

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГОВ  
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИИ**

# **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**«СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И АККРЕДИТАЦИИ ЛАБОРАТОРИИ»**

**направление**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕНЕДЖМЕНТ  
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

**Ташкент – 2016**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГОВ  
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**«СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И АККРЕДИТАЦИИ ЛАБОРАТОРИИ»**

**Составители: Матякубова П.М.  
Тураев Ш.А.**

**Ташкент – 2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. Рабочая программа.....</b>	<b>3</b>
<b>II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле.....</b>	<b>8</b>
<b>III. Материалы теоретических занятий.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. Материалы практических занятий.....</b>	<b>98</b>
<b>V. Банк кейсов.....</b>	<b>138</b>
<b>VI. Темы для самостоятельного обучения.....</b>	<b>140</b>
<b>VII. Глоссарий.....</b>	<b>142</b>
<b>VIII. Список литературы.....</b>	<b>164</b>

# I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

## Введение

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

В данной программе рассмотрены современные приборы и их конструкции, интеллектуальные датчики, виртуальные приборы, аккредитации лаборатории, а так же программы LaBView, их достоинства и проблемы использования в направлении метрологии и измерительные техники.

### Цели и задачи учебного модуля

**Целью** изучения модуля является подготовка слушателя к решению профессиональных задач по достижению качества и эффективности применения разрабатываемых измерительных приборов на основе использования стандартов и нормативных документов различных уровней, а также подтверждения свойств и характеристики средств измерений путем поверки и калибровки на соответствие государственным и международным нормам.

**Задачи** модуля - расширить объем знаний о основные стандарты, описывающие принципы и методы обеспечения качества средств измерений и поверки калибров;

- изучить основные характеристики и метрологические характеристики средств измерений;
- уметь проектировать, конструировать и отлаживать средств измерений с заданными критериями виртуальных инструментами;
- выявлять основные факторы, определяющие качество и надежность средств измерений;
- оценивать технико-экономические показатели средств измерений и аккредитации лаборатории.

### Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю

Слушатель, в пределах задач модуля «Средства измерений и аккредитации лабораторий» должен:

***иметь представление и охарактеризовать:***

- основные понятия метрологии
- терминологию и единицы измерения величин в соответствии с действующими стандартами и международной системой единиц СИ
- основные понятия и методы математического анализа, теории вероятностей и математической статистики;
- применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов
- оформлять технологическую и техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой
- проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений;
- работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать

виртуальные средств измерений, данных и программ, использовать численные методы для решения метрологических задач;

- решать типовые задачи, связанные с основными разделами метрологии;

**Знать:**

- теоретические основы метрологии и аккредитации;
- принципы действия средств измерений,
- методы измерения физических величин;
- виды, состав и принципы разработки метрологического обеспечения,
- виды испытаний,
- принципы и цели аккредитации,

**Уметь:**

- применять средства измерений различных физических величин,
- осуществлять выбор средств измерений по заданным метрологическим характеристикам,
- выбирать методики испытаний,
- осуществлять поиск стандартов,
- разбираться в классификации стандартов,

**Владеть:**

- методами измерений, контроля и испытаний,
- методами оценивания погрешностей и неопределенностей с применением современных информационных технологий,
- методами поверки и калибровки,
- методами расчета метрологических характеристик средств измерений,
- типовыми методами контроля качества продукции и услуг,
- процедурами утверждения типа средств измерений,
- методами и средствами разработки и оформления технической документации,

В процессе освоения дисциплины у слушателя развиваются следующие

**компетенции:**

1. способность владеть основными приемами получения, обработки и представления данных измерений, испытаний и контроля.
2. способность организовывать метрологическое обеспечение производства в предметной области.
3. способность осуществлять подготовку к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
4. способность выполнять работы по стандартизации и разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися регламентами, стандартами и техническими условиями.

### **Рекомендации по организации и проведению учебного модуля**

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;
- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, деловые игры, интервью и др.).

### **Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями**

Модуль «Средства измерений и аккредитации лабораторий» является основной дисциплиной в подготовке кадров в сфере управление качеством. Данный модуль тесно

связан с модулями "Инновационная технология в области метрологии", " Технология управления качеством ", а также с модулям «Системные анализ».

### Место модуля в системы высшего образование

Изучение данного модуля и ее содержания тесно связано специализированные дисциплинами, а именно рассматривается актуальность применения современные измерительных приборы и подготовки к аккредитации лаборатории и знаний в современном педагогическом образовании. Основные роль изучение современные измерительные техники является формирование интеллектуальных основ профессионализма и формирование компетентности специалистов. Модуль и ее программы тесно связаны специализированные дисциплинами. Из-за этих проблем в науке занимается метрологии в системы высшего образования.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ Модуля «Средства измерений и аккредитации лабораторий»

№	Темы модуля	Нагрузка, час					
		Все	Аудиторные нагрузки				Самостоятельное обучение
			итог	в том числе			
				теоретический	практическое обучение	Дополнительное обучение	
1.	Интеллектуальные датчики: Физика, технология и появления	4	4	2	2		
2.	Введение в метрологию и испытание	4	4	2	2		
3.	Калибровка датчиков дифференциального давления	4	4	2		2	
4.	Метрология длины и системы калибровки	8	6	2	4		2
5.	Виртуальная приборостроения и распределенные измерительные системы	10	8	2	4	2	2
	<b>Итого:</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

### ФОРМА ПРЕПОДАВАНИЯ

Предусмотрены следующие *формы работы*:

– мини-лекции и беседы (формируют умение концентрировать внимание, воспринимать информацию, развивают познавательный интерес);

– дидактические и ролевые игры, круглые столы (развивают умение действовать в соответствии с предложенными правилами, учат сотрудничеству, умению слушать и слышать, делать логические выводы);

- дискуссии и диспуты (развивают умение приводить аргументы и доказательства, умение слушать и слышать);
- элементы тренинга (развивают позитивное отношение, эмоциональную отзывчивость).

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

Согласно «Требованиям к проведению аттестации и оценивания слушателей курсов повышения квалификации педагогических кадров и руководителей высших учебных заведений» (протокол заседания №2 от 3 ноября 2015 года Межвузовской комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан) оценивание проводится в виде ассисмента по модулю.

<b>№</b>	<b>Критерии оценки</b>	<b>Максимальный балл</b>	<b>Примечание</b>
1	Кейс – 1,0 балла Тест – 0,5 балл Проект (реферат) – 1,0 балла	2,5	

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ**

#### **Интеллектуальные датчики: Физика, технология и появления**

Развития датчики. Технологии производства датчики. Промышленные датчики и биочипы.

#### **Введение в метрологию и испытание**

Методологиз измерения и испытания. Оценка соответствия и аккредитация. Метрологические единицы и типы материалов

#### **Калибровка датчиков дифференциального давления**

Методы калибровки. Процедура и порядок калибровки. Оформление результаты калибровки

#### **Метрология длины и системы калибровки**

Метрология длины. Пределы и проблемы в метрологии длины. Ошибки и анализ систем калибровки длины.

#### **Виртуальная приборостроения и распределенные измерительные системы**

Концепция виртуального прибора. Основные компоненты виртуальных инструментов. Распределенные измерительные системы и системы Smart Sensor. Порядок аккредитации лаборатории

### **СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МОДУЛЯ**

На практических занятиях у слушателей закрепляются изученные теоретические основы измерительные средств и подготовки к аккредитации лаборатории, решаются практические задачи. Полученные знания и навыки подкрепляются по учебникам и

учебным пособиям, лекционным материалам, научным статьям и тезисам пользоваться раздаточным материалом.

### **Практическая работа №1 Погрешности средств измерений**

При изучении темы выполняется следующее работы:

- формы представления погрешностей средств измерений;
- правила выбора нормирующего значения  $X_N$ ;
- способы нормирования и формы выражения пределов допускаемых погрешностей;
- обозначение классов точности средств измерений.

### **Практическая работа №2 Решение задач по теме «Классы точности средств измерений»**

Определяется класс точности средств измерения и производится конкретные расчёт по погрешности.

### **Практическая работа №3. Поверка и калибровка средств измерений**

Изучаются правил организации и порядка проведения поверки средств измерения. Ознакомливается с методами поверки, примерами построения поверочных схем, методами определения межповерочных интервалов.

### **Практическая работа №4 «Определение и расчет характеристик измерительных приборов и моделирование средств измерений»**

Ознакомится с основными электротехническими измерениями. Выполняется работы по заданными параметрами средств измерений.



## II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

### Кейс-задания

Кейс-задания разрабатываются с учетом соответствия целям и задачам профессионального обучения, условия максимальной приближенности к действительности и возможности использования нескольких вариантов решения заданий. Ситуационные производственные задания существенно отличаются от учебно-профессиональных задач, поскольку в последних всегда есть условие и требование того, что необходимо найти. В кейс-задании нет ни того, ни другого, и будущему бакалавру необходимо самому разобраться в обстановке, определить проблему, установить известное и выяснить, что надо освоить дополнительно для принятия обоснованного решения. С рассмотренных позиций деятельность преподавателя и студентов по созданию и использованию кейс-заданий можно представить как совокупность последовательно выполняемых этапов:

**Этап 1. Поиск объекта, проблемы, сюжета из практики и разработка кейс-задания.** Источником кейса выступает реальная производственная ситуация. Значительно повышается эффективность кейс-метода в случае, когда ситуация основана на материале, собранном самим студентом во время прохождения производственной практики на конкретном предприятии. Это позволяет будущему бакалавру спрогнозировать различные варианты решения проблемы, предложить оптимальное решение, а также реально увидеть результаты своих действий. Подобные ситуации стали основой составления кейс-заданий. Так, структура кейс-задания может включать: вводную часть; краткое описание проблемы, ситуации различными участниками события; методические рекомендации по использованию кейс-задания, различные материалы (справочные, нормативные и др.); вопросы для обсуждения и задания студентам.

**Этап 2. Введение в кейс-задание.** На этом этапе преподаватель выдает кейс-задания студентам для самостоятельного ознакомления и осуществляет постановку целей и задач предстоящей работы. Затем предполагается совместное обсуждение кейса под руководством преподавателя, который выполняет функции менеджера, эксперта, тьютора, консультанта. Подобная деятельность может быть организована в форме деловой игры с целью уточнения ситуации и получения дополнительной информации для последующего обсуждения в ходе проигрывания ситуации.

**Этап 3. Анализ кейс-задания.** Может осуществляться индивидуально или в малых группах. Студенты обсуждают, вырабатывают решения проблемы, оценивают и выбирают оптимальное решение, готовят презентацию.

**Этап 4. Презентация решения кейс-задания.** Обучающие представляют результаты анализа кейса. На этом этапе они проявляют умение публично представить интеллектуальный продукт, в ходе дискуссии выдержать критику и отстаивать собственное мнение.

**Этап 5. Общая дискуссия.** Предполагает обсуждение всеми участниками вопросов, связанных с тем, какие еще варианты решения могли возникнуть, кто принимал решение, что можно было сделать.

**Этап 6. Подведение итогов.** Осуществляет преподаватель с целью обоснования своей версии, акцентирования внимания на других решениях. Затем производит оценку решений и проставляет рейтинговые баллы. Специфика кейс-заданий для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки «Профессиональное обучение» профилизации «Сертификация, метрология и управление качеством», заключается в рассмотрении ситуаций как производственного характера, так и педагогического в рамках одной дисциплины, поскольку они являются составляющими будущей профессионально-

педагогической деятельности. В качестве примера представим кратко ситуацию, которая вызвала наибольший интерес у обучаемые (рис. 1).

Кейс-задание	
Ситуация	Вопросы для обсуждения
«Вы являетесь контрольным мастером участка. На закрепленном за вами участке механической обработки станочник изготавливал партию деталей. В конце смены вы проверили качество выполнения работы и обнаружили ошибку: в технологическом процессе было указано, что на валу нарезается наружная резьба с шагом 2 мм, а на чертеже в обозначении резьбы указан шаг 1,5 мм. Станочник выполнял свою работу по чертежу, поэтому и была допущена ошибка. Станочник для контроля резьбы использовал комплект калибров и резьбовые шаблоны. Вы приняли эту работу, так как посчитали, что шаг данной резьбы с разницей в 0,5 мм не играет важной роли».	<p>Подумайте и ответьте на следующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Кто является участниками ситуации? В какой степени данная ситуация касается каждого из них?</li> <li>2) Что явилось причиной неверного выполнения резьбы?</li> <li>3) Правильно ли, что станочник использовал для контроля резьбы комплект калибров и резьбовые шаблоны?</li> <li>4) Насколько правильно поступил контрольный мастер? Какие действия должен был произвести контрольный мастер?</li> <li>5) Какие последствия могли возникнуть в дальнейшем при обработке детали, если бы мастер принял другое решение?</li> <li>6) Что необходимо предусмотреть мастеру, чтобы подобных ситуаций на его участке не возникало?</li> <li>7) Предложите вариант разрешения сложившейся ситуации и обоснуйте. Что вы учитывали при выборе оптимального решения?</li> </ol>

Кейс-задания можно считать весьма важным оценочным средством для определения уровня сформированности компетенции по рабочей профессии. В ходе обсуждения, дискуссии, принятия решения, аргументации кейса можно оценить следующие группы умений и владений:

- аналитические и управленческие – умение читать технологическую документацию, работать со справочной и специальной литературой, умение работать с национальными стандартами; умение выделять существенную информацию; навык принятия решения, умение выбирать оптимальный вариант решения производственной ситуации;

- коммуникативные – умение применять профессиональную специальную терминологию, навык устного межличностного общения, умение работать в группе, вести дискуссию, аргументированно излагать собственную точку зрения, умение убеждать окружающих;

- практические – умение использовать знания о возможностях и технологических особенностях современного контрольно-измерительного оборудования; умение применять навыки контроля с помощью современного контрольно-измерительного оборудования с целью повышения производительности труда; умение использовать знания о рациональной организации рабочего места с соблюдением требований техники безопасности;

- творческие – умение вырабатывать и анализировать различные предложения;

- социальные – умение выслушать и оценить поведение других студентов, умение поддержать чужое мнение в дискуссии;

- рефлексивные – умение проводить самоанализ, самореализацию и самоконтроль своих действий и принятых решений. Разработанные кейс-задания для подготовки бакалавров по рабочей профессии соответствуют наиболее трудоемким и практически значимым в профессиональной деятельности трудовым функциям; связывают темы занятий с последующей деятельностью в условиях производственной практики; направлены на четкость выполнения технологии контроля; ориентируют на интерактивную деятельность студентов с целью формирования компетенции в сфере контроля качества продукции.

### "Мозговой штурм"

**Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака)** – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений настолько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

- «Мозговая атака» включает в себя три фазы.



### **Пример занятия по методу "Мозговой шторм"**

Например, В процессе программирование интеллектуальные датчики Компания разработал блок преобразование сигнала, в компании с учетом данного сигналов чип не работает. На компании не обеспечено образцовые проборы для сравнения сигнала данного датчика. Как Вы думает эти сигналы влияет ли входного сигнала датчика.

## Метод дискуссии

**Дискуссия как метод** интерактивного обучения успешно применяется в системе учебных заведений на Западе, в последние годы стала применяться и в нашей системе образования. Метод дискуссии (учебной дискуссии) представляет собой «вышедшую из берегов» эвристическую беседу. Смысл данного метода состоит в обмене взглядами по конкретной проблеме. Это активный метод, позволяющий научиться отстаивать свое мнение и слушать других.

Обычно предполагается, что из мышления рождается ответ на высказывание оппонента в дискуссии, поэтому разномыслие и рождает дискуссию. Однако дело обстоит как раз наоборот: спор, дискуссия рождает мысль, активизирует мышление, а в учебной дискуссии к тому же обеспечивает сознательное усвоение учебного материала как продукта мыслительной его проработки.

Метод дискуссии используется в групповых формах занятий: на семинарах-дискуссиях, беседах по обсуждению итогов выполнения заданий на практических и лабораторных занятиях, когда студентам нужно высказываться. На лекции дискуссия в полном смысле развернуться не может, но дискуссионный вопрос, вызвавший сразу несколько разных ответов из аудитории, не приведя к выбору окончательного, наиболее правильного из них, создает атмосферу коллективного размышления и готовности слушать преподавателя, отвечающего на этот дискуссионный вопрос.

Дискуссия на семинарском (практическом) занятии требует продуманности и основательной предварительной подготовки обучаемых. Нужны не только хорошие знания (без них дискуссия беспредметна), но также наличие у студентов умения выражать свои мысли, четко формулировать вопросы, приводить аргументы и т. д. Учебные дискуссии обогащают представления учащихся по теме, упорядочивают и закрепляют знания.

**Цель дискуссии** – не столько в том, чтобы разрешить проблему, а скорее в том, чтобы углубить её, стимулировать творчество и выработать решение проблемы посредством активной совместной деятельности.

Посредством применения дискуссионных методов осуществляется решение следующих **задач**:

- осознание участниками своих мнений, суждений, оценок по обсуждаемому вопросу;
- выработка уважительного отношения к мнению, позиции оппонентов;
- развитие умения осуществлять конструктивную критику существующих точек зрения, включая точки зрения оппонентов;
- развитие умения формулировать вопросы и оценочные суждения, вести полемику;
- развитие умения работать в группе единомышленников;
- способность продуцировать множество решений;
- формирование навыка говорить кратко и по существу;
- развитие умения выступать публично, отстаивая свою правоту.

**Дискуссионные методы** - вид групповых методов активного социально-психологического обучения, основанных на общении или организационной коммуникации участников в процессе решения ими учебно-профессиональных задач. Дискуссионные методы могут быть реализованы в виде диалога участников или групп участников, групповой дискуссии или ``круглого стола'', ``мозгового штурма'', анализа конкретной ситуации или других.

### **Условия проведения дискуссии:**

- предметность дискуссии;
- наличие доброжелательной и открытой атмосферы взаимодействия;
- готовность участников слушать и слышать иные позиции, иные точки зрения;
- наличие достаточного объема информации по обсуждаемой проблеме;

- наличие возможности высказаться;
- развернутая, корректная аргументация своей позиции;
- наличие возможности задавать вопросы.

#### **Ход дискуссии:**

1. **Вводная часть.** Цель – интеллектуальный и эмоциональный настрой на работу и обсуждение.

##### Приемы:

- краткое обсуждение проблемы в малых группах;
- краткий предварительный опрос по теме;
- введение темы через вводное проблемное сообщение.

2. **Введение в дискуссию.** Цель – проинформировать о проблеме, заинтересовать.

##### Приемы:

- описание конкретного случая из жизни;
- использование текущих новостей;
- ролевая игра;
- демонстрация фильма.

3. **Групповое обсуждение.** Этап представляет собой полемику участников. Для управления ею ведущий организует участников через систему вопросов, может также специально ввести правила обсуждения, Каждая группа высказывает свое мнение. Работают соответственно своим ролям аналитик, протоколист и т.д. При необходимости ведущий инициирует высказывания выступающих, их вопросы и оценки в адрес услышанного. Усиление и угасание интереса, корректность ведения полемического спора обеспечиваются управленческими действиями ведущего.

4. **Итоговое заключение.** Цель – оценка работы группы в вычлениии тех аспектов проблемы, которые были затронуты по ходу обсуждения, оценка степени вовлеченности и компетентности участников обсуждения, их готовность принимать позицию другой стороны, умение вести полемику. Оценка сходства-противоположности позиций участников может быть положена в основу проекта решения, ряда рекомендаций, которыми завершается дискуссия, вне зависимости от формы ее проведения.

### **Пример занятия по методу "Дискуссии"**

Работники конструкторские отдела разработали новые тип датчика, испытания проводился с боле точным измерительном стенде. Планировано изменение конструкции датчика, а габаритные размеры с заказчиком не согласовался. Как вы думаете работники с чего начинать проектирование датчика.

