

исправление тех нарушений которые встречаются у обследуемого. Использование данной методики совместно с разработкой индивидуальной программы занятий позволяет удовлетворить личностные запросы студента, повысить мотивацию к посещению занятий и к занятию двигательной активностью, что положительно сказывается на здоровье в целом.

Помимо этого применение систем видеозахвата имеет ряд преимуществ, в сравнении с существующими методиками оценки состояния осанки (экспертная оценка, рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография и др.):

- отсутствие потенциально опасной радиации;
- диагностика эффективна в выявлении нарушений осанки;
- высокая точность измерений (погрешность не более 1 мм);

- отсутствуют требования к хорошему освещению помещения;
- простота в обращении.

#### Литература

1. Скиндер Л.А. Физическая реабилитация детей с нарушениями осанки и сколиозом: учеб.-метод. пособие / Л.А. Скиндер [и др.]; под общ. ред. Л.А. Скиндер. – Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2012. – 210 с.
2. Лукашевич В.А. Диагностические методы адаптивной кинезитерапии: видео анализ девиаций тазового региона как метод объективизации специфических механизмов поддержания статической позы / В.А. Лукашевич [и др.] // Инновационные технологии в медицине. – 2015. – № 4 (7). – С. 10–21.
3. Бонев Л. Руководство по кинезотерапии / Л. Бонев. – София: Медицина и физкультура, 1978. – 357 с.

УДК 006.90.03.03

### МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, НЕ ПРЕОБРАЗУЮЩИХ СИГНАЛ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цитович Б.В.<sup>1</sup>, Соломахо В.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный институт повышения квалификации  
по стандартизации, метрологии и управлению качеством  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Для обеспечения единства измерений необходимо не только нормативно установить единицу и/или шкалу физической величины, но и с достаточной точностью воспроизводить её всеми применяемыми средствами измерений (СИ). Специально для этого разработаны такие метрологические мероприятия, как поверка СИ и калибровка СИ с последующей верификацией. Самыми удобными для таких мероприятий СИ являются однозначные меры – простота конструкции позволяет наиболее экономично добиться при их изготовлении требуемой точности. Поэтому меры очень широко используют при поверке любых СИ.

**Мера (материальная)** – средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит одну величину или более с приписанными им значениями.

Главная отличительная особенность меры – отсутствие преобразований сигнала измерительной информации самим средством измерений.

Меры, предназначенные для воспроизведения физической величины одного заданного размера (одной ступени шкалы), называют однозначными, а воспроизводящие физические величины ряда размеров (несколько ступеней шкалы) – многозначными. Некоторые многозначные меры предназначены для непосредственного воспроиз-

ведения определённого участка шкалы физической величины (линейка, транспортир, измерительный сосуд). Такие меры называют штриховыми, поскольку шкала обычно выполнена с отметками в виде штрихов.

Мера, выполненная в виде конкретного физического объекта, может быть предназначена для хранения физической величины заданного размера (ряда размеров). Такая мера должна сохранять величину с высокой точностью на протяжении длительного отрезка времени. Возможные изменения исходного размера физической величины при хранении и использовании такой меры связано с различными физическими явлениями (взаимодействие с окружающими физическими полями, старение материалов физического объекта-носителя величины, воздействия на меру при её использовании по назначению).

Мера может быть физическим объектом, который не хранит физическую величину заданного размера, а воспроизводит её при определённом воздействии на него. К таким мерам можно отнести камертон (мера частоты колебаний), песочные часы (мера длительности отрезка времени), эталонные меры энергии сгорания (меры удельной энергии сгорания на основе твердых или жидких веществ, меры объемной энергии сгорания на основе газообразных углеводородов

или природного газа). Последние меры одноразово воспроизводят величину («порционно потребляемые меры»).

Такие меры требуют дополнительных энергетических затрат для воспроизведения физической величины заданного размера. Полученная мерой энергия используется для создания (воспроизведения) сигнала измерительной информации (физической величины заданного размера) самим средством измерений. Полученный сигнал измерительной информации может быть использован для настройки прибора на начальную отметку шкалы, для настройки технологического оборудования, для измерений методом сравнения с мерой с применением прибора сравнения (компаратора).

