

Для измерения геометрии держателя балочного оператор с помощью отражателя замерил на его поверхности определенное количество точек, достаточное для сравнения с компьютерной моделью (например, для линии минимум 2 точки, для плоскости минимум 3 точки, для окружности минимум 3 точки и т.д.) до начала нагружения. Программное обеспечение определяет координаты центра элемента, его действительные геометрические размеры и отклонения формы.

Далее производилось нагружение и по заранее установленным контрольным точкам без участия оператора (в целях обеспечения безопасности проведения испытаний) было проведено сканирование. И с помощью программного обеспечения определились координаты, действительные геометрические размеры и отклонения формы испытываемого изделия. Также были проконтролированы линейно-угловые размеры между измеренными элементами и был произведен анализ их взаимного расположения (непараллельность, неплоскостность и т.д.) относительно первоначального состояния.

Для измерения криволинейных поверхностей деталей и оценки величины деформации был осуществлен импорт первоначальной CAD модели держателя балочного в программное обеспечение для контроля методом сравнения с CAD

моделью после приложения нагрузки. Она несет в себе всю необходимую информацию о номинальных геометрических размерах поверхности.

Температурные датчики лазерного трекера FARO Laser Tracker постоянно следят за окружающей обстановкой и вносят корректировку в результаты замеров.

При помощи данного метода была определена величина деформации во время нагружения и полученное значение соответствовало теоретическому.

Выводы.

1. Для использования данного метода необходимы минимальные затраты на приобретение оборудования и программного обеспечения;

2. Не требуется применение универсальных и специальных клеев, лаков, цементов, точечной сварки и пайки, а также подготовки поверхности изделия под отражатель;

3. Автоматизация также повышает производительность труда при прочностных испытаниях и не требует высококвалифицированного персонала для обслуживания систем с ЭВМ и затрат на расходные материалы;

4. Не требуется проведение тарировки.

Список литературы

1. Гурьев, И.Г. Автоматизация тензоизмерений при проведении статических прочностных испытаний судовых конструкций. / И.Г. Гурьев, Т.С. Новоселова, В.Г. Тимофеев М.: Машиностроение - 1986. – 228с.

2. Соколов, С.С. Автоматизация измерений и обработки данных при испытаниях самолета на прочность. / С.С. Соколов М., Машиностроение, 1991. – 344с.