#### **Таблица SWOT-анализа**

**SWOT** – наименование происходит от начальных букв следующих английских слов:

**Strengths**– сильные стороны, предполагает наличие внутренних ресурсов;

**Weakness**– слабые стороны или наличие внутренних проблем;

**Opportunities**– возможности; наличие возможностей для развития предприятия;

**Threats**– угрозы, угрозы от внешней среды.

Как правило, успешность SWOT-анализа зависит не от предприятия, а зависит от учета результата при разработке стратегических целей и проектов в будущем. При его использовании его элементы могут быть интерпретированы следующим образом:

### **Пример занятия по методу "SWOT"**

Какие измерительные преобразователь лучшие: датчики (сенсоры) или первичные преобразователь

### III. МАТЕРИАЛЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### Тема №1: Интеллектуальные датчики: Физика, технология и заявления

##### **План:**

1. Развитие датчики
2. Технологии производства датчики
3. Промышленные датчики
4. Биочипы

**Ключевые слова:** датчики, smart (умные) датчики, технология датчиков, развития, чип, аналоговые и цифровые электроники, микропроцессор, промышленные датчики, биочипы.

#### 1.1. Развитие датчики

Датчики необходимы, чтобы преобразовать широкий спектр физических параметров в электрические сигналы. В отношении между историей автоматизации и датчиками, кажется, что задержка технологии датчика все еще существует. Это может только быть преодолено с понятием интегрированного умного sensors<sup>1-19</sup>. Широко, 'умный датчик' определен как чип с датчиками и цифровым интерфейсом.

Интересно видеть в истории 1, 5, 6 перспективе, как датчики впоследствии развивались. Развитие существенно изменило человеческую жизнь. Сначала, люди пытались расширить свою механическую энергию искусственными средствами: приводы головок, такие как watermills, паровой двигатель, двигатель внутреннего сгорания и электромотор. Это развитие привело к 'промышленной революции'. Затем люди пытались расширить свою обычную разведку посредством компьютеров. Хотя это произошло только двадцать пять лет назад, можно уже сказать, что это явление закончилось в 'информационную революцию'. Теперь, люди искусственно расширяют свои чувства, используя датчики<sup>1</sup>.

Эти датчики необходимы, чтобы приобрести данные, чтобы исправить ошибки в автоматизированных процессах и приспособить процесс к изменяющимся обстоятельствам. Когда все стадии петли контроля станут все более экономически доступными, можно ожидать, что обычная работа будет все более и более выниматься из рук человека автоматами и роботами в работе - место и дома. Это будет, конечно, представлять один из главных changes 6, 7 в будущей человеческой жизни: 'революция автоматизации'.

Датчики абсолютно необходимы в контроле и инструментровке, будучи маршрутом, через который обработка электроники приобретает информацию от внешнего мира, на который они действуют. Ни у инструментровки, ни систем управления нет существования, если измерения не сделаны. Есть широкие спектры measurands, которые обнаружены множеством датчиков. Датчики теперь стали ключевым компонентом во многих областях, включая автомобильный, медицинский, космический и производственный процесс control 1,9,11,13. Широкий диапазон датчиков также требуется, чтобы обеспечивать автоматизацию в изготовлении товаров. Они включают некоторые общие датчики как 'осязательные датчики', и 'датчики давления', чтобы диагностировать напряжение относились к заготовке. Одна система могла использовать много датчиков, чтобы получить точные показания системы performance 8.

С продвижением в кремниевой технологии технология инструмента прогрессировала на быстрой скорости. Датчики, которые являются сердцем систем

---

<sup>1</sup> Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012

инструментовки, 'умны' по своей природе теперь. 'Умный датчик' является собранием чувствительного элемента и связанной электроники для создания условий сигнала и обработки данных и т.д. на том же самом чипе (Рис. 1). Обычно кремний выбран в качестве материала для чувствительного элемента, потому что это может дать подходящий физический конверсионный эффект, легко проектировать и изготовить интегрированную систему и может дать подходящую схему обработки сигнала, с интеграцией чувствительного элемента и электронных схем на чипе, при помощи стандартной плоской технологии. У умных датчиков есть главные преимущества быстрого создания условий сигнала, более высокого отношения сигнал-шум, сам тестирование, авто калибровка, маленький физический размер, высокая надежность, предотвращение неудачи и обнаружение. В развитии данной работы умных датчиков, представлен, дав тенденции в технологии датчика [1, 2].

Самое значительное развитие в технологии датчиков - включение выделенного микрокомпьютера в дизайне датчика как составной компонент, чтобы сделать его smart 5,7,8,10. 'Умные датчики' включают оперативный составной компонент к микрокомпьютеру, посвященному измерению intended1, 5.

В данной работе описаны развитие, физика, технология и применения умных датчиков. Развитие различных типов умных датчиков для использования в средствах управления, коммуникаций, экологического мониторинга, биомедицинские и другие области даны подробно<sup>2</sup>.

**Развития.** Датчики прогрессировали через различные сцены. У устройств первого поколения было мало электроники, связанной с ними, в то время как датчики второго поколения были частью чисто аналоговых систем с электроникой как дистанционное управление для датчиков и в третьем поколении, первая стадия увеличения произошла на самом чипе датчика. В датчиках четвертого поколения больше аналоговой и цифровой электроники было на самом чипе, чтобы сделать датчик адресуемым и сам тестирование. В пятом поколении преобразование данных достигнуто на том же самом чипе датчика. Датчик пятого поколения адресуем, сам тестирование и общается по bi-направленному цифровому bus 1,5,7 (Рис. 2).

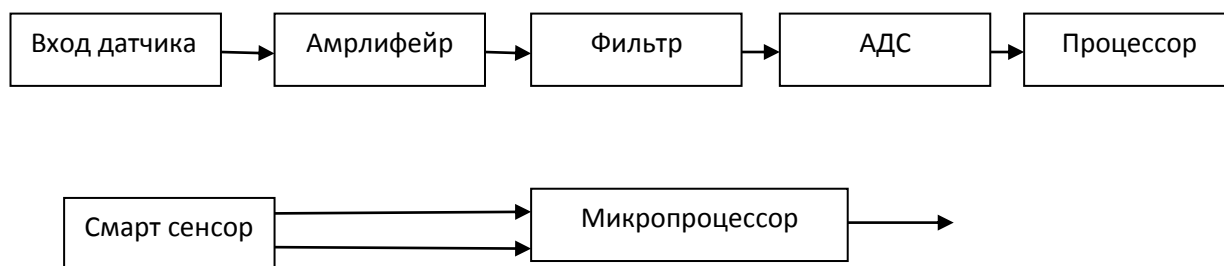


Диаграмма рис. 1 – Блок схема умного датчика

## 1.2. Технологии производства датчики

Современный микропроцессор включая микро датчик составлен из (i) чувствительный элемент (ii) часть обработки сигнала и (iii) микропроцессор. Части (i) и (ii) изготовлены на однокристалльной схеме, чтобы сформировать умный sensor1,10. Integration5 интерфейсной электроники и схемы обработки сигнала в чипе датчика служит многим функциям как увеличение, преобразование импеданса, фильтрация сигнала и мультиплексирование. Много датчиков основаны на резисторах. Когда распространяемый кремниевый резистор подвергнут легкому напряжению, повышению температуры или магнитному полю, изменениям стоимости сопротивления. Очень хорошо известный метод

<sup>2</sup> Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012



для измерения небольших изменений сопротивления - мост Уитстона. В большинстве пьезорезистивных датчиков давления ответ продукции моста к применению напряжения - measured<sup>4</sup>. Амплитуда выходного сигнала, зарегистрированного датчиками, типично низкая, таким образом, наша первая потребность состоит в том, чтобы усилить эти слабые сигналы перед передачей, чтобы уменьшить эффект шума от environment<sup>10</sup>. Преобразование импеданса также требуется (i), чтобы гарантировать максимальную передачу сигнала в следующую стадию, (ii), чтобы уменьшить восприимчивость ощущаемого сигнала к экологическому шуму. Усилитель транспроводимости, осуществленный в типичном операционном усилителе CMOS, подходит лучше всего с этой целью. Для емкостных схем типа, где выгода немедленно не требуется, простая буферная схема может быть объединена на датчике chip<sup>5</sup> [1].

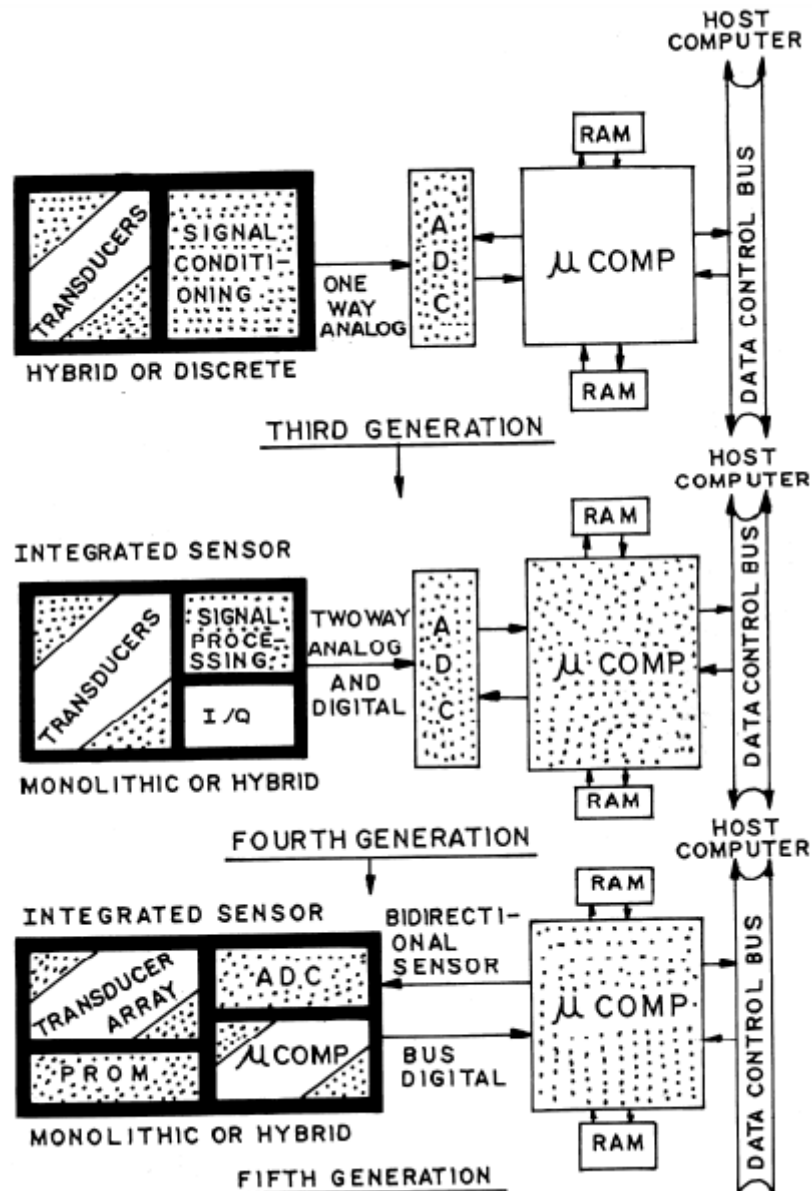


Рис. 2—Evolution умных интерфейсов датчика

### Фальсификации

Твердотельные интегрированные датчики в основном составлены из четырех элементов а именно, таможенные filmy для трансдукции, микроструктур, объединили интерфейсную схему и микрокомпьютер базирующиеся алгоритмы обработки сигнала. Главным образом, три метода складывают микромеханическую обработку, поверхностная микромеханическая обработка и термокомпрессия вафли используются для фальсификации умных датчиков. В эти дни было продвижение в методе фальсификации

micro-systems<sup>1,3</sup>. Оптовая микромеханическая обработка используется для того, чтобы сделать микродатчики и MEMS (микроэлектромеханические системы) и глубоко сухая гравюра для датчика micro-machining<sup>1-3</sup>. Фальсификация окисных мембран глубоким сухим Сайом, запечатлевающим, была исследована, чтобы получить однородную мембранную ширину по вафле. Глубокий сухой Сай запечатлевает на STS, запечатлен через вафлю 228 микронов толщиной и остановки на главном окисном слое, который более однороден и приводит к меньшему количеству мембранного расширения. Процесс гравюры был оптимизирован для параметров, любят, запечатлевают уровень, однородность и надрез в окисном интерфейсе. STS глубоко сохнут, процесс гравюры Сайа был оптимизирован через 650  $\mu\text{m}$  толстых вафель с остановкой на окисном слое, который более однороден и приводит к меньшему количеству скорости потока жидкости расширения мембраны в течение 30 минут.

Средние данные со стандартным отклонением для различных пробегов были подготовлены (Рис. 3) и проанализированы. Кремниевая гравюра - существенный шаг процесса для фальсификации умных датчиков и микроэлектромеханических систем (MEMS). Поверхностная микрообработанная структура акселерометра может быть изготовлена глубокой траншейной гравюрой от густого поликремния, выращенного в реакторе эпитаксии.

Устройство полезно в движущихся тележках/автомобилях как система безопасности в больницах. Микрообработанный гироскоп для транспортного средства динамический контроль, для использования в передвижении, может быть произведен в сочетании с глубокой траншейной гравюрой и толстой оптовой мембраной кремния. Поверхностные микрообработанные гироскопы с переворачивают автоматическое ощущение безопасности, сделаны с технологией MEMS. Микро выключатели / микро реле микро - обработанные устройства, для скоростных реле переключения, используемых в автоматическом испытательном оборудовании, медицинских устройствах или коммуникационных устройствах. Мембрана, основанная микро - датчики и MEMS, возможна быть изготовленной для давления и потока измерений 4, 11, 12.

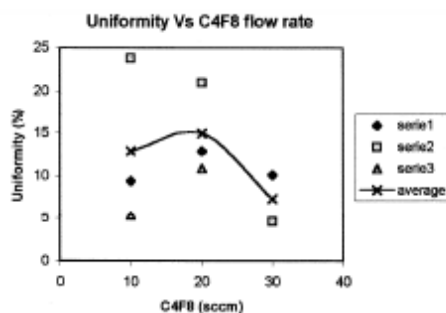


Рис. 3– Оптимизация заканчивается для умного производства микросхем датчика

### 1.3. Промышленные датчики

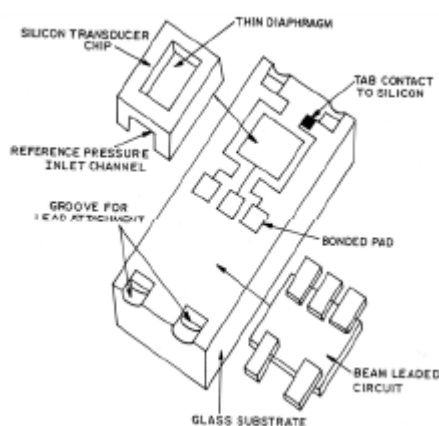
#### 1 Промышленный

Умные датчики в настоящее время устанавливали свое самое сильное присутствие на промышленном рынке. Причины, которые могут с готовностью быть определены: более высокая стоимость, связанная с более строгими техническими требованиями и чередующимися от среднего до низкого объемами, распространенными на промышленном рынке относительная неважность пакета, измеряет важный высокий уровень, приложенный к надежности данных, связанной с очень крупными заводами и вместе с трудностью доступа к датчикам для диагностики и развитием много промышленного

цифрового databus standards<sup>1,8</sup>. Ожидается, что тенденция, чтобы ввести умные датчики в промышленной зоне продолжится, поскольку databus стандарты рационализированы, и выгода отдаленной диагностики лучше понятна. Расположения дизайна немногих умных датчиков показывают в Рис. 4-8 для давления, потока и температуры и т.д [2].

## 2 Космос

Авиакосмическая промышленность надеется принимать умные датчики для различных датчиков. Проблемы целостности данных одинаково важны или больше, но другое главное беспокойство - беспокойство веса кабеля, связанного с большими количествами датчиков, которые часто являются multiplicated в целях избыточности<sup>3</sup>. Уровень безопасности потенциально повышен, самоконтролируя датчики, дополнительная информация, произведенная этой новой способностью, требует, чтобы мультиплексная, т.е. цифровая шина данных возвратила информацию к пункту, где это значимо, и доступность мультиплексных автобусов данных позволяет продукции многих датчиков быть сконцентрированной на минимальное число автобусов (Рис. 2), совместимый с соответствующим redundancy 6, 9.



4—Cross-вид-в-сечении рис. ультраминиатюрного твердотельного умного датчика давления

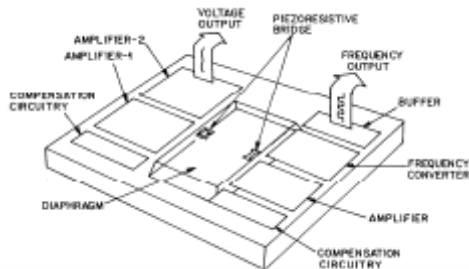


Рис. 5 Схематическая диаграмма интегрированного датчика давления на чипе и с выходными цепями продукции и с частоты напряжения

<sup>3</sup> Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012

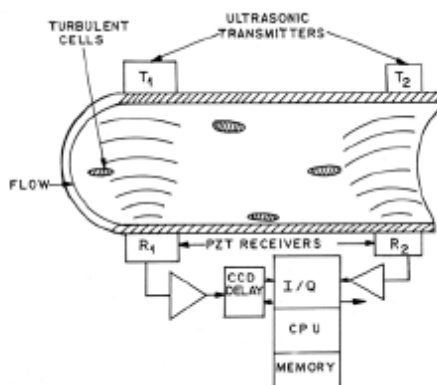
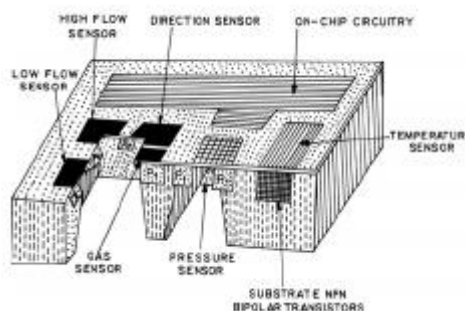
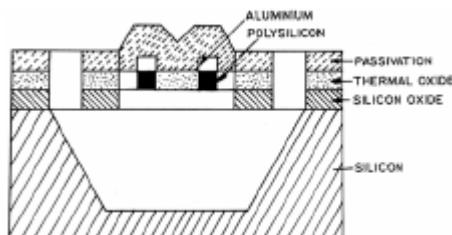


Рис. 6—Diagram умного ненавязчивого датчика потока



Датчик потока массы рис. 7—Monolithic с интерфейсной схемой на чипе



Корпус рис. 8—Core умного температурного датчика

### 3 Автомобильный

Автомобильные изготовители также близко контролируют потенциал умного sensors<sup>9</sup>, но здесь ограничения стоимости главные. Умные датчики, приложенные к цифровым автобусам, вряд ли найдут свой путь в большинство транспортных средств, пока сами автобусы данных не будут введены для других целей. Связи между двигателем, передачей, приостановкой, торможением и другими средствами управления долго ожидалось, и множество автомобильных databus стандартов существуют, чтобы позволить это. Каждый автоматизированный процесс состоит из различных функциональных блоков. Например, чтобы управлять полетом самолета, нам нужно: (i) приводы головок, такие как двигатели и руководящие принципы, чтобы продвинуть самолет; (ii) компьютеры, такие как автопилот, чтобы управлять приводами головок на основе самолета полета; и (iii) датчики (Рис. 4 и 5) для измерения ускорения, высоты, наклона, и т.д., чтобы накормить компьютер информацией о фактическом полете и позволить исправлениям, которые будут сделаны [1, 2].