Рассмотренные меры, хранящие и/или воспроизводящие физические величины заданных размеров, представляют собой специально разработанные и изготовленные изделия (физические тела или изделия более сложных конструкций). Их можно разделить на «эксплуатируемые» и «потребляемые». При идеальном использовании «эксплуатируемой меры» по назначению она сохраняет приписанное ей свойство – физическую величину заданного размера. Реальное использование такой меры связано с уменьшением её ресурсов. В отличие от неё «потребляемые меры» при их использовании частично или полностью «уничтожаются», например, сжигаются для получения спектральной характеристики состава. После такого использования соответствующая часть начального физического объекта разрушается и более не является носителем физической величины заданного размера.

От мер, которые «воспроизводят в процессе использования или постоянно хранят величины приписанных значений» принципиально отличаются меры, предназначенные для индикации достижения определённой физической величины заданного размера. Отличие настолько существенно, что основные признаки таких мер даже не попали в стандартное определение мер.

Такая мера (физическое тело, изделие) не хранит и не воспроизводит нужную нам величину, а только фиксирует (подтверждает, сигнализирует) достижение воздействующей на неё физической величиной определённого значения. Такие устройства называют индикаторами или детекторами.

Генерируют (воспроизводят) интересующую нас физическую величину вспомогательные устройства (например, температурная камера). По результатам использования температурных индикаторов создают шкалу, которую строят по реперным точкам. «Меры-индикаторы» сигнализируют о достижении определённой температуры нагреваемой или охлаждаемой среды. Наиболее известным примером является температурная шкала Цельсия (индикаторное вещество – вода,

вспомогательное устройство – камера тепла и холода).

«Меры-индикаторы» работают как средства контроля достижения (пересечения) определённой ступени шкалы физической величиной, воспроизводимой специально созданным вспомогательным устройством, без которого такие меры неработоспособны.

Общими для всех этих мер являются

– принадлежность к определённому классу средств измерений (к мерам);

– общность целевого использования (для воспроизведения сигнала измерительной информации, соответствующей одной ступени шкалы или ряду ступеней, без преобразования измерительной информации);

– одинаковость нормируемых метрологических характеристик (номинальные значения и характеристики погрешности).

Представленная классификация обладает достаточной общностью для распространения на однозначные и многозначные меры физических величин и не ограничивает возможности создания других классификаций.

Если мера предназначена для воспроизведения одной ступени шкалы – это однозначная мера, а если для воспроизведения ряда ступеней шкалы (ряд одноименных физических величин) – многозначная мера. Многозначная мера конструктивно может представлять собой механическое объединение однозначных мер или средство измерений со шкалой в явном виде (штриховая мера). Штриховые меры длины (линейки, рулетки), штриховые меры угла (транспортиры), штриховые меры объёма (измерительные сосуды со шкалами) широко известны, поскольку распространены в быту.

Нормируемые метрологические характеристики штриховых многозначных мер кроме номинальных значений и характеристик погрешностей воспроизведения дополняют ещё рядом характеристик, непосредственно связанных со шкалой (в частности, пределы шкалы, диапазон шкалы, цена деления и длина деления шкалы). Диапазон измерений и связанные с ним метрологические характеристики, необходимые для приборов, к штриховым многозначным мерам не применяют.

Единичные однозначные меры как недостаточно удобные для решения большинства производственных задач применяют сравнительно редко, поскольку предпочтительно использовать комплекты таких мер. Из отдельных мер комплектуют наборы или их конструктивно объединяют в так называемые «магазины мер».

Существуют достаточно сложные меры, которые могут характеризоваться не одной физической величиной, а рядом физических величин, как однотипных, так и разнотипных. Например, сложными мерами, предназначенными для вос-

произведения ряда различных геометрических параметров, являются «образцы шероховатости поверхностей», эталонные зубчатые колеса, резьбовые калибры и др. Так называемые «стандартные образцы» свойств или состава веществ и материалов также являются мерами, которые предназначены для воспроизведения некоторого заданного набора определённых значений физических величин. В частности, стандартные образцы состава вещества (материала) с приписанными им при аттестации значениями величин (относительными долями компонентов), являются мерами состава.