### 4 Телекоммуникации

Существование процессора в пакете, однако, открывает еще много возможностей. Два, самые очевидные из них, являются цифровой связью через стандартный автобус и диагностику датчика. Другие включают улучшенное время отклика, основанное на предварительных знаниях особенностей частоты, и способность вычислить measurand на основе множества сырья ввела data<sup>1,5,7</sup>.

Смарт-карты теперь все более и более популярны в клеточных системах, потому что они используются недорогим способом позволить приложения электронной

коммерции, дополнительную безопасность и бродящие функции, не изменяя базовую конструкцию терминалов. Беспроводной Интернет и мобильная электронная коммерция будут скоро быстро расти, поскольку сетевые операторы настойчиво преследуют достоинства объединить безопасность и приложения сделки на WAP (Беспроводной Прикладной Протокол) платформа<sup>4</sup>.

Телефоны, основанные на WAP 1.1 часто, не шифруют данные, таким образом, они не могут гарантировать подлинность или конфиденциальность сообщений или предотвратить несанкционированную модификацию и использование телефонов. Операторы хотят более безопасный стандарт WAP 1.2 и заставляют производителей телефонной трубки поставлять модели. Смарт-карта, известная как Wireless Identity Module (WIM), включающий WAP 1.2, подобна Subscriber Identity Module (SIM), используемому на существующих сотовых телефонах GSM. Карта гарантирует 100-процентную безопасность для сделок электронной коммерции по телефонам WAP, обеспечивая идентификацию участвующих сторон посредством шифрования и цифровых подписей. Смарт-карты будут таким образом определенно играть большую роль в мобильных телефонах в будущем. Они обеспечат безопасную окружающую среду для множества приложений обслуживания, таких как транзакционные услуги, которые облегчат развитие m-торговли.

Смарт-карта назвала Роуминг, Модуль Идентичности Universal (R-UIM) был развит для телефонов CDMA во время третьего квартала. Карта позволяет пользователям бродить в сетях GSM, используя нанятый телефон и их собственные смарт-карты, названные 'роуминг пластмассы'.

Телефоны двойной технологии CDMA/GSM, оборудованные смарт-карты R-UIM, были также разработаны. У будущих телефонов может быть две смарт-карты, версия 1.4 WAP определяет два WIMs в каждом телефоне, позволяя нескольким безопасным приложениям электронной коммерции управляться. Крупные изготовители смарт-карт развивали основанный на SIM браузер, который сделает существующие способные к набору инструментов телефонные трубки SIM 75 процентами телефонов использующийся в настоящее время совместимый с WAP - базирующиеся услуги. Это позволит краткосрочное массовое развертывание мобильного доступа к Интернету. Браузер SIM скоро будет доступен. MasterCard помогает продавцам развивать готовые решения для безопасных заявлений на мультиприкладных смарт-картах, которые будут надежно держатели карт идентичности и начинать платежи с кредитом или дебетовать cards<sup>5, 7</sup>.

### **5 MEMS и управление процессом**

MEMS (Системы MicroElectroMechanical) является классом systems<sup>5-8</sup>, которые являются физически маленькими. У этих систем есть и электрические и механические компоненты. MEMS первоначально использовал измененную интегральную схему (компьютерная микросхема) методы фальсификации и материалы, чтобы создать эти очень маленькие механические устройства. Сегодня есть еще много методов фальсификации и доступных материалов.

Датчики и приводы головок - две главных категории MEMS<sup>5, 6</sup>. Датчики неразрушающие, в то время как приводы головок изменяют окружающую среду. Микро датчики полезны, потому что их физический размер позволяет им быть менее агрессивными. Микроприводы головок полезны, потому что объем работы, который они выполняют на окружающей среде, небольшой и поэтому может быть очень точным.

Поликремниевые Преобразователи Резонатора - пример датчика MEMS, используя процесс поликремния тонкой пленки напряжения, которым управляют, который является модификацией методов фальсификации интегральной схемы. Датчик использует механически свободный луч поликремния, резонирующая частота которого может быть измерена в электронном виде.

---

<sup>4</sup> Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012

Изменения окружающей среды могут быть преобразованы в изменение в резонирующей частоте микро луча; и поэтому, может быть ощущен. Интересно отметить, что первое устройство MEMS было золотом, резонирующим ворота MOS structure<sup>7</sup>.

Высокий Формат изображения Электростатический Резонатор был fabricated<sup>7,8</sup> с высоким энергетическим источником света фотона и методом гальванотехники. Высокие энергетические фотоны прибывают из синхротрона рентгена, которые используются, чтобы определить толстый PMMA (плексиглас) форма для материалов, на которые наносят слой металла гальваническим способом. В этом резонаторе масса центра, весны и электростатические пальцы свободна, в то время как остальная часть структуры прикреплена к основанию.

Движение происходит, применяя напряжение между структурой центра, и одна из стороны зафиксировала структуры.

Накладываемые пальцы позволяют этому напряжению происходить по более крупной области, приводящей к большей привлекательной силе.

Это - пример линейного привода головок, который может использоваться в качестве выключателя, точного positioner или части резонирующего датчика.

Магнитные Микро Двигатели могут также быть изготовлены глубокой литографией рентгена и процессом гальванотехники.

Ротор магнитно существен, чтобы позволить магнитное поле, относился к каждому из двух полюсов, чтобы заставить ротор поворачиваться. Внешние механизмы погрузки добавлены, чтобы проверить трение в зубчатых передачах при помощи внешнего магнитного поля, чтобы вести существенный ротор. Это - пример вращательного привода головок.

Точность Спроектированные Механизмы является fabricated<sup>7,8</sup> глубокой литографией рентгена и процессом гальванотехники.

Каждый механизм 100 микронов высотой, сделан из никеля и проводится к размерам подмикрона. MEMS может использоваться, чтобы создать части систем, где высокая терпимость необходима. Эти механизмы устраняют разрыв между MEMS и традиционно обработанными точными компонентами.

Измеряя успех для умных датчиков и особенно для MEMS manufacturers<sup>2,3</sup>, улучшил управление процессом, быстрее обработайте развитие, и более быстрое время на рынок. Новая 3D система дает быстрым, бесконтактным измерениям, непревзойденной воспроизводимости и подмиллимикрону вертикальную резолуцию, чтобы помочь держать Ваш процесс в контроле. С обширным диапазоном заявлений чип дает точно, где для процесса нужно улучшение, или куда исследование ведет, в секундах, без типового повреждения. 3D чип MEMS - следующее поколение, говорят оптические профилировщики. С более быстрой скоростью просмотра, большим диапазоном измерения, способностью меры, и полной автоматизацией, быстрой визуализацией и анализом устройств, с необходимым программным обеспечением обеспечивает обширный анализ данных и непосредственные результаты, которые взаимодействуют легко с существующими системами управления урожаем. 3D система может быть настроена со стадиями, целями и вариантами соответствовать конкретному применению.

## **6 Приложения защиты**

Умные датчики, MEMS, включая коммуникационные компоненты RF и датчик выстраивают (Рис. 5 и 7) с обработкой электроники, используются в авиационной радиоэлектронике и механическом systems<sup>6,9</sup>, контролируя большое разнообразие параметров как EMI, погрузка усталости, тепловая езда на велосипеде, вибрация и потрясают уровни, акустическую эмиссию и коррозионную окружающую среду. Типичный MEMS accelerometer<sup>5,7</sup>, вместе с кремнием микро - структура (резонирующий микробоб) может обеспечить, высокая чувствительность собирают для измерения инерционного ускорения, склонности, низкочастотной вибрации, и т.д.

## 1.4. Биочипы

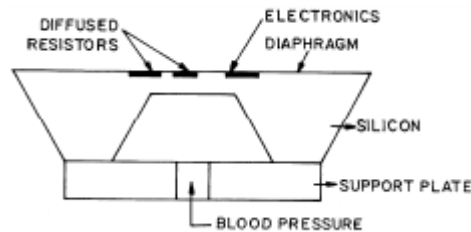
Много умных датчиков для биомедицинского applications<sup>1,3,4,12,13</sup> были также разработаны (Рис. 9 и 10) при помощи технологии изготовления микросхем. Аспекты калибровки таких датчиков для использования в стандартах были изучены в detail<sup>11–13</sup>.

### 1 Биочипы

Специальный класс биодатчиков, как правило известных как biochips<sup>14-18</sup>, имеет многократные элементы преобразователя и основан на чипах интегральной схемы. Термин “биочип” походит на “компьютерную микросхему”, которая является основанным на кремнии основанием, используемым в фальсификации миниатюризованных электронных схем. Поэтому, в универсальном смысле, есть определенный элемент интегральной схемы, вовлеченной в термин 'биочип'. Однако за эти годы термин биочип взял множество значений. Биочип теперь обычно определяется как материал или устройство, у которого есть множество исследований, используемых для биохимического испытания. В целом любое устройство или компонент, включающий двумерное множество мест реакции и имеющий биологические материалы по твердому основанию, упоминались как биочип<sup>5</sup>.

Биочипы часто включают и миниатюризацию, обычно в форматах микромножества, и возможность недорогого массового производства, имеют два типа,

- биочипы пластины множества, которые состоят из основанных на пластине или основанных на геле оснований; и
- интегрированные биочипы, которые также включают чипы множества датчика.



9–Cross-вид-в-сечении рис. чипа датчика артериального давления



Чип рис. 10–Multisensor со схемой на чипе

Основания, имеющие микромножества биорецепторов, часто упоминаются как биочипы, хотя у большинства этих систем нет интегрированных систем обнаружения микродатчика. У этих биочипов пластины множества обычно есть отдельные системы обнаружения, которые являются относительно большими и только подходят для лабораторных приложений исследования. У них могут быть большие количества исследований (десятки тысяч), которые могут потенциально использоваться, чтобы отождествить многократные биоцели с очень высокой скоростью и высокой пропускной способностью, соответствуя различным типам исследований через hybridization. Поэтому, пластины множества очень полезны для генного открытия и приложений изобретения лекарства, которые часто требуют десятков тысяч испытания на единственной пластине. С другой стороны, интегрированные биочипы - устройства, которые также включают чип микродатчика интегральной схемы, который делает эти устройства очень портативными, и недорогими. Эти устройства обычно имеют множества исследования средней плотности

<sup>5</sup> Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012

(10-100 исследований) и наиболее подходят для медицинской диагностики в офисе врача [2].

## **2 Микрожидкие биочипы**

Приложение ферментов к стеклянным микрожидким каналам было achieved<sup>14,15</sup>, используя очень реактивный poly (maleic anhydride) (PMA) - базирующееся покрытие, которое поставляется микроканалу в решении для толуола. PMA реагирует с 3-aminopropyltriethoxysilane группами, связанными со стеклянной поверхностью, чтобы сформировать матрицу, которая позволяет дополнительным maleic anhydride группам ангидрида реагировать со свободными группами аминопласта на ферментах, чтобы дать смешанное ковалентное - нековалентная поддержка иммобилизации. В типичной находящейся в microfluidics системе биочипа IC типовая палата и все порты доступа обработаны в 2.5 см Ч 2.5 см Ч кусок на 0.3 см плексигласа. Стекло или кварцевые пластины (1 мм толщиной), прикрепленные к вершине и основанию плексигласа, запечатывают палату выборки и служат окнами возбуждения и обнаружения, соответственно. В то время как подпочный щиток постоянно зафиксирован в месте, главная пластина сменная для обычной замены выборки платформ в палате. Пара плексигласовых рельсов с резиновой подкладкой присоединена к основанию, запечатывающему пластину, позволяющую микрожидкое устройство быть установленным на IC biochip<sup>15</sup>.

## **3 Биочип ДНК, используя интегральную схему фототранзистора**

Интегрированный датчик, основанный на интегральных схемах фототранзистора, был developed<sup>15,16</sup> для использования в медицинском обнаружении, диагностике ДНК и отображении. Оценка включает различные системные компоненты, развитые для интегрированного чипа биодатчика. Методы развития включают микромножество труб ДНК на нитроклетчаточном основании.

У устройства чипа есть датчики, усилители, дискриминаторы, с логической схемой на борту. Интеграция светодиодов в устройство также возможна. Чтобы достигнуть улучшенной чувствительности, система IC, составляющая чувствительный элемент фототранзистора 220 клеток фототранзистора, связанных параллельно, может использоваться.

**4 Cytosensor microphysiometer:** биологические применения кремниевой технологии

Основанное на кремнии устройство, названное microphysiometer<sup>16-19</sup>, может использоваться, чтобы обнаружить и контролировать ответ клеток ко множеству химических веществ, особенно лиганды для определенных плазмемных мембранных рецепторов. microphysiometer измеряет уровень протонного выделения от 10<sup>4</sup> до 10<sup>6</sup> клеток.

Эта статья дает обзор экспериментов, в настоящее время будучи выполненным с этим инструментом с акцентом на рецепторы с семью трансмембранными helices и рецепторы киназы тирозина. Как прибор для исследований, microphysiometer может считаться обслуживанием двух отличных функций. С точки зрения обнаружения определенных молекул отобранные биологические клетки в этом инструменте служат датчиками и усилителями. microphysiometer может также исследовать функцию клетки и биохимию. Основное применение этого инструмента, может оказаться, проверяет на новые лиганды рецептора. В этом отношении microphysiometer, кажется, предлагает значительные преимущества перед другими методами [1].

**5 Микроизмеритель интегрированного сортировщика спермы:** лаборатория биочипа

У инженеров-биомедиков недавно есть developed<sup>18-19</sup> лаборатория прототипа на чипе для сбора урожая здоровых сперматозоидов, чтобы увеличить мужское изобилие. Микромасштаб объединил сортировщика спермы (MISS) отделяет сильные сперматозоиды пловцов, которые, скорее всего, оплодотворят яйцо от бесцельно



дрейфующих сперматозоидов, которые чрезвычайно неспособны к оплодотворению. Система позволяет разделить и обнаружение подвижной спермы от небольших выборок, которые являются трудными обращаться с использующими обычными методами сортировки спермы. Устройство, немного более крупное, чем пенс, является недорогим, простым в использовании сортировщиком, которого мужчины могли в конечном счете использовать дома, чтобы измерить изобилие или проверить результат аннулирования вазектомии или вазектомии.

Так как подвижность спермы - чувствительный индикатор токсичности, МИСС может также быть полезной как тест токсикологии. Прямоугольное устройство было построено, используя обычные методы, подобные используемым в создании компьютерных микросхем. У этого есть две входные палаты в одном конце и две палаты коллекции в другом. Канал простирается из каждой входной палаты, сливающейся в единственную трубу для некоторого расстояния, затем отделяясь прежде, чем войти в две палаты коллекции.

МИСС не требует никакого источника энергии. Жидкости установлены в движение силами поверхностного натяжения и силы тяжести, которые объединяются, чтобы произвести спокойное течение. Устройство также использует в своих интересах ламинарное течение, в котором два жидких потока могут быть сделаны бежать бок о бок без смешивания. Это - то, что происходит посреди МИСС, когда два жидких канала сливаются.

Чтобы управлять устройством, образец спермы помещен в одну входную палату. Вторая палата заполнена соленой водой. Эти две жидкости перемещаются к противоположному концу устройства, объединяющегося в середине в единственное ламинарное течение. В то время как эти два потока рядом, плавающая сперма пересечет пластинчатую границу и войдет в соленую воду. Неумеющие плавать идут с потоком и остаются в оригинальном потоке. Когда эти два потока распадутся на палаты коллекции, в одной палате будут пловцы, другой не будет.

Чистота сортированных образцов спермы, которые прибывают в палату коллекции, составляет почти 100 процентов. У этого подхода к сортировке спермы есть дополнительные преимущества по сравнению с обычными методами сортировки. Это избегает процессов, таких как центрифугирование, которое может повредить сперму. Это может быть объединено с цветом - закодированное считывание для отдельного, простого в использовании домашнего теста. МИСС, какие виды подвижностью, по совпадению выбирает сперматозоиды, которые испытывают недостаток в физических отклонениях, таких как деформированная голова или хвост, которому помешали.

В теории единственный сперматозоид - все, что необходимо, чтобы оплодотворить яйцо. Но это может быть невозможно изолировать и получить самые жизнеспособные сперматозоиды, используя обычные лабораторные методы. Врачи часто обращаются, чтобы вручить сортирующую мертвую сперму и обломки, чтобы найти 'хорошую' сперму, процедура, которая может занять часы в некоторых случаях. Приблизительно у каждой 10-й пары есть проблемы фертильности, и у 40 процентов этих случаев есть отсутствующая или неправильная сперма. Обычное лечение бесплодия эффективное во многих случаях, но менее эффективное, когда количество спермы очень низкое.

Расследования также возможны сортировать клетки, используя искусственные подкладки кровеносного сосуда (endothelia). Клинический диагноз болезни полагается в большой степени на способность проанализировать клеточный состав крови. Новые заявления возможны теперь с таким новым devices20-23 [2].

### **Заключений**

Развитие и разработка технологий умных датчиков для различных применений в различных областях были обсуждены. Аспекты фальсификации умных датчиков были также обсуждены. Последние тенденции включая биочипы были также представлены.

Измерения и системы инструментации будут развиты при помощи умного датчика в будущем.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите развитие датчики
2. Объясните технология производства датчики
3. Какие вы знаете по видам датчики
4. Что такое Смарт датчики (Smart sensor)?
5. Объясните задачи биочипы.

### **Список используемые литературы**

- 1) Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012
- 2) Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013

## **Тема № 2. Введение в метрологию и испытание**

### **План:**

1. Методология измерения и испытания
2. Оценка соответствия и аккредитация
3. Метрологические единицы
4. Типы материалов

**Ключевые слова:** измерения, принципы измерений, методология измерения, калибровка, прослеживаемости измерений, испытаний, неопределенности измерений, оценка соответствия, аккредитации, научная метрология, промышленная метрология, юридическая метрология.

Рассматривает методологии измерения и испытания. Это дает обзор метрологии и представляет основные принципы характеристики материалов как основание для:

1. Химический и микроструктурный анализ
2. Имущественное измерение материалов
3. Исполнительное испытание материалов, которые рассматривают в частях В, С и D.

В науке и разработке, предметы интереса должны быть характеризованы измерением и испытанием. Измерение - процесс экспериментального получения ценностей количества, которые могут обоснованно быть телом или веществом. Метрология - наука об измерении. Испытание - техническая процедура, состоящая из определения особенностей данного объекта или процесса, в соответствии с указанным методом [1].

### **2.1. Методология измерения и испытания**

Методологии измерения и проверяющий, чтобы удержать мой, особенности данного объекта иллюстрированы в объединенной общей схеме на Рис. 1.1, который обсужден в следующих секциях.

#### **2.1.1 Измерение**

Измерение начинается с определения измеряемая величина, количество намеревалось быть измеренным. Спецификация измеряемая величина требует знания вида количества и описания объекта, несущего количество. Когда измеряемая величина определен, он должен быть связан со стандартом измерения, реализацией определения количества, которое будет измерено. Процедура измерения - подробное описание

измерения согласно принципу измерения и к данному методу измерения. Это основано на модели измерения, включая любое вычисление, чтобы получить результат измерения<sup>6</sup>. Основные характеристики процедуры измерения - следующий.

- Принцип измерения: явление, служащее основанием измерения
- Метод измерения: универсальное описание логической организации операций используется в измерении

Измерение системы: ряд того или большего количества измерительных приборов и часто других устройств, включая любой реактив и поставку, собранную и адаптированную, чтобы дать информацию раньше, производил измеренные ценности количества в пределах указанных интервалов для количеств указанных видов

- Неуверенность измерения: неотрицательный параметр, характеризующий дисперсию ценностей количества, приписываемых измеряемая величина

Результат измерения должен быть выражен как стоимость количества вместе с ее неуверенностью, включая единицу измеряемая величина.