УДК 620.179.1:534.1

## О ВОЗБУЖДЕНИИ ВОЛН ЛЭМБА БЕСКОНТАКТНЫМИ СПОСОБАМИ

Баев А.Р.<sup>1</sup>, Майоров А.Л.<sup>1</sup>, Митьковец А.И.<sup>2</sup>, Бурнос А.В.<sup>1</sup>, Гиль Н.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладной физики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт физики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

Один из путей повышения эффективности неразрушающего контроля (НК) физико-механических свойств материалов и наличия в них дефектов состоит в использовании бесконтактных способов и средств излучения и (или) приема упругих мод – волн Лэмба (ВЛ) [1]. Анализ современного состояния акустического контроля показывает, что наиболее перспективными являются комбинированные способы прозвучивания объектов, включая: варианты: I – ПЭП ↔ ЭМАП и ЭМАП → ЭМАП; II – ОАП → ПЭП; III – ОАП → ЭМАП, где ПЭП – контактный пьезопреобразователь, ЭМАП – электромагнитоакустический преобразователь, а ОАП – оптоакустический преобразователь. Ниже представлены результаты экспериментальных исследований, посвященных выявлению особенностей возбуждения-приема ВЛ согласно указанным вариантам измерений – I и II.

**Вариант I.** В данном случае акцентируется внимание на исследовании магнитострикционного механизма возбуждения ВЛ и их приема согласно представленным на рисунке 1 схемам прозвучивания – при наличии механических напряжений  $\sigma$  и воздействия постоянного намагничивающего поля напряженностью  $\bar{H}$ , направленного тангенциально поверхности образцов. Отметим, что в эксперименте используются ЭМАП с замкнутой на ферромагнитную пластину катушкой индуктивности для излучения-приема переменного поля (рисунок 1, а и 1, б). Согласно рисунку 1, в ЭМАП содержится в корпусе поляризованный тангенциально рабочей поверхности постоянный магнит, на обеих сторонах которого (полюсах) расположены ферромагнитные магнитопроводы, один из которых

Рассмотренные особенности применения мер для воспроизведения или индикации физической величины заданного размера позволяют распределить их на три группы:

- носители величины определённого размера;
- генераторы величины определённого размера;
- индикаторы достижения определённого размера величины, генерируемой вспомогательными устройствами.

Принадлежность мер к определённой группе определяет возможности их использования и поверки.

играет роль концентратора магнитного потока, замкнутого на витки катушки индуктивности ЭМАП. Исследование зависимостей амплитуд сигналов от величины растягивающих напряжений  $E^*(\sigma, H) = E/E_0$  проведено путем прозвучивания объекта согласно указанным выше схемам.

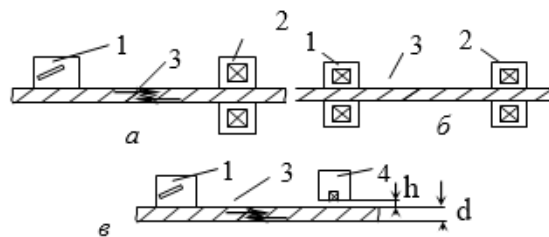


Рисунок 1 – Схемы исследования влияния механических напряжений на возбуждение и прием волн Лэмба в пластине с использованием контактных и ЭМА преобразователей с замкнутой на пластину катушкой индуктора (а, б) и разомкнутой (в):

1 – ПЭП, 2, 4 – ЭМА преобразователи

**Вариант II.** Возбуждение волн Лэмба осуществляется путем воздействия импульсного излучения, генерируемого лазером с длиной волны 1,06 мкм, на металлическую пластину толщиной 0,75 мм (рисунок 2). Форма пятна излучения, воздействующего на поверхность объекта круг радиусом  $r \approx 2,5$  мм. Временная форма импульса подобна колоколу, а его длительностью  $\tau \approx 20$  нс. В результате термоупругого эффекта генерируются колебания частиц среды, преобразующиеся в волны Лэмба. Они принимаются ПЭП с углом призмы  $\beta = \arcsin(C_{\text{п}}/C_{\text{л}})$ , от которого зависят оптимальные условия приема симметричной (s) или асимметричной (a) моды. Им соответствует безразмерное волновое число