### Отслеживаемость и калибровка

Измеренная стоимость количества должна быть связана со ссылкой через зарегистрированную несломанную цепь отслеживаемости. Отслеживаемость измерения описана подробно в Секте. 3.2. Рисунок 1.2 иллюстрирует это понятие схематично.



Рис. 1.1 методологии измерения и проверяющий - общая схема

МБМВ  
Международное бюро Мер и весов

Национальный метрологический институты или назначенный национальные институты

— y and Testing Czichos

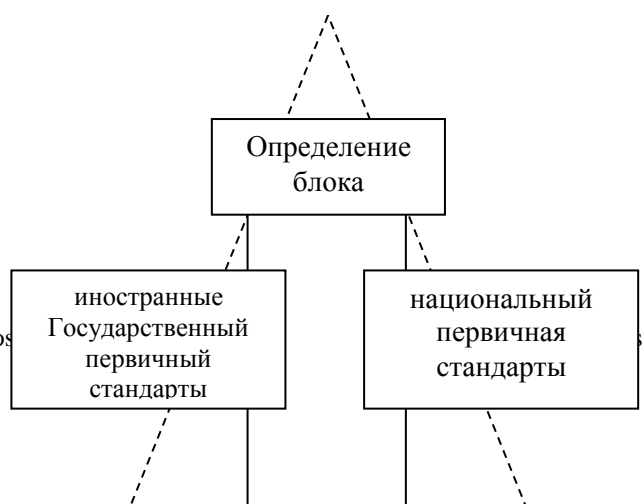


Рис. 1.2 цепь отслеживаемости для измерений

Цепь отслеживаемости гарантирует, что результат измерения или ценность стандарта связаны со ссылками в более высоких уровнях, заканчивающихся в основном стандарте, основанном на Международной системе Единиц (le Systeme International d'Unites, СИ) (Секта. 1.2.3). Конечный пользователь может получить отслеживаемость к самому высокому международному уровню или непосредственно от национального института метрологии или из вторичной лаборатории калибровки, обычно аккредитованной лаборатории. В результате различных мер взаимного признания всемирно признанная отслеживаемость может быть получена из лабораторий за пределами собственной страны пользователя. Метрологические графики времени в отслеживаемости, определенной как изменения, однако небольшие, во всех инструментах и стандартах в течение долгого времени, обсуждены<sup>7</sup>.

Основной инструмент в обеспечении отслеживаемости измерения является или калибровкой измерительного прибора или системой, или с помощью справочного материала. Калибровка определяет технические характеристики инструмента или системы перед ее использованием, в то время как справочный материал калибрует инструмент или систему во время использования. Калибровка обычно достигается посредством прямого сравнения со стандартами измерения или гарантированными справочными материалами и зарегистрирована свидетельством калибровки для инструмента [1].

Основной инструмент в обеспечении отслеживаемости измерения является или калибровкой измерительного прибора или системой, или с помощью справочного материала. Калибровка определяет технические характеристики инструмента или системы перед ее использованием, в то время как справочный материал калибрует инструмент или систему во время использования. Калибровка обычно достигается посредством прямого сравнения со стандартами измерения или гарантированными справочными материалами и зарегистрирована свидетельством калибровки для инструмента.

Выражение “отслеживаемость к СИ” означает след - способность измеренного количества оценивать единицы Международной системы Единиц. Это значит метрологическую отслеживаемость для дематериализуемой ссылки, потому что

---

<sup>7</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

единицы СИ концептуально основаны на естественных константах, например, скорость света для единицы длины. Так, как уже упомянуто и показано на Рис. 1.1, характеристика измеряемая величина должна быть понята стандартом измерения (Секта. 1.2.4). Если измеренная стоимость количества - признак осуществленного объекта (например, химическое вещество, материальный экземпляр или произведенный продукт), также связанная с объектом способность к следу (видообразование) к осуществленной ссылке (Рис. 1.1) необходима, чтобы характеризовать объект, который имеет метро логически определенная и измеренная стоимость количества.

### **Неуверенность в измерениях**

Неуверенность измерения включает, в целом, много компонентов и может быть определена по-разному. Статистическая оценка Результатов объяснена подробно в Секте. 3.3, и Точность и Неуверенность в Измерении всесторонне de scribed в Секте. 3.4. Основной метод, чтобы определить неуверенность в измерениях является Справочником по выражению неуверенности в измерении (РЕЗИНА), который разделен совместно Совместным комитетом по Гидам в Метрологии (JCGM) членские организации (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP и OIML). Понятие РЕЗИНЫ может быть кратко обрисовано в общих чертах следующим образом.

Стандартная неуверенность  $u(x)$  равна квадрату

Философия неуверенности РЕЗИНЫ.

- Количество измерения  $X$ , чья стоимость не известна точно, рассматривают как стохастическую переменную с функцией вероятности.

- Результатом  $x$  измерения является оценка  $E$  стоимости ожидания ( $X$ ).

- Стандартная неуверенность  $u(x)$  равна квадратному корню оценки различия  $V(X)$ .

- Напечатайте оценку неуверенности. Ожидание и различие оценены статистической обработкой повторных измерений.

- Оценка неуверенности типа B. Ожидание и различие оценены другими методами, чем используемые для типа оценки. Обычно используемый метод должен принять распределение вероятности, например, прямоугольное распределение, основанное на опыте или другой информации.

Метод РЕЗИНЫ, основанный на философии РЕЗИНЫ.

- Определите все важные компоненты неуверенности измерения. Есть много источников, которые могут подставить дань неуверенности измерения. Примените модель фактического процесса измерения, чтобы определить источники. Используйте количества измерения в математической модели.

- Вычислите стандартную неуверенность в каждом компоненте неуверенности измерения. Каждый компонент неуверенности измерения выражен с точки зрения стандартной неуверенности, определенной или от типа A или от оценки типа B.

- Вычислите объединенную неуверенность  $u$  (бюджет уверенности ООН). Объединенная неуверенность вычислена, объединив отдельные компоненты неуверенности согласно закону распространения неуверенности. На практике

- для суммы или различия компонентов, объединенная неуверенность вычислена как квадратный корень суммы брусковой стандартной неуверенности в компонентах;

- для продукта или фактора компонентов, то же самое правило суммы/различия применяется что касается относительной стандартной неуверенности в компонентах.

- Вычислите расширенную неуверенность  $U$  много сложением объединенной неуверенности с фактором освещения  $k$ .

- Государство результат измерения в форме  $X = x \pm U$ .

Методики, чтобы определить неуверенность представлены подробно в Секте.

### **2.1.2 Испытание**

Цель испытания состоит в том, чтобы определить особенности (признаки) данного объекта и выразить их качественными и количественными средствами, включая

соответственно предполагаемую неуверенность, как обрисовано в общих чертах в правой стороне Рис. 1.1. Для методологии испытания метрология поставляет основание для сопоставимости результатов испытаний, например, определяя единицы измерения и связанную неуверенность в результатах измерения. Существенное испытание поддержки инструментов включает справочные материалы, удостоверенные справочные материалы и справочные процедуры<sup>8</sup>.

- Справочный материал (RM): материальное, достаточно однородное и стабильное относительно указанных свойств, которое было установлено, чтобы быть пригодным для его надлежащего использования в измерении или в экспертизе номинальных свойств

- Гарантированный справочный материал (CRM): справочный материал, сопровождаемый документацией, выпущенной авторитетным телом и предоставлением тому или более указанным стоимостям недвижимости со связанной неуверенностью и отслеживаемостями, используя действительную процедуру

- Справочные процедуры: процедуры испытания, измерения или анализа, который, как полностью характеризуемого и доказывают, находился под контролем, предназначенным для

- качественная оценка других процедур задач притчи com, или
- характеристика справочных материалов включая справочные объекты, или
- определение справочных ценностей.

Неуверенность в результатах справочной процедуры должна быть соответственно оценена и подходить для надлежащего использования. Рекомендации/гиды для de завершения неуверенности в различных областях испытания

- для количественных испытательных результатов
- Гид для химии
- Неуверенность измерения в экологических лабораториях
- Неуверенность в калибровке и тестировании.

Методология испытания объединенного с измерением иллюстрируется Рис. 1.3 для определения механических особенностей технического объекта.

Вообще говоря, механические свойства материалов характеризуют ответ материального образца к погрузке. Механическое действие погрузки на материалах в технических заявлениях может в основном быть категоризировано как напряженность, сжатие, изгиб, постричь или скрученность, которая может быть статичной или динамичной. Кроме того, термомеханические эффекты погрузки могут произойти. Испытание механических свойств состоит из измерения механического напряжения погрузки (сила/площадь поперечного сечения =  $F/A$ ) и соответствующий ответ материалов (напряжение, удлинение) и выражение этого как напряжение - кривая напряжения. Его режимы и точки данных характеризуют механическое поведение материалов.

Рассмотрите, например, эластичность, которая является важной особенностью всех компонентов спроектированных структур. Упругий модуль (E) описывает отношение между напряжением (a) наложенный на материал и напряжением (e) ответ материала, или наоборот. Стимул принимает форму прикладного груза, и измеренный эффект - протекающее смещение. Отслеживаемость напряжения установлена с помощью калиброванной клетки груза и измерив площадь поперечного сечения экземпляра с калиброванным микрометром, тогда как отслеживаемость напряжения установлена, измерив изменение в продолжительность первоначально измеренной длины датчика, обычно с калиброванным датчиком напряжения. Это, однако, не достаточно, чтобы гарантировать повторимые результаты, если справочная процедура испытания, например, стандартизированный растяжимый тест, не используется на тождественно подготовленных экземплярах, поддержанных справочным материалом.

---

<sup>8</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

Рисунок 1.3 иллюстрирует метрологические и технологические аспекты.

Метрологическим образом измеряемые стоимости силы - сила ( $F$ ), область ( $A$ ), и измерение длины ( $l$ ) технического объекта, всех при справочной температуре ( $T$ ).

Технологически и касающиеся испытание, механические особенности, выраженные в кривой напряжения напряжения, зависит от, по крайней мере, следующих групп влияния на параметры, чтобы быть поддержанным соответствующими ссылками.

- Химическая и физическая природа объекта: химический состав, микроструктура и имущественные отношения структуры, такие как кристаллографические эффекты памяти формы; например, ценности силы металлов значительно под влиянием легирующих элементов, размер зерна (прекрасное/грубое), укрепляющее работу лечение, и т.д.

- Механическое действие погрузки и зависимость от амплитуды деформации: напряженность, сжатие, изгиб, стрижет, и скрученность; например, предел прочности отличается от прочности на срез для данного материала.

- Временная зависимость сил способа погрузки (статичный, динамичный, воздействие, стохастическое) и отклонения от простой линейно-упругой деформации (anelastic, вязкоупругое или микровязкопластичное de формирование). Обычно динамическая сила материала отличается от его статической силы [1].

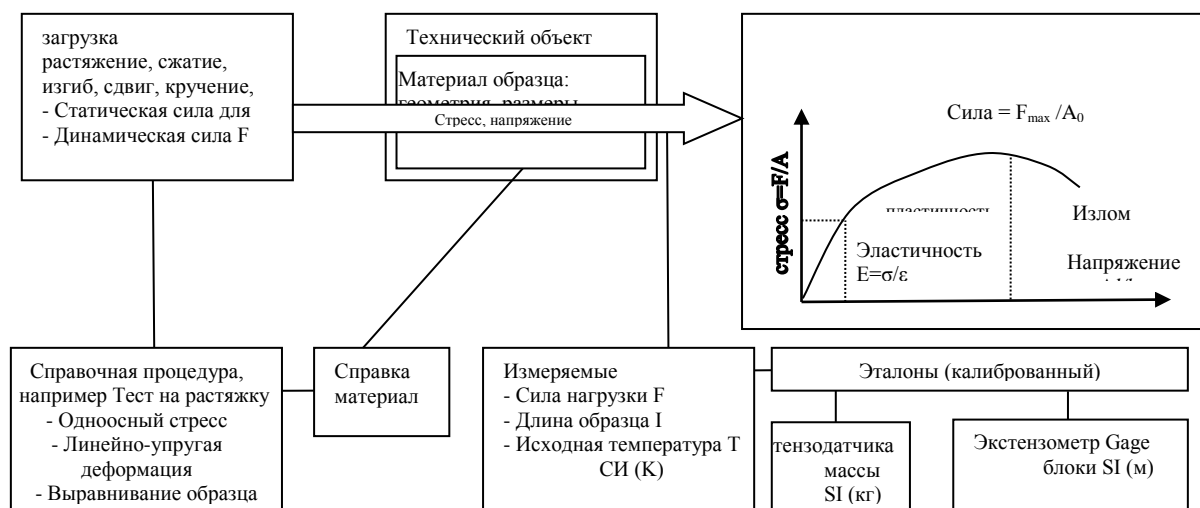


Рис. 1.3 комбинация измерения и проверяющий, чтобы определить механические особенности технического объекта

Объединенные методологии измерения и испытания, их операционные параметры и требования отслеживаемости иллюстрированы в высоко упрощена схема кольцом подтвер- симость показано на Рис.1.4.



Кольцо уверенности рис. 1.4 для материальной собственности объединило измерение, и проверяющий - отмечают, что отдельные требования отслеживаемости относятся к прикладному стимулу (груз), ответ (смещение) и существенная характеристика (размер зерна, пористость)

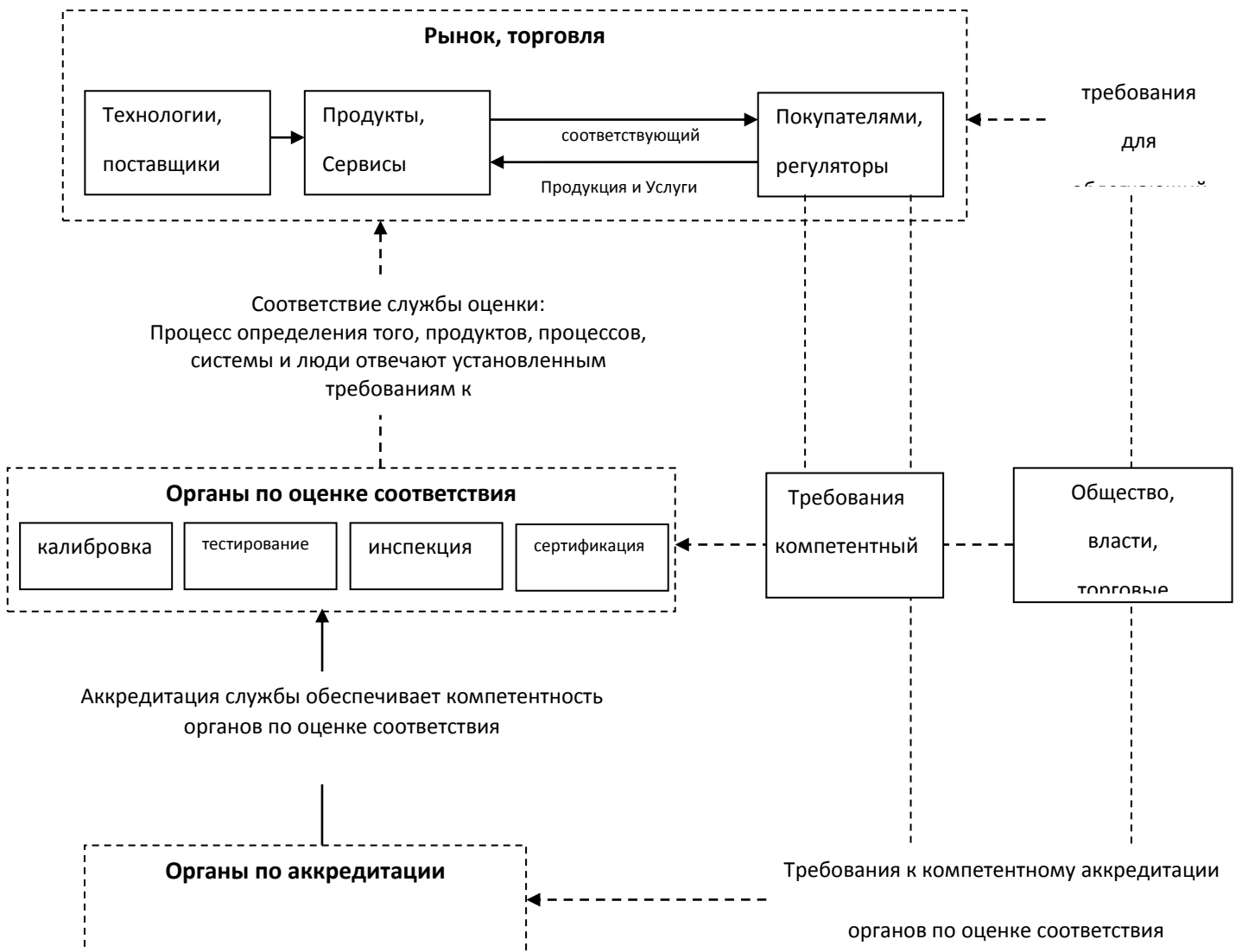




Рис. 1.5. Взаимосвязи между рынком, торговлей, оценкой соответствия и аккредитацией

confidencering иллюстрирует, что, в измерении и тестировании, вообще важно установить надежную отслеживаемость для прикладного стимула и получающегося измеренного эффекта, а также для измерений любых других количеств, которые могут influence результат final.

Результат final может также быть затронут процедурой измерения температурой, и государством образца. Важно понять, что изменение в измеренных результатах часто будет reflect материальная неоднородность, а также неуверенность, связанная с изменчивостью оператора или методом испытаний. Вся неуверенность должна быть принята во внимание в бюджете неуверенности<sup>9</sup>.

## 2.2. Оценка соответствия и аккредитация

На сегодняшнем мировом рынке и мировой торговле там увеличенная потребность в оценке соответствия, чтобы гарантировать, чтобы продукты и оборудование встретили specifications. Основание для оценки соответствия - измерения вместе с методами калибровки, испытания, контроля и certification. Цель оценки соответствия состоит в том, чтобы предоставить пользователю, покупателю или регулятору с необходимой уверенностью, что продукт, обслуживание, процесс, система или человек отвечают соответствующим требованиям. Международные стандарты, важные для услуг по оценке соответствия, обеспечены Комитетом ISO по Оценке соответствия (CASCO). Инструменты оценки соответствия перечислены в Таблице 1.1, где их использование первыми сторонами (поставщики), вторые стороны (клиенты, регуляторы, торговые организации), и третьи лица (тела, независимые и от поставщиков и от клиентов), обозначено.

Стандарты таблицы 1.1 инструментов оценки соответствия

<i>Tools for conformity assessment</i>	<i>First party Supplier, user</i>	<i>Second party Customers, trade associations, regulators</i>	<i>Third party Bodies independent from 1st and 2nd parties</i>	<i>ISO standards</i>
Supplier's declaration	X			ISO/IEC 17050
Calibration, testing	X	X	X	ISO/IEC 17025
Inspection	X	X	X	ISO/IEC 17020
Certification			X	ISO 17021 ISO Guide 65

Наряду с растущим использованием этих инструментов оценки соответствия есть запрос о гарантии компетентности органов по оценке соответствия (ТАКСИ). Все более и более прикладной и признанный инструмент для этой гарантии - аккредитация ТАКСИ.

Основной международный форум в мире для развития лабораторных методов аккредитации и процедур - Международное Лабораторное Сотрудничество Аккредитации (ILAC, <http://www.ilac.org/>). Это продвигает лабораторную аккредитацию как инструмент

<sup>9</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

содействия торговле вместе с признанием компетентных средств для калибровки и испытания во всем мире. ILAC начался как конференция в 1977 и стал для *mutual recognition arrangement* в 1996. В 2000 36 участников ILAC подписали *Mutual Recognition Arrangement (MRA)* ILAC, и к 2008 (ТАКСИ). Все более и более прикладной и признанный инструмент для этой гарантии - аккредитация ТАКСИ.

Основной международный форум в мире для развития лабораторных методов аккредитации и процедур - Международное Лабораторное Сотрудничество Аккредитации (ILAC, <http://www.ilac.org/>). Это продвигает лабораторную аккредитацию как инструмент содействия торговле вместе с признанием компетентных средств для калибровки и испытания во всем мире. ILAC начался как конференция в 1977 и стал формальным сотрудничеством в 1996. В 2000 36 участников ILAC подписали *Mutual Recognition Arrangement (MRA)* ILAC, и к 2008 число членов ILAC MRA поднялось до 60. Посредством оценки участвующих тел аккредитации международное принятие данных испытаний и устранение технических барьеров для торговли увеличены, как рекомендуется и в поддержку Всемирной торговой организации (ВТО) Технические Барьеры для Торгового соглашения. Обзор взаимосвязей между рынком, торговлей, оценкой соответствия и аккредитацией показывают на Рис. 1.5.

## **2.2 Обзор метрологии**

Рассмотрев методологии измерения и испытания, короткий общий обзор метрологии дан, основан на Метрологии - в коротком, брошюра, изданная EURAMET, чтобы установить общее метрологическая система взглядов [1].

### **2.2.1 Соглашение метра**

В середине 19-го века потребность во всемирной десятичной метрической системе стала очень очевидной, особенно во время первых универсальных промышленных выставок. В 1875 дипломатическая конференция по метру имела место в Париже, в котором 17 правительств подписали дипломатическое соглашение Соглашение Метра. Подписавшиеся решили создать и финансировать постоянный научный институт: *Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)*. Соглашение Метра, немного измененное в 1921, остается основанием всего международного соглашения по единицам измерения. Рисунок 1.6 предоставляет краткий обзор Организации Соглашения Метра (детали описаны в Парне. 2).

### **2.2.2 Категории метрологии**

Метрология покрывает три главных области действий.

1. Определение на международном уровне принятых единиц измерения
2. Реализация единиц измерения научными методами
3. Учреждение цепей отслеживаемости удерживает горную промышленность и документирование стоимости и точности измерения и распространения того знания

Метрология разделена на три категории с разными уровнями сложности и точности (для получения дополнительной информации посмотрите Парней. 2 и 3).

#### **Научная метрология**

Научная метрология имеет дело с организацией и разработкой стандартов измерения и их обслуживанием. У фундаментальной метрологии нет международного определения, но она обычно показывает высший уровень точности в данной области. Фундаментальная метрология может поэтому быть описана как отрасль верхнего уровня научной метрологии<sup>10</sup>.

Научная метрология категоризирована BIPM в девять технических предметных областей с различными отделениями. Метрологические возможности калибровки и

---

<sup>10</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

измерения (CMCs) национальной метрологии устанавливаются (НИМ), и определяемые институты (СКИДКА) являются со, заваленным вместе ключевыми сравнениями в ключевой базе данных сравнения BIPM (KCDB, <http://kcdb.bipm.org/>). Все CMCs подверглись процессу оценки пэра экспертами NMI под наблюдением региональных организаций метрологии (RMOs). Таблица 1.2 показывает научные области метрологии и их отделения вместе с числом зарегистрированных возможностей калибровки и измерения (CMCs) NMIs в 2010.

### **Промышленная метрология**

Промышленная метрология должна гарантировать соответствующее функционирование инструментов измерения, используемых в промышленном производстве и в процессах испытания. Систематическое измерение с известными степенями неуверенности - один из фондов промышленного контроля качества. Вообще говоря, в большинстве современных отраслей промышленности затраты, перевязанные в проведении измерений, составляют 10-15% производственных затрат.

Однако хорошие измерения могут значительно в складке стоимость, эффективность и качество продукта. Таким образом метрологические действия, включая калибровку, испытание, и измерения, являются ценными входами, чтобы гарантировать качество большинства производственных процессов, и качество жизни связало действия и процессы. Это включает потребность продемонстрировать отслеживаемость международным стандартам, которая становится столь же важной как само измерение. Признание метрологической компетентности на каждом уровне цепи отслеживаемости может быть установлено через соглашения или договоренности взаимного признания, а также через аккредитацию и экспертную оценку.

### **Юридическая метрология**

Юридическая метрология произошла из потребности гарантировать честную торговлю, определенно в области весов и мер. Главная цель юридической метрологии состоит в том, чтобы уверить граждан правильных результатов измерения, когда используется в официальных и коммерческих сделках. Инструменты, которыми по закону управляют, должны гарантировать правильные результаты измерения в течение целого периода использования под условиями труда, в пределах данных допустимых ошибок.

Области Метрологии таблицы 1.2 и их отделения, вместе с числами метрологических возможностей калибровки и измерения (CMCs) национальной метрологии устанавливает и определяемые институты BIPM KCDB по состоянию на 2010

<b>область метрологии</b>	<b>Филиал</b>	<b>КМЦ</b>
Акустика, ультразвук, вибрация	Звук в воздухе; звук в воде; вибрация	955
Электричество и магнетизм	Постоянного напряжения, тока и сопротивления; импеданс до диапазона мегагерц; Напряжение переменного тока, тока и мощности; высокого напряжения и тока; другие измерения постоянного тока и низкочастотные; электрических и магнитных полей; измерения радиочастотные	6586
длина	Лазерная; мерная метрология	1164
Масса и связанные с	Масс -	2609

ней величины	спектр; плотность; давление; сила; крутящий момент, вязкость, твердость и сила тяжести; поток жидкости	
Фотометрия и радиометрия	Фотометрия; свойства детекторов и источников; спектральные свойства; цвет; волоконная оптика	1044
Количество вещества	Список 16 количество-оф-вещества категорий	4558
Ионизирующего излучения	дозиметрии; радиоактивность; нейтронные измерения	3983
Термометрия	Температура; влажность; теплофизические величины	1393
Время и частота	Разница шкалы времени; частота; временной интервал	586

Например, в Европе, маркетинг и использование следующих измерительных приборов отрегулированы директивой измерительных приборов Европейского союза (EU) (СЕРЕДИНА 2004/22/ЕС)

1. Водные метры
2. Газовые счетчики
3. Метры электроэнергии и формирователи сделки измерения
4. Тепловые метры
5. Измерение систем для жидкостей кроме воды
6. Взвешивание инструментов
7. Таксометры
8. Материальные меры
9. Размерные системы измерения
10. Выхлопной газ анализаторы

У государств-членов Европейского союза есть выбор решить, какой из инструмента печатает, они хотят отрегулировать<sup>11</sup>.

Международная организация Юридической Метрологии (OIML) является межправительственной организацией соглашения, основанной в 1955 на основе соглашения, которое было modified в 1968. В 2010 году OIML был составлен из 57 государств-членов и еще 58 (соответствующих) государств-членов, которые присоединились к OIML (<http://www.oiml.org/>) как наблюдатели. Цель OIML состоит в том, чтобы продвинуть глобальную гармонизацию юридических процедур метрологии. OIML развивал международную техническую структуру, которая предоставляет ее участникам метрологические рекомендации для разработки национальных и региональных требований относительно изготовления и использования измерительных приборов для юридических приложений метрологии.

### 2.3. Метрологические единицы

Идея позади метрической системы – система единиц, основанных на метре и килограмме – возникла во время Французской революции, когда два платиновых справочных стандарта артефакта для метра и килограмма были построены и

<sup>11</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

депонированы во французском Национальном архиве в Париже в 1799 – позже, чтобы быть известными как Метр Архивов и Килограмм Архивов.

Французская Академия Науки была уполномочена Национальным собранием проектировать новую систему единиц для использования во всем мире, и в 1946 система MKSA (метр, килограмм, во-вторых, ампер) была принята странами Соглашения Метра. MKSA был расширен в 1954, чтобы включать kelvin и канделу. Система тогда взяла имя Международная система Единиц (Le System International d'Unites, СИ). Система СИ была установлена в 1960 11-й Генеральной конференцией по Весам и Мерам (CGPM): Международная система Единиц (СИ) является последовательной системой единиц, принятых и рекомендуемых CGPM.

В 14-м CGPM в 1971 СИ была снова расширена добавлением родинки как основная единица для количества вещества. Система СИ теперь состоит из семи основных единиц, которые вместе с полученными единицами составляют последовательную систему единиц, как показано в Таблице 1.3.

Таблица 1.3.

основные единицы СИ

Количество	Базовый блок	Символ	Определение
длина	метр	m	Измеритель является длина пути , проходимого светом в вакууме $\nu$ течение интервала времени от $1/299\,792\,458$ секунды
масса	Килограмм	kg	Килограммовая равна массе международного прототипа килограмма
Время	второй	s	Во – вторых, продолжительность $9\,192\,631\,770$ периодов излучения , соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Электрический ток	Ампер	A	Ампер , что постоянный ток , который, если <i>он будет</i> сохранен в двух прямых параллельных проводников бесконечной длины, пренебрежимо малого кругового сечения, и помещают <i>на</i> один метр друг <i>от</i> друга в вакууме, будет между этими проводниками силу , равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютонах на метр длины
температура	кельвин	K	Кельвина фракция $1 / 273,16$ термодинамической температуры тройной точки воды
Количество вещества	Моль	mol	Моль это количество вещества системы , которая содержит столько <i>же</i> структурных элементов, сколько атомов в $0,012$ кг углерода-12. Когда родинка используется, элементарные сущности должны быть определены и могут быть атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы, или указанные группы таких частиц

Интенсивность света	Кандела	cd	Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540 Гц и $\times 10^{12}$ имеет интенсивность излучения в этом направлении 1/683 Вт настерадиан
---------------------	---------	----	---

Примеры таблицы 1.4 производных единиц СИ выражены в основных единицах СИ

<i>Производная величина</i>	<i>Производные единицы СИ специальное название</i>	<i>Символ</i>	<i>В системе единиц СИ</i>	<i>В базовых единицах СИ</i>
сила	Ньютон	N		$\text{mkg s}^{-2}$
Давление, стресс	паскаль	Pa	$\text{N/m}^2$	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
Энергия, работа, количество тепла	Джоуль	J	Nm	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Мощность	Ватт	W	$I/s$	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
Электрический заряд	Кулон	C		$\text{s A}$
Электродвижущая сила	вольт	V		$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
Электрическая емкость	фарада	F	$c/v$	$\text{IT}^2 \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
Электрическое сопротивление	ом	$\rho$	$V/A$	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-2}$
электропроводность	Сименс	S	$A/V$	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{A}^2$

Производные единицы СИ получены из основных единиц СИ в соответствии с физической связью между количествами. Некоторые полученные единицы, с примерами от машиностроения и электротехники, собраны в Таблице 1.4.

#### 2.2.4 Стандарты измерения

Во вступительном объяснении методологии измерения указали на два существенных аспекта.

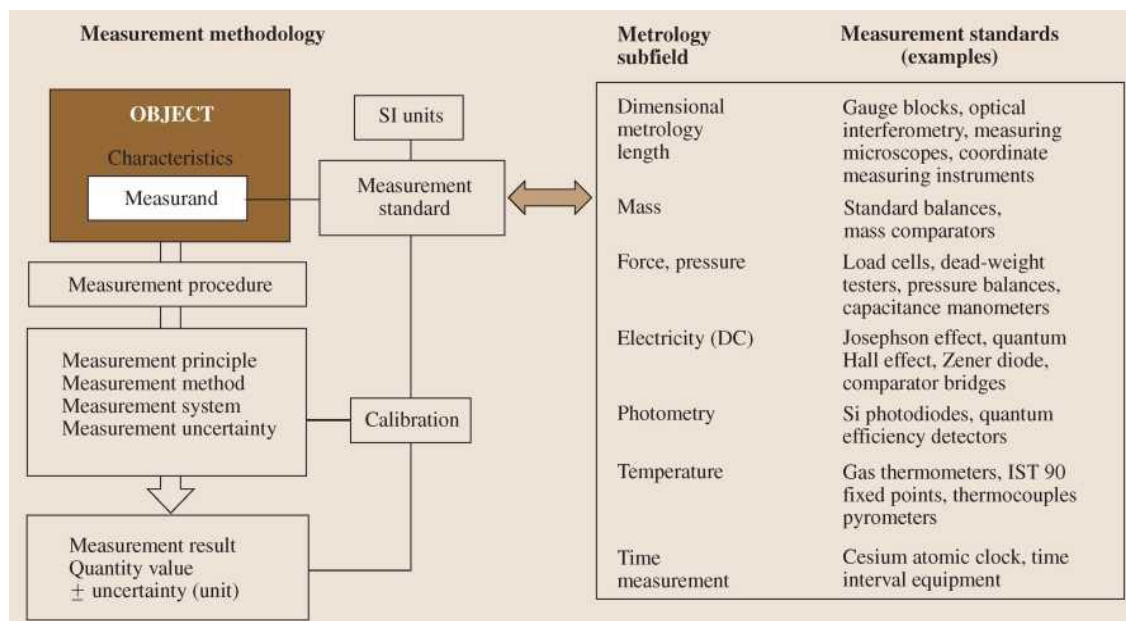
1. Когда измеряемая величина определен, он должен быть связан со стандартом измерения.

Стандарт измерения или etalon, является реализацией определения данного количества, с установленной стоимостью количества и связанной неуверенностью измерения, используемой в качестве ссылки. Реализация может быть обеспечена материальной мерой, измерительным прибором, справочным материалом или имеющей размеры системой.

Типичные стандарты измерения для подполей метрологии показывают на Рис. 1.7 в связи со схемой методологии измерения (левая сторона Рис. 1.1). Рассмотрите, например, размерную метрологию. Метр определен как длина пути, поехавшего при свете в вакууме во время временного интервала  $1 / 299\,792\,458$  из секунды. Метр понят на основном уровне (единицы СИ) с точки зрения длины волны от стабилизированного йодом неоновом гелием лазера. На подуровнях используются материальные меры, такие как

блоки датчика, и отслеживаемость обеспечена при помощи оптической интерферометрии, чтобы определить длину блоков датчика в отношении вышеупомянутой лазерной легкой длины волны [1].

Национальный стандарт измерения, как признает государственная власть, служит в государстве или экономике, поскольку основание для назначения количества оценивает другим стандартам измерения для вида затронутого количества. Международный стандарт измерения признан подписавшимися международному соглашению и предназначен, чтобы служить во всем мире, например, международный прототип килограмма<sup>13</sup>.



Стандарты Измерения рис. 1.7 как неотъемлемая часть методологии измерения

### 2.3. Основные принципы характеристики материалов

У методов характеристики материалов есть широкий объем и воздействие для науки, технологии, экономики и общества, поскольку материалы включают все натуральные и синтетические вещества и составляют физический вопрос спроектированных и произведенных продуктов.

Для материалов есть всесторонний спектр материалов измеряемая величина. Это происходит из-за широкого спектра металлических, неорганических, органических, и композиционных материалов, их различной химической и физической природы и разнообразных признаков, которые связаны с материалами относительно состава, микроструктуры, масштаба, synthe сестра, физические и электрические свойства и заявления. Некоторые из этих признаков могут быть выражены в метро логический смысл как числа, такие как плотность; некоторые Булевы, такие как способность, которая будет переработана или нет; некоторые, такие как сопротивление коррозии, могут быть выражены как ранжирование (бедный, соответствующий, хороший, например); и некоторые могут только быть захвачены в тексте и изображениях. Как назад основание для методов характеристики материалов, которые рассматривают в частях B, C, D руководства, а именно,

- Химический и микроструктурный анализ
- Имущественное измерение материалов

<sup>13</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

- Работа материалов, проверяющая существенные особенности материалов, обрисована в общих чертах в следующих секциях.

### 2.3.1 Природа материалов

Материалы могут быть естественные (биологический) в происхождении или искусственно обработанный и произведенный. Согласно их химической природе, они широко сгруппированы традиционно в неорганические и органические материалы [1].

Физическая структура материалов может быть прозрачной или аморфной, а также смеси обеих структур. Соединения - комбинации материалов, собранных вместе, чтобы получить свойства, выше тех из их единственных элементов. Соединения (С) классифицированы согласно природе их матрицы: металл (ММ), керамический (СМ) или полимер (пополудни) матричные соединения, часто определяемые как MMCs, CMCs и PMCс, соответственно. Рисунок 1.8 иллюстрирует, с характерными примерами, спектром материалов между категориями, естественными, синтетическими, неорганическими, и органическими.

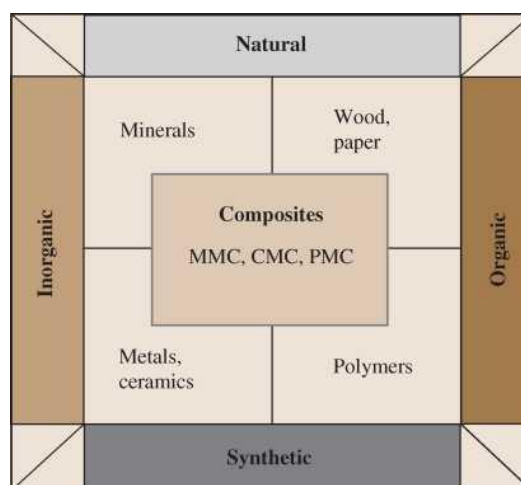


Рис. 1.8 Classification материалов

От представления о материаловедении столь же упомянуты ниже фундаментальные особенности твердого материала.

- Атомный характер материала: атомные элементы Периодической таблицы, которые составляют химическое положение материала

- Атомное соединение материала: тип связанных электронных взаимодействий между атомами (или молекулы) в материале, опытным путем категоризированном в следующие основные классы.

Ионические облигации формируются между химическими элементами с совсем другой электронной отрицательностью (тенденция получить электроны), приводя к передаче электрона и формированию анионов и катионов. Соединение происходит через электростатические силы между ионами.

- Ковалентные связи формируются между элементами, которые свободно привлекли к ионным ядрам. Металл считается рядом положительно заряженных ионов, включенных в море электронов.

- vander облигации Waals происходят из-за различных внутренних электронных полярностей между смежными атомами или молекулами, приводя к слабым (вторичным) электростатическим дипольным силам сцепления.

- Пространственное строение атома материала: аморфное или прозрачное расположение атомов (или молекулы) следующий из сил сцепления или малой дальности дальнего действия. В прозрачных структурах это характеризуется элементарными ячейками, которые являются фундаментальными стандартными блоками или модулями, повторяемыми много раз в космосе в пределах кристалла.



- Зерно: кристаллиты, составленные из идентичных элементарных ячеек, повторились в космосе, отделенном границами зерна.
- Фазы: гомогенные скопления вопроса относительно химического состава и однородной кристаллической структуры; зерно, составленное из тех же самых элементарных ячеек, является той же самой фазой.
- Дефекты решетки: отклонения от идеальной кристаллической структуры.
  - Пункт дезертирует или недостающие атомы: вакансии, промежуточные или атомы, которыми заменяют,
  - Дефекты линии или ряды недостающих атомов: дислокации
  - Дефекты области: границы зерна, границы фазы и близнецы
  - Дефекты объема: впадины, ускоряет.
- Микроструктура: микроскопическая коллекция зерна, фаз и дефектов решетки.

В дополнение к особенностям навалочных грузов также нужно рассмотреть поверхностные и интерфейсные явления<sup>14</sup>.

На Рис. 1.9 обзор микроструктурных особенностей металлических материалов изображен схематично. Методы и технологии для характеристики nanoscopic архитектуры и микроструктуры представлены в Парне. 5.

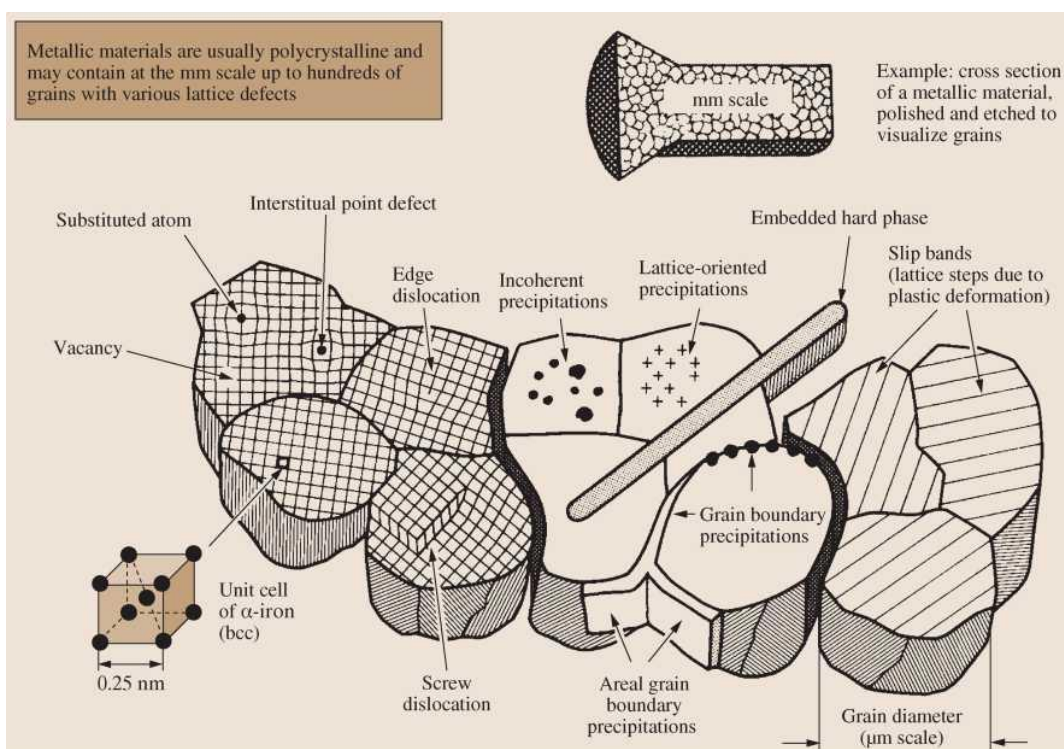


Рис. 1.9 Схематический обзор микроструктурных особенностей металлических материалов и сплавов

## 2.4. Типы материалов

Считалось, что есть между 40000 и 80 000 материалов, которые используются или могут использоваться в сегодняшней технологии. Рисунок 1.10 перечисляет главные обычные семьи материалов вместе с примерами классов, участников и признаков. Для примеров признаков перечислены необходимые методы характеристики.

<sup>14</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

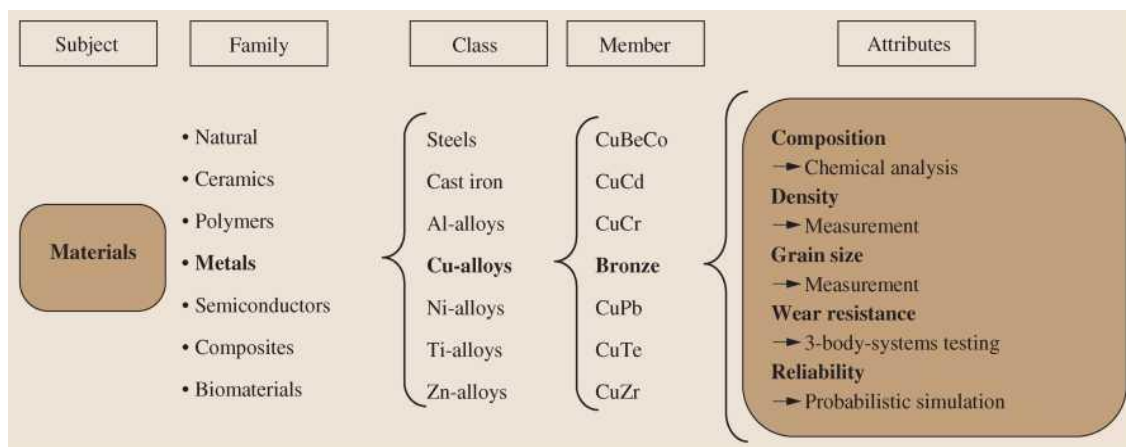


Рис. 1.10. Иерархия материалов и примеры признаков и необходимых методов характеристики

### Металлические материалы и сплавы

В металлах зерно - строительные блоки и скрепляется электронным газом. Свободные электроны валентности электронного газа составляют высокую электрическую и теплопроводность, а также для оптического блеска металлов. Металлическое соединение, рассмотренное как взаимодействие между полными атомными ядрами и электронным газом, не значительно под влиянием смещения атомов, которое является причиной хорошей податливости и formability металлов. Металлы и металлические сплавы - самая важная группа так называемых структурных материалов, характерные особенности которых для технических заявлений - свои механические свойства, например, сила и крутизна [1].

### Полупроводники

У полупроводников есть промежуточное положение между металлами и неорганическими неметаллическими материалами. Их самые важные представители - кремний элементов и германий, обладая ковалентным соединением и алмазной структурой; они также подобны в структуре III-V com фундаментам, таким как арсенид галлия (GaAs). Будучи электрическими непроводниками при температуре абсолютного нуля, полупроводники могут быть сделаны проводящими через тепловой энергетический вход или атомный допинг, который приводит к созданию свободных электронов, способствующих электрической проводимости. Полупроводники - важные функциональные материалы для электронных компонентов и заявлений.

### Неорганические неметаллические материалы или керамика

Атомы этих материалов скрепляются ковалентным и ионным соединением. Поскольку ковалентная и ионная энергия связи намного выше, чем те из металлических связей, неорганических неметаллических материалов, такова как керамика, имеет высокую твердость и высоко тающие температуры. Эти материалы в основном хрупкие и не податливые: В отличие от металлической модели связи, смещение атомных размеров теоретически разрывает локализованные ковалентные связи или преобразовывает достопримечательности катиона аниона в отвращения катиона катиона или анион аниона. Из-за отсутствия свободных электронов валентности неорганические неметаллические материалы - бедные проводники электричества и высокой температуры; это квалифицирует их как хорошие изоляторы в технических заявлениях.

### Органические материалы или полимеры и смеси

Органические материалы, технологически самые важные представители которых - полимеры, состоят из макро-молекул, содержащих углерод (C) ковалентно соединенный собой и элементами низкого атомного числа (например, H, N, O, S). Близкие механические смеси нескольких полимеров называют смесями. В thermoplas материалах тика молекулярные цепи имеют длинные линейные структуры и скрепляются (слабым) межмолекулярный (Ван-дер-Ваальс) связи, приводя к низким плавящимся температурам.

В термоурегулировании материалов цепи связаны в сетевой структуре и поэтому не тают. Аморфные структуры полимера (например, полистирол) прозрачны, тогда как прозрачные полимеры прозрачные к непрозрачному. Низкая плотность полимеров дает им хорошее отношение силы к весу и делает их конкурентоспособными по отношению к металлам в структурных технических заявлениях<sup>15</sup>.

### **Соединения**

Вообще говоря, соединения - гибридные создания, сделанные из двух или больше материалов, которые поддерживают их тождества, когда объединено. Материалы выбраны так, чтобы свойства одного элемента увеличили несовершенные свойства другого. Обычно, данная собственность соединения находится между ценностями для каждого элемента, но не всегда. Иногда, собственность соединения ясно превосходит те из любого из элементов. Потенциал для таких совместных действий - одна причина интереса к соединениям для высокоэффективных заявлений. Однако, потому что производство соединений включает много шагов и трудоемкое, соединения могут быть слишком дорогими, чтобы конкурировать с металлами и полимерами, даже если их свойства выше. В применениях высокой технологии продвинутых соединений это должно также быть принято во внимание, что их обычно трудно переработать.

### **Естественные материалы**

Естественные материалы, используемые в технических заявлениях, классифицированы в естественные материалы минерального происхождения, например, мрамор, гранит, песчаник, слюда, сапфир, рубин, или алмаз и те из органического происхождения, например, древесина, Каучук или натуральные волокна, такие как хлопок и шерсть. Свойства естественных материалов минерального происхождения, поскольку исключая вполне достаточной, высокой твердостью и хорошей химической длительностью, определены сильными ковалентными и ионными связями между их атомными или молекулярными элементами и стабильными кристаллическими структурами. Естественные материалы органического происхождения часто обладают сложными структурами с направлено зависимыми свойствами. Выгодные аспекты естественных материалов - непринужденность переработки и устойчивости.

### **Биоматериалы**

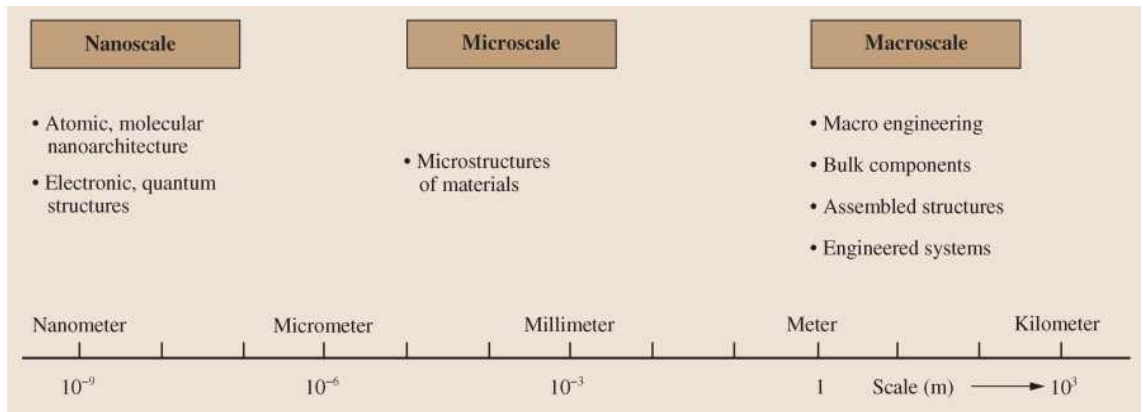
Биоматериалы могут быть широко определены как класс материалов, подходящих для биомедицинских заявлений. Они могут быть искусственно получены из небологических или даже неорганических материалов, или они могут произойти в живых тканях. Продукты, которые включают биоматериалы, чрезвычайно различны и включают искусственные органы; биохимические датчики; доступные материалы и предметы потребления; системы доставки лекарственных средств; зубная, пластическая хирургия, ухо и ophthalmological устройства; ортопедические замены; пособия лечения раны; и упаковочные материалы для биомедицинского и гигиенического использования. Когда применение био материалов, понимание взаимодействий между синтетическими основаниями и биологическими тканями имеют первостепенное значение, чтобы ответить клиническим требованиям [1].

### **2.3.3 Масштаб материалов**

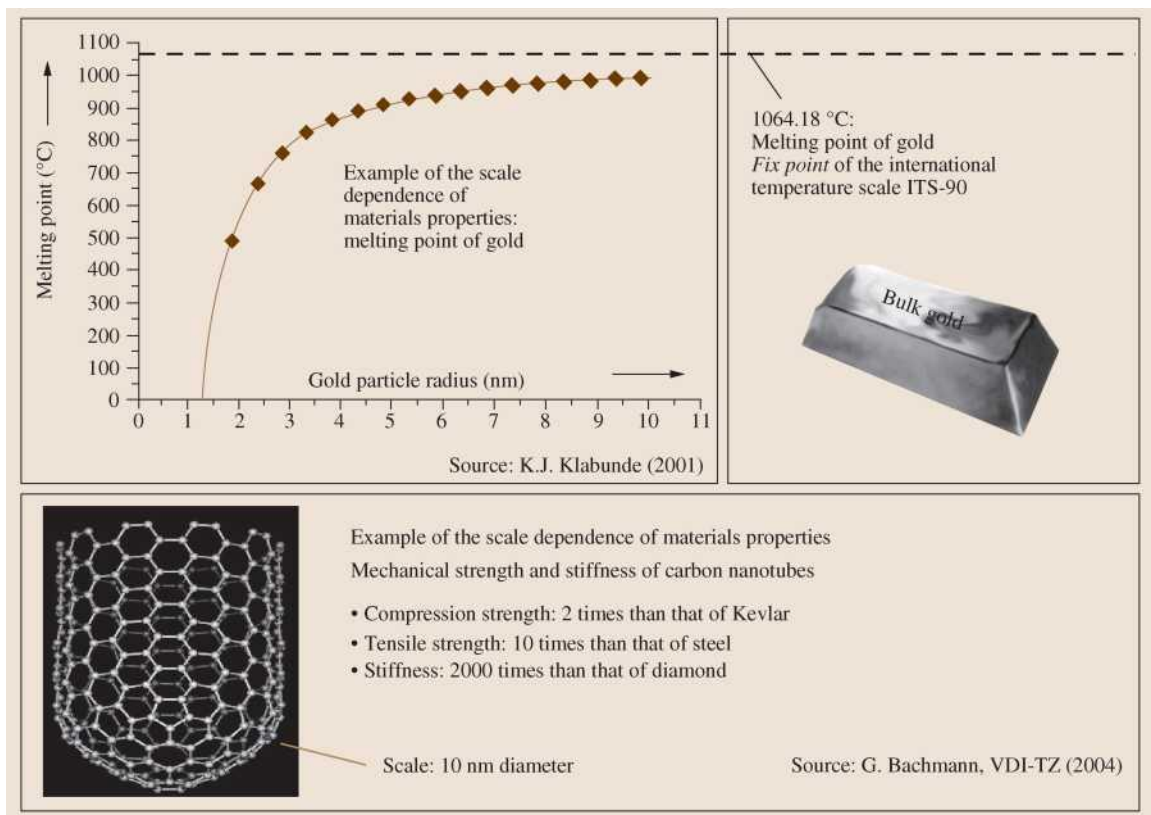
Геометрическая шкала расстояний материалов покрывает больше чем 12 порядков величины. Диапазоны шкал от nanoscopic архитектуры материалов до структур длиной в километр мостов для общественного транспорта, трубопроводов и платформ бурения нефтяных скважин для поставки энергии обществу. Рисунок 1.11 иллюстрирует размерные веса, важные для значительно влияния свойства материалов, как иллюстрируется Рис. 1.12 для тепловых и механических свойств. Таким образом масштабные эффекты нужно придирчиво рассмотреть в метрологии материалов и тестировании.

---

<sup>15</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)



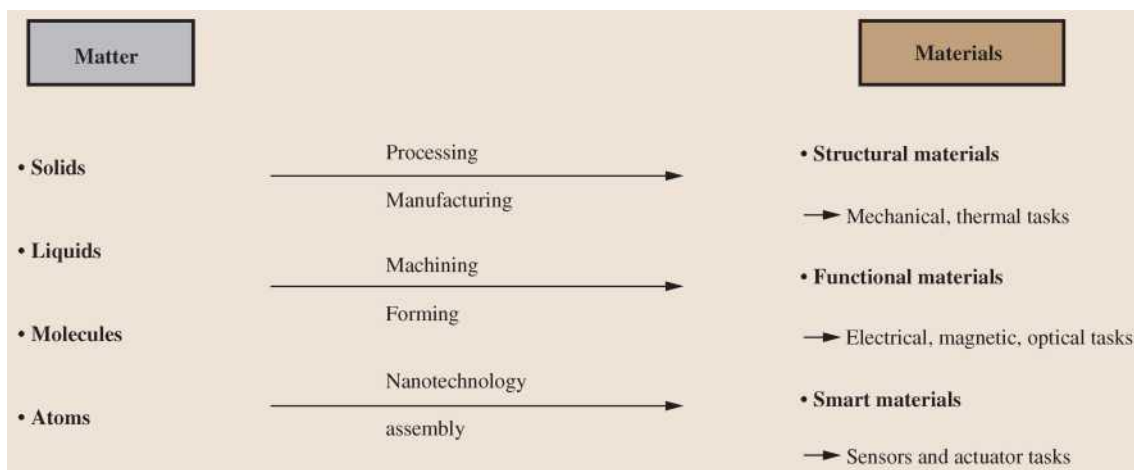
Масштаб рис. 1.11 материальных размеров, которые будут признаны в метрологии материалов и тестировании



Примеры рис. 1.12 влияния масштабных эффектов на тепловых и механических свойствах материалов

### 2.3.4 Свойства материалов

Материалы и их особенности следуют из обработки вопроса. Их свойства - ответ на внешнюю погрузку в их применении. Для каждого применения материалы должны быть спроектированы, обработаны, произведены, механическая обработка, формируясь или собранные нанотехнологий, чтобы создать структурные, функциональные или умные материалы для различных технических задач (Рис. 1.13).



Материалы рис. 1.13 и их особенности следуют из обработки вопроса

Свойства материалов, которые имеют фундаментальное значение для их технических заявлений, могут быть категоризованы в три основных группы.

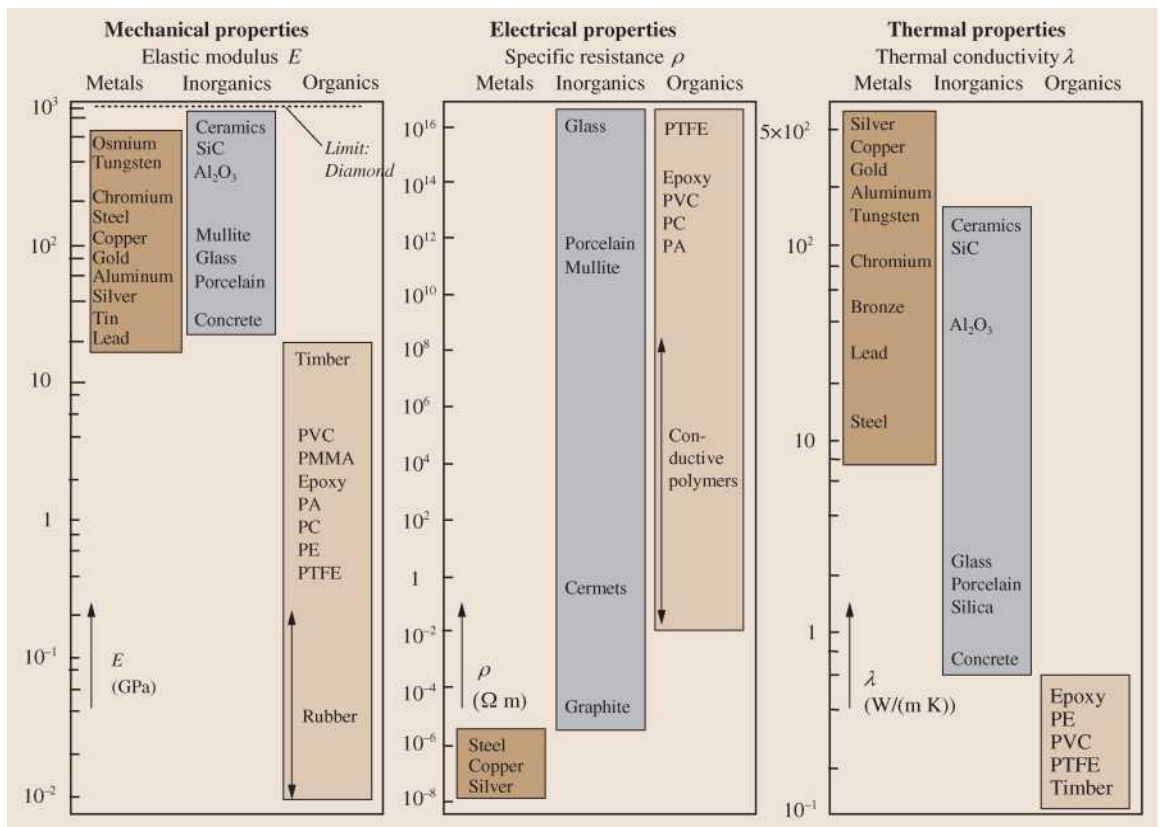
1. У структурных материалов есть определенные механические или тепловые свойства для механических или тепловых задач в технических структурах.

2. У функциональных материалов есть определенные электромагнитные или оптические свойства для электрических, магнитных или оптических задач в технических функциях.

3. Умные материалы - спроектированные материалы с внутренними или вложенными функциями датчика и привода головок, которые в состоянии приспособить материалы в ответ на внешнюю погрузку, с целью оптимизации существенного поведения согласно данным требованиям для работы материалов<sup>16</sup>.

Численные значения для различных свойств материалов могут измениться по нескольким порядкам величины для различных материальных типов. Обзор широких числовых спектров некоторых механические, электрические, и тепловые свойства металлов, inorganics, и органика показывают на Рис. 1.14.

<sup>16</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)



Обзор рис. 1.14 механических, электрических, и тепловых свойств материалов для основных типов материалов (металлический, неорганический, или органический)

Нужно подчеркнуть, что числовое ранжирование материалов на Рис. 1.14 основано на грубых, средних значениях только. Точные данные свойств материалов требуют спецификации различных факторов влияния, описанных выше, и символически выразили как

Имущественные данные о материалах = f (масштаб микроструктуры состава, внешняя погрузка...).

### 2.3.5 Исполнение материалов

Для применения материалов как элементы спроектированных продуктов технические характеристики, такие как качество, надежность и безопасность имеют особое значение. Это добавляет исполнительный контроль и существенный анализ отказов к задачам прикладного измерения материалов, испытания и оценки. Поскольку все материалы взаимодействуют со своей средой, материалами - взаимодействия окружающей среды и вредные влияния на целостность материалов нужно также рассмотреть. Обзор разнообразных аспектов, которые будут признаны в характеристике работы материалов, предоставлен в Рис 1.15.

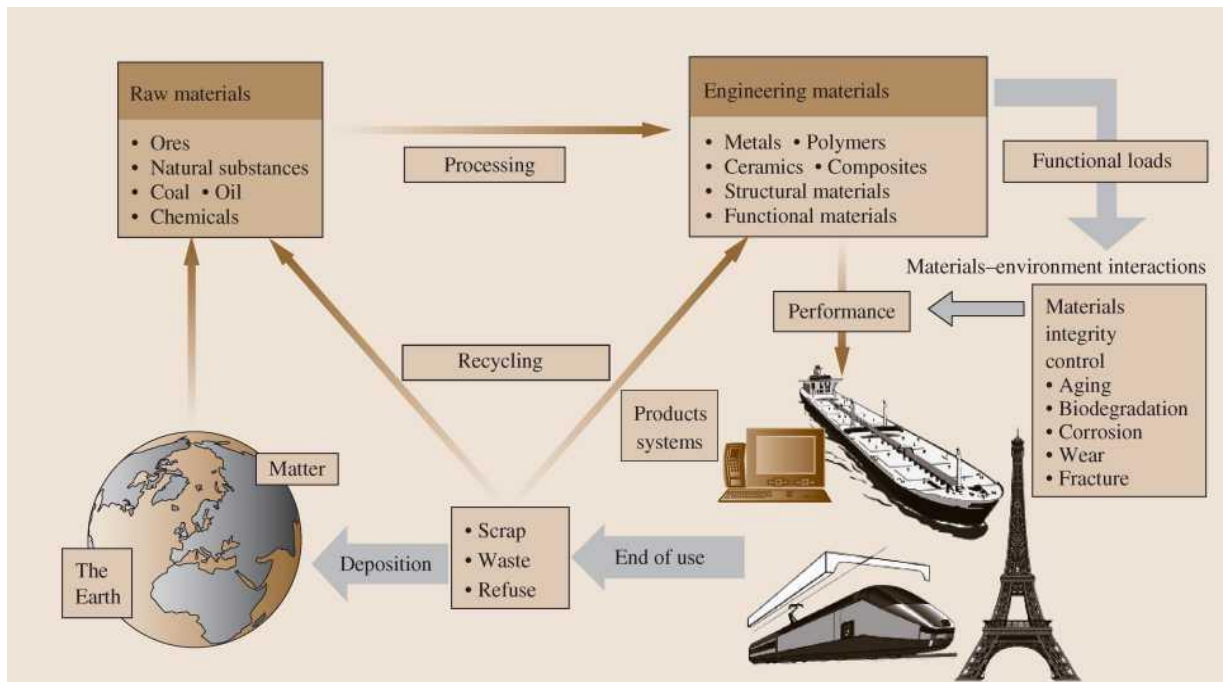


Рис. 1.15 цикл материалов всех продуктов и технических систем

Так называемый цикл материалов, изображенный схематично на Рис. 1.15, относится ко всем искусственным техническим продуктам во всех отраслях технологии и экономики. Цикл материалов иллюстрирует, что материалы (сопровождаясь необходимым потоком энергии и в формировании) перемещаются в циклы через техноэкономическую систему: от сырья до технических материалов и технических продуктов, и наконец, после завершения их задачи и работы, к смещению или переработке [1].

Условия работы и влияние на факторы для исполнения материала в данном применении происходят от его структурных задач и функциональных грузов, как показано в правильной части Рис. 1.15. В каждом применении материалы должны выполнить технические функции как элементы спроектированных продуктов или части технических систем. Они должны иметь механические усилия и находятся в контакте с другими твердыми телами, агрессивными газами, жидкостями или биологическими разновидностями. В их функциональных задачах материалы всегда взаимодействуют с их средой, таким образом, эти аспекты также, как должны признавать, характеризуют работу материалов<sup>17</sup>.

Для надлежащего исполнения спроектированных материалов, процессов ухудшения материалов и потенциальных неудач, таких как старение материалов, биологический распад, коррозия, нужно управлять изнашиванием и переломом. Рисунок 1.16 показывает обзор влияний на целостность материалов и возможные способы неудачи.

Рисунок 1.16 иллюстрирует обобщенным, упрощенным способом, что влияния на целостность материалов, которые важны для их работы, могут быть категоризированы в механических, тепловых, радиологических, химических, биологических, и трибологических терминах. Механизмы ухудшения основных материалов, как перечислено на Рис. 1.15, стареют, биологический распад, коррозия, изнашивание и перелом.

<sup>17</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

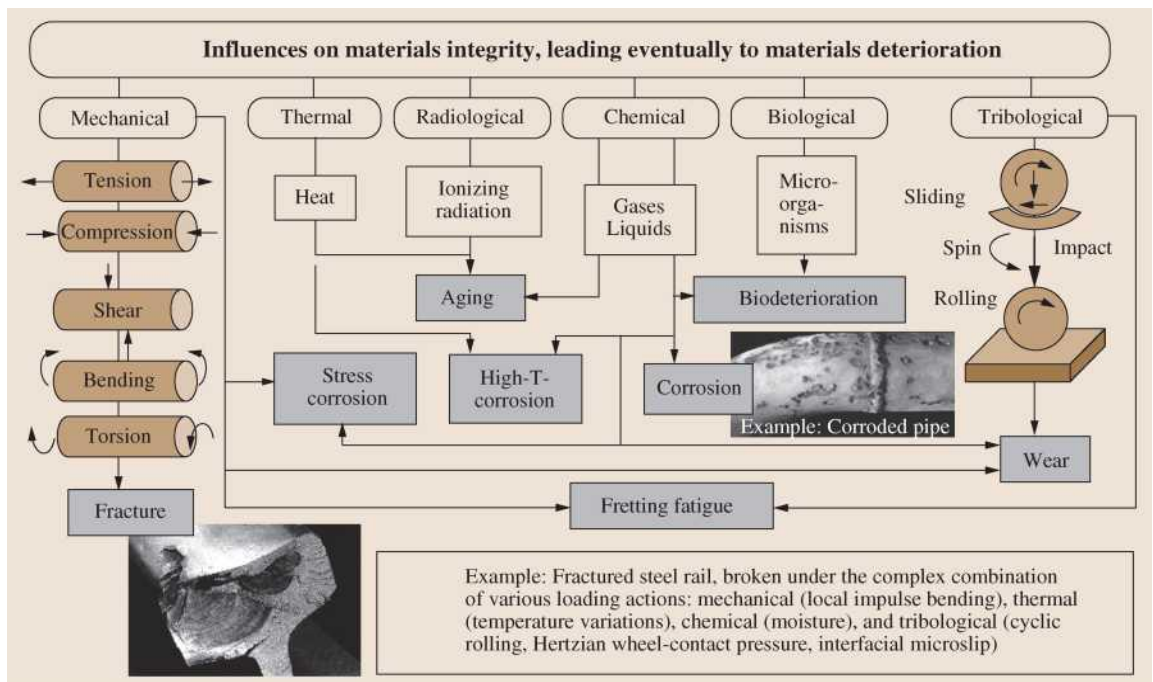


рис. 1.16 Основные принципы исполнительской характеристики материалов: влияние на явления

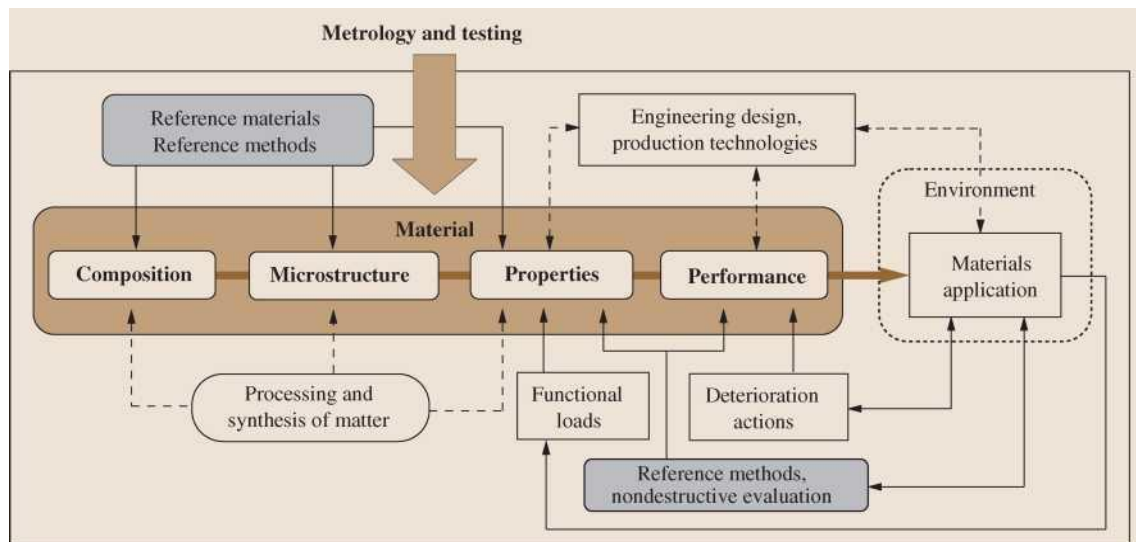
Ухудшение и способы неудачи, иллюстрированные на Рис. 1.16, имеют различную уместность для двух элементарных классов материалов, а именно, органических материалов и неорганических материалов (Рис. 1.8). Принимая во внимание, что старение и биологический распад - главные механизмы ухудшения для органических материалов, таких как полимеры, различные типы коррозии преобладают способы неудачи металлических материалов. Изнашивание и перелом релевантны как ухудшение материалов и механизмы неудачи для всех типов материалов.

### 2.3.6 Метрология материалов

Темы измерения и испытания относившегося материала (в короткой метрологии материалов) касаются точного и целевого определения поведения материала всюду по его жизненному циклу.

Признавая потребность в звуковом техническом основании для составления сводов правил и технических требований для объявления вanced материалы, правительства стран Экономического Саммита (G7) и Европейская комиссия подписали Меморандум о взаимопонимании в 1982, чтобы установить Версальский Проект на Продвинутом Материалах и Стандарты (VAMAS, <http://www.vamas.org/>). Этот проект поддерживает международную торговлю, обеспечивая научное сотрудничество как предшественника составления стандартов. После предложения VAMAS Comite International des Poids et Mesures (CIPM, Рис. 1.6) установил специальную Рабочую группу на Метрологии, Применимой к Измерению Свойств материала. Результаты и заключения Рабочей группы на Метрологии Материалов были изданы в специальном выпуске Metrologia. Одно важное открытие - кольцо уверенности для отслеживаемости в метрологии материалов (Рис. 1.4)





Особенности рис. 1.17 материалов, которые будут признаны в метрологии и тестировании

Материалы в инженерном проектировании должны встретиться один или несколько структурный, функциональный (например, электрические, оптические, магнитные) или декоративные цели. Это охватывает материалы, такие как металлы, керамика и полимеры, следуя из обработки и синтеза вопроса, основанного на химии, физике твердого тела и поверхностной физике. Каждый раз, когда материал создается, развивал или произвел, свойства или явления, что существенные выставки представляют центральный интерес<sup>18</sup>. Опыт показывает, что свойства и работа, связанная с материалом, глубоко связываются с его составом и структурой на всех уровнях масштаба, и влияют также техническими составляющими технологиями проектирования и производства. Заключительный материал, как элемент спроектированного компонента, должен выполнить данную задачу и должен сделать так экономичным и социально приемлемым способом. Все эти аспекты собраны на Рис. 1.17.

Основные группы особенностей материалов, чрезвычайно важных для метрологии материалов и испытания, как показано в центральной части Рис. 1.17, могут быть категоризованы следующим образом.

- Внутренние особенности - сom положение материала и микроструктура материала, описанная в Секте. 1.3.1. Внутренние (врожденные) особенности материалов следуют из обработки и синтеза вопроса. Метрология и проверяющий, чтобы определить эти особенности должна быть поддержана иском способные справочные материалы и справочные методы при наличии.

- Внешние особенности - свойства материала и работа материала, обрисованная в общих чертах в Сектах. 1.3.4 и 1.3.5. Они - процедурные особенности и описывают ответ материалов и спроектированных компонентов к функциональным грузам и экологическому ухудшению целостности материала. Метрология и проверяющий, чтобы определить эти особенности должна быть поддержана подходящими справочными методами и неразрушающей оценкой (NDE).

Из этого следует, что в технических применениях материалов методы и технологии необходимы, чтобы характеризовать внутренние и внешние существенные признаки и рассмотреть также имущественные отношения структуры.

#### Контрольные вопросы

1. Объясните слова измерения, испытания и метрология?
2. Как осуществляется прослеживаемости измерений?
3. Объясните и приведите пример для комбинационных измерений

<sup>18</sup> Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages)

4. Расскажите сущность оценка соответствия и аккредитация
5. Что вы понимаете по категории метрологии?
6. На каких принципах характеризуется материалов?

### Список используемые литературы

1. Springer Handbook of Metrology and Testing Czichos, H.; Saito, T.; Smith L.E. (Eds.) 2011, 1500 p. (3-22 pages).

## Тема № 3 Калибровка датчиков дифференциального давления

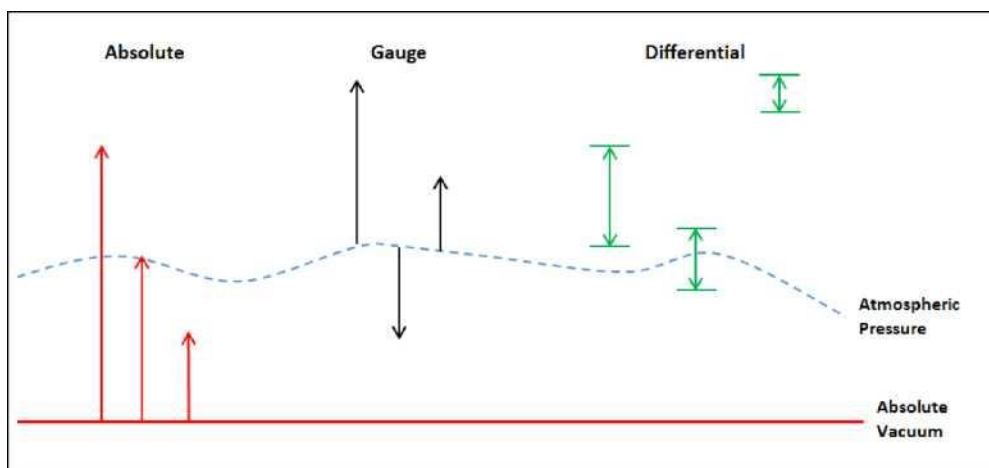
### План:

1. Методы калибровки
2. Процедура и порядок калибровки
3. Оформление результаты калибровки

**Ключевые слова:** датчики, измерения давления, калибровка, абсолютное давление; дифференциальное давление; процедура и порядок калибровки, разности результаты, результаты калибровки.

### 3.1. Методы калибровки

Датчики дифференциального давления распространены в перерабатывающей промышленности и покрывают множество заявлений. Чтобы понять, каков датчик дифференциального давления, становится важно поместить его в отличие от других типов измерения давления. Наиболее распространенные типы измерения давления абсолютные, мера и дифференциал [1].



рисунка 1 Диаграмма давления

*Давление меры:* давление Меры - перепад давлений в отношении барометрического (или атмосферный) давление как показывающий в рисунке 1. Это - наиболее распространенный тип измерения давления в промышленности сегодня.

*Абсолютное Давление:* Абсолютное давление - когда на нулевое давление ссылаются к абсолютному вакууму как показано в рисунке 1. Это сделано, таша очень твердый вакуум, достигая максимально близко к абсолютному нулю, и затем ссылаясь на ноль датчика к тому вакуумному пункту. Часто абсолютные датчики используют датчик меры и барометрический датчик и вычисляют абсолютное давление, вычитая атмосферное давление из давления меры.

*Дифференциальное давление:* дифференциальное давление (DP) может быть независимо от атмосферных и абсолютных давлений. Это - перепад давлений между

двумя оказанным давлением и как показано в рисунке 1. Эти датчики очень полезны в определении перепада давлений между двумя местами или системами и часто используются в вычислении потока, фильтрации, уровне жидкости, плотности и вязкости<sup>19</sup>.

Таким образом теперь, когда мы рассмотрели различные типы давления, и мы знаем то, что дифференциальное давление и как оно выдерживает сравнение с другими типами измерения давления. Теперь, мы можем рассмотреть, как мы калибруем датчик РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ и некоторые проблемы, связанные с калибровкой датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ. Во-первых, давайте начнем с проблем.

### **Общие проблемы в калибровке датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ**

Производя стабильное, давление, которым управляют - чтобы иметь значащее измерение для калибровки нам необходимо иметь стабильное поколение давления из источника давления, такого как насос или контроллер. Датчики РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ могут быть очень чувствительными, таким образом, решение, которое будет производить и держать стабильное давление, будет очень важно. Кроме того, у насоса или контроллера должна быть достаточная резолуция, чтобы быть в состоянии точно произвести желаемые точки давления. Производство стабильного, давления, которым управляют, с высоким разрешением часто является проблемой, потому что много решений для насоса полагаются на запорные клапаны или невозвращение клапанов, в пределах насоса как их основной момент стабильности. Эти запорные клапаны подвержены утечкам в течение долгого времени и используют и часто являются источником расстройств, пытаясь держать очень стабильные давления для калибровки датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ.

Температурные эффекты - Возможно самый большой вызов калибровке датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ имеют отношение к воздействию экологической температуры на датчике РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ и стандартах калибровки. Поскольку много датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ измеряют очень низкие давления полного масштаба (FS), небольшое изменение в температуре может составить очень значимое изменение в давлении. Это изменение в температуре часто равняется постоянной нестабильности и в проверяемом датчике и в стандарте калибровки (и справочный шаблон и насос) [1].

Изменяя атмосферное давление - Несколько производителей датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ рекомендуют, чтобы калибровка была выполнена со справочным портом (или низким портом) быть открытой для атмосферы. Проблема с этим требованием состоит в том, что в течение калибровки, атмосферное давление постоянно изменяется, какие влияния стабильность и воспроизводимость калибровки заканчиваются.

### ***Методы Примера Калибровки 1 - Используя насос ADT901, справочная мера РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ADT681 со справочным портом DUT открывается к атмосфере***

---

<sup>19</sup> Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013



**Шаблон РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ рисунка 2 ADT681 и насос ADT901**

**Необходимое оборудование:**

- Низкий насос калибровки давления (такой как Additel 901 или 912 насосов)
- Устройство при тесте
- Справочная Мера РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ (такая как разность потенциалов Additel 681 или 672 ряда РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ)
- Линии и детали, чтобы соединиться с мер на насос

**Связь (См. рисунок 2),**

- Оба высокие порты каждой меры связаны в насос калибровки
- Ссылку или низкие порты каждой меры оставляют открытыми для атмосферы
- Гарантируйте, что DUT находится в надлежащей ориентации (типично вертикальный или горизонтален)

**3.2. Процедура и порядок калибровки**

- В зависимости от DUT Вы, возможно, должны осуществить меру многократно к ее полному масштабу.
- Гарантируйте, что клапан вентиля открыт для ADT901 и ноля и справочная мера и DUT (предполагающий, что DUT - цифровая мера, которая требует регулярной установки нуля).
- Закройте клапан вентиля к ADT901 и продолжите двигаться к следующим точкам калибровки и сделайте запись данных, когда измерение будет стабильно.
- Как правило, 3-5 точек калибровки взяты оба вверх тогда вниз, чтобы определить гистерезис.

**Профессионалы: Этот метод недорог, и набор легок.**

**Недостатки:** Вы должны будете объяснить атмосферное давление и изменения температуры в течение теста. В зависимости от условий окружающей среды это может произвести очень нестабильные измерения. Это - наименее точный метод для калибровки датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ.

**Пример 2 - Используя насос ADT901, справочная мера РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ADT681 со справочными портами DUT соединилась вместе**

**Необходимое оборудование:**

- Низкий насос калибровки давления (такой как Additel 901 или 912)
- Устройство при тесте
- Справочная Мера РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ (такая как разность потенциалов Additel 681 или 672 ряда РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ)
- Линии и детали, чтобы соединиться с мер на насос и мер вместе

**Связь (см. рисунок 3),**

- Оба высоких порта каждой меры связаны в насос калибровки.
- Ссылка или низкие порты каждой меры связаны вместе.
- Гарантируйте, что DUT находится в надлежащей ориентации (типично вертикальный или горизонтален).

Примечание: В этом методе давление произведено и на высоких и на низких линиях давления, и РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ измерена справочной мерой. В зависимости от РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ диапазон потребовал 912, возможно, лучшее решение достигнуть полного масштаба DUT.

### Процедура

- В зависимости от DUT Вы, возможно, должны осуществить меру многократно к ее полному масштабу

- Запись нулевого пункта может измениться в зависимости от типа DUT. Если DUT - цифровая мера, то сохраняйте справочную меру и справочные порты DUT связанными вместе и ноль обе меры. Если DUT - аналоговая мера, которая не требует регулярного ноля, то разъединяет и справочные порты и оставляет их открытыми для атмосферы к нолю меры.

После записи нулевого пункта соединяют обоих справочные порты вместе и продолжают посредством калибровки<sup>20</sup>.

- Закройте клапан вентиля к ADT901 и продолжите двигаться к следующим точкам калибровки и сделайте запись данных, когда измерение будет стабильно.

- Как правило, 3-5 точек калибровки взяты оба вверх тогда вниз, чтобы определить гистерезис.

Профессионалы: Этот метод - недорогие и лучшие счета на атмосферные изменения давления в течение теста. Стабильность в каждом пункте улучшена от первого примера.

Недостатки: набор более сложен, чем первый пример и температурные эффекты могут потенциально оказать большее влияние, чем первый пример, потому что у нас есть запечатанная система с низким (ссылка) связываемые линии.



Рисунка 3. Шаблон РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ADT681 и насос ADT912

<sup>20</sup> Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013



Рисунка 4. Калибратор ADT761 с DUT

Пример 3 - Используя ADT761-LLP или ADT761-для автоматизированной калибровки

Необходимое оборудование:

- ADT761-LLP или ADT761-D
- Устройство при тесте
- Линии и детали, чтобы соединить меру РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ с ADT761

Связь (см. рисунок 4),

• Соедините высокий порт меры РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ к порту ВЫХОДА ADT761.

• Соедините низкий порт меры РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ к КАСАТЕЛЬНО порту ADT761.

• Гарантируйте, что DUT находится в надлежащей ориентации (типично вертикальный или горизонтален)

Процедура

• В зависимости от DUT Вы, возможно, должны осуществить меру многократно к ее полному масштабу.

• Программа в задаче и запущенный автоматизированный тест с ADT761, который автоматически произведет давление, стабилизируйте измерение и позвольте мере РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ читать, чтобы быть зарегистрированной.

• Как правило, 3-5 точек калибровки взяты и вверх тогда вниз и ADT761, автоматически вычислит гистерезис и покажет результаты испытаний с, передают/подводят критерии.

Профессионалы: Этот метод полностью - или полуавтоматический в зависимости от DUT. Измерениями управляют, и стабильность обеспечена диспетчером ADT761. ADT761 намного меньше под влиянием изменений в температурном и атмосферном давлении, чем предыдущие примеры. Результаты автоматически показаны и вычислены. ADT761 может калибровать манометры и передатчики.

Недостатки: оборудование более дорогостоящее, чем предыдущие примеры.

Информация об оборудовании и комментарии

### 3.3. Оформление результаты калибровки

Калибровка датчика РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ может быть довольно сложной особенно, если калибровка должна быть выполнена в безудержной окружающей среде.

Additel 901 и 912 насосов содержат тепловую изолированную палату, которая значительно помогает с температурным контролем, производя давление. ADT901 и 912 насосов также используют запатентованную технологию винтового пресса, которая допускает очень чувствительное регулирование давления и устраняет необходимость запорного клапана, который часто является источником нестабильности. Из-за этих ключевых качеств ADT901 и 912 насосов - отличные решения для калибровок датчика РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ [1].

Ряд РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ADT681 и ряд РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ADT672 оба предоставляют точному дифференциальному давлению множество диапазонов давления, чтобы выбрать из. ADT681 измеряет давление только, тогда как ряд ADT672 может использоваться, чтобы измерить ток, напряжение, датчик давления и передатчик<sup>21</sup>.

Additel 761 Автоматизированный ряд Калибратора Давлений использует контроль за точностью и современную технологию датчика, чтобы обеспечить точные стабильные измерения для датчиков РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ. Каждая единица содержит два данных компенсацию температуре датчика, расположенные к давлениям, которые покрывают типичные диапазоны датчика РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ. У Автоматизированного ряда Калибратора Давлений есть встроенный электрический насос для полного поколения давления без использования газоснабжения или мощности переменного тока. Эта серия калибраторов работает с полным созданием процедуры и документацией результата к полностью - или полуавтоматизирует калибровку датчика и результат, сообщая для калибровки шаблонов, передатчиков, преобразователей и датчиков давления.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое калибровка?
2. Расскажите методы калибровки
3. Объясните калибровка давление
4. Какие этапы охватывает порядок калибровки?
5. Объясните процедура калибровки
6. Как оформляется результаты калибровки

### **Список используемые литературы**

1. Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013

## **Тема №4. Метрология длины и системы калибровки**

### **План:**

1. Метрология длины
2. Пределы и проблемы в метрологии длины
3. Ошибки и анализ систем калибровки длины.

**Ключевые слова:** длина, нанотехнология, метр, определение метра, калибровка метра, лазерная интерферометрия, системы калибровки длины, физические константы, компаратор, анализ системы калибровки, моделирование

### **4.1. Метрология длины**

---

<sup>21</sup> Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013

Точное измерение длины играет жизненно важную роль в удовлетворении потребностей промышленности и торговли для отслеживаемости к общим национальным и международным стандартам, особенно ввиду общего рынка и мировой торговли. Такое измерение должно возникнуть через основу широкого применения, из крупномасштабных технических проектов, таких как строительство дамбы, космос и судостроение, посредством автомобильной разработки и изготовления компонентов, к разработке точности и нанотехнологиям (DTI/NMDS, 2002b) [1].

Самая низкая неуверенность, достигнутая в размерных измерениях материального объекта, происходит в промышленности полупроводника и производстве интегральной схемы (IC). Размерная особенность интереса к масштабу линии - критическое измерение (CD). CD соответствует ширине самой маленькой линии, которая может быть произведена на вафле с приемлемым урожаем произведенных устройств; в настоящее время этот параметр составляет меньше чем 0.1 мкм. Требования в других областях, таких как изготовление точных инструментов, большие машины (например, самолеты), и другие также повышаются быстро. Во всех этих областях принцип, “чтобы остановить средства отстать” находится в силе. Развитие систем измерения побуждено увеличением потребительских потребностей, а также постоянно развивая современные технологии измерения (Bosse & Flügge, 2001)<sup>22</sup>.

У метрологии длины есть фундаментальная роль, чтобы поддержать основной стандарт длины, метра, и обеспечить инфраструктуру, чтобы позволить широкому спектру размерных и позиционных измерений быть сделанным прослеживаемым к метру. Национальные институты метрологии (NMIs) во многих странах и компаниях, которые производят высокотехнологичные продукты точности, обращают много внимания на связанное с точностью исследование с целью улучшить свойства систем калибровки длины и определить их бюджет неуверенности. Метрологические программы в области измерения длины последовательно выполняются в США, Японии, Великобритании, Германии (Bosse & Flügge, 2001; Beers & Penzes, 1999; Израиль и др., 2003), и другие страны. Программы побуждают создание метрологической инфраструктуры, которая увеличивает промышленную конкурентоспособность, поддерживает промышленные инновации и улучшает контроль производственных процессов и качества. Например, систематическое исследование точности вакуумного нанокомпаратора, выполненного в немецком Национальном Институте Метрологии (PTB) в 2000 – 2006, привело к сокращению ошибки воспроизводимости измерения от 14 нм вниз к 0.2 нм. NIST, Национальный Институт Метрологии США, проводит исследование в области nm-точности одно размерное (1D) метрология с развитием компонентов интерферометра шкалы расстояний следующего поколения. В концептуальном дизайне у системы был бы диапазон для 1D, измерения от 100 нм до 1 м с целью расширили неуверенность в с 1 нм до 10 нм [2].

Одна из самых сложных проблем для науки и разработки высоких технологий - возрастающая потребность решить реальные промышленные проблемы, а не идеальную ситуацию с измерением и включить прослеживаемую метрологию длины непосредственно в технологические процессы, выполняя точные динамические измерения в большем количестве сложных условий, чем те из лабораторий калибровки.

Эта глава представит резюме и анализ литературы и существующие научно-технические решения калибровки продолжительности точности. Это покрывает анализ лазерных интерферометров, систем обнаружения линии, сигналов измерения и алгоритмов, а также возможностей измерения современных систем калибровки во всем мире. Вклад также решает щекотливую проблему достижения надежных измерений и соответствия противоречащим требованиям точности и производительности калибровки масштаба линии в неидеальных условиях окружающей среды под влиянием многих

---

<sup>22</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)



внешних факторов влияния. Проблемы будут также на накопальню развития управляемого интерферометром компаратора, который управляется в динамическом способе и позволяет проследить калибровку масштаба линии до  $L \leq 3.5$  м длиной к стандарту длины волны.

**Метрология длины.** Основание любой размерной техники измерений найдено на реализации единицы СИ длины через стабилизированные частотой лазеры и интерферометрию смещения. Используемые технологии измерения включают располагающиеся лазер устройства, крупномасштабные машины измерения координаты (CMMs), оптический - и микроскопы ультрафиолетового света, растровые электронные микроскопы (SEMs), атомные микроскопы силы (AFMs) и просмотр микроскопов туннелирования (STMs). И прямые и косвенные высокоточные измерения длины, расстояния и смещения используют длину волны или оптические методы ощущения частоты. Методы прямого измерения включают лазерную калибровку интерферометра станков компьютера, числового управляемого (CNC) и CMMs, и коммерческая основанная на лазере инструментовка широко используется и национально и на международном уровне с этой целью, чтобы измерить смещения и расстояние от, как правило, ста миллиметров до десятков метров. Многократная инструментовка длины волны используется, чтобы расширить точность в пределах хорошо управляемой окружающей среды, пока смодулированные лазерные располагающиеся методы (электронные измерения расстояния) теперь широко применены в рассмотрении по расстояниям до нескольких километров с, в некоторых случаях, точность подмиллиметра. Такая инструментовка точности включает лазерные источники длины волны как преобразователи измерения различных степеней стабильности и точности.

Размерная метрология покрывает измерение размеров и в принципе также конфигураций, основанных на измерениях расстояния в широком спектре более определенных измерений, предназначенных на из основных источников, т.е. лазеров к геометрическому измерению сложных профилей, которые, как правило, включают:

- измерение лазерной длины волны/частоты, стабильности, дрейфа и ширины линии радиационных источников, которые используются для измерения расстояния и интерферометрии;
- измерение размера или геометрических особенностей, как подача, 1D экспонаты, например заканчивает стандарты и линейные шкалы или кодирующие устройства;
- измерение размера и/или местоположения особенностей в 2D структурах, распространенных в промышленности полупроводника, такой как в сложных образцах интегральных схем
  - измерение местоположения размера и ориентация особенностей в 3D образцах;
  - измерение отклонений от идеальных геометрических форм, т.е. прямота, округлость, и т.д.;
  - измерение поверхностной структуры.

Калибровка множества параметров, связанных с источником, таких как абсолютная длина волны или частота, linewidth, стабильность или дрейф, имеет таким образом первостепенное значение к высокой отслеживаемости продолжительности точности. Параллельно, методы в метрологии длины волны предназначены на других заявлениях<sup>23</sup>. Они включают спектральную характеристику пропускной способности мультиплексированием подразделения длины волны (WDM) для оптических коммуникаций, высокое разрешение спектральный анализ, используя стандарты Фэбри-Перо и высокоточное измерение спектроскопических явлений, у которого есть сильный вход к научной спектроскопии. Метрология продолжительности точности также играет ключевую роль в реализации полученных единиц давления и тока, например. Самая

---

<sup>23</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

высокая точность длины волны/частоты и доступная стабильность способствуют передовому определению фундаментальных физических констант (DTI/NMDS, 2002a).

Есть много технологий датчика и инструментов с миллимикроном, или лучше, точность для измерения длины, которые повторяются хорошо, если используется тщательно, включая исследование просмотра и электронные микроскопы и некоторые оптические устройства. Однако универсальные стандарты измерения еще не были установлены, и даже очевидно искусственные пользователи атомных микроскопов силы могут произвести большие изменения в своих измерениях тех же самых экспонатов. Без согласованных стандартов инструменты или машины не могут быть калиброваны в масштабе миллимикрона (Bureau International des Poids et Mesures, 2003).

Линия, дипломированная геометрические организации, с интервалами церемонии вручения дипломов, представляющими известные расстояния, является основаниями для всех прямых измерений определенных расстояний. Из этого следует, что линию получения высшего образования инструментов элементы как составные участники можно считать единственными механическими средствами, способными к выполнению прямых измерений без дополнительного оборудования или процессов (Farago, F.T. & Кертис, 1994).

Потребность в уменьшенной неуверенности в “основном стандарте” аспекта длины, т.е., в ее определении и реализации, и во “вторичном стандарте” аспекта, т.е., в его передаче и распространении через размерную метрологию, связана сильно с напрягающейся терпимостью в промышленном производстве.

## **1 Определение и реализация метра**

Определение метра — обеспечила ли с точки зрения бара метра прототипа, длина волны света или распространение электромагнитной волны в интервале времени — основание для реализации самой низкой неуверенности единицы.

В 1983 метр был пересмотрен снова к тому в действительности сегодня, а именно: “Метр - длина пути, поехавшего при свете в вакууме во время интервала  $1/299\,792\,458$  секунды”. В то время Международный комитет по Весам и Мерам (CIPM) дал три основных метода для практической реализации метра: время полета, используя временные интервалы и интерферометрию, используя длины волны или частоты. CIPM дал пять рекомендуемой радиации с назначенными частотами, длинами волны и неуверенностью (Квинн, 2003) [1, 3].

Из рекомендуемой радиации тот из йода стабилизировал неон гелия (Он-Ne), лазер наиболее широко используется для практической реализации метра. У этого есть длина волны  $\text{He-Ne} = 632.991\,398\,22$  нм с относительной стандартной неуверенностью  $U_p = 2.5 \times 10^{-11}$ .

Эффект переопределений и достижений в измерении частот рекомендуемой радиации состоял в том, чтобы уменьшить относительную неуверенность, достижимую в реализации метра на пять порядков величины (Swyt, 2001).

На измерения размеров материальных товаров чаще всего ссылаются к единице СИ длины через материальные экспонаты, калиброванные как размерные стандарты. Метр, основная единица для длины, обычно передается стандартам измерения в форме весов линии или фотоэлектрических возрастающих кодирующих устройств машинами измерения длины, которые, как правило, используют лазерный интерферометр в воздухе как справочная система измерения. Результаты измерения прослеживаемы к метру из-за использования длины волны лазерного интерферометра.

## **2 Лазерная интерферометрия**

Так как практическая реализация метра тесно связана с радиацией устойчивых лазеров частоты, лазерные интерферометры используются для точных и прослеживаемых измерений длины. В настоящее время принципы обнаружения лазерных систем

интерферометра можно отличить между homodyne и heterodyne методами (Webb & Jones, 2004; Коробейник, 2002). Интерферометры Homodyne используют один лазер частоты и heterodyne два лазера частот соответственно. Интерферометрия Heterodyne неотъемлемо более стойкая к шуму из-за его heterodyne частоты и дизайна отклонения общего режима, которое уравнивает общие шумы, прибывающие и из ссылки и из сигналов измерения, и хотя heterodyne методы восприимчивы к большим ошибкам нелинейности большое количество коммерческого использования систем а именно, эта техника. Тем не менее, главные параметры, которые определяют качество лазерных интерференционных систем, (Боброфф, 1993):

- резолуция,
- точность измерения,
- воспроизводимость результатов,
- динамичный и диапазон измерения,
- скорость измерения.

homodyne лазерный источник, как правило - Он-Ne, который лазер с единственной частотой излучает, как произведено состоящий или из единственной поляризации менее чем  $45^\circ$  или из циркулярного поляризованного луча. Луч разделен на справочную руку и руку измерения интерферометра разделителем луча. После того, как суперположение измерения и ссылки сияет, разделитель луча поляризации используется, чтобы произвести перемещенные сигналы двух фаз на  $90^\circ$ . Направление движения определено при нулевых перекрестках сигнала вмешательства, используя другой сигнал. Подсчет нулевых перекрестков обоих сигналов вмешательства обеспечивает разрешение  $\lambda/8$ , который не достаточен для измерений продолжительности точности, и для этого это должно быть увеличено методами интерполяции. В homodyne интерферометрах используются амплитуды сигналов вмешательства; фаза сигнала может быть определена от интенсивности поляризованных сигналов перпендикулярно. Производители homodyne интерферометров - Ренишо, Heidenhain, Sios и недавно Interferomet.

В heterodyne интерферометрах требуется двойной радиационный источник частоты, так как у вмешивающегося измерения и справочных лучей должны быть немного отличающиеся частоты, и фото датчики обнаруживают изменение фазы между этими двумя лучами, видят Рис. 1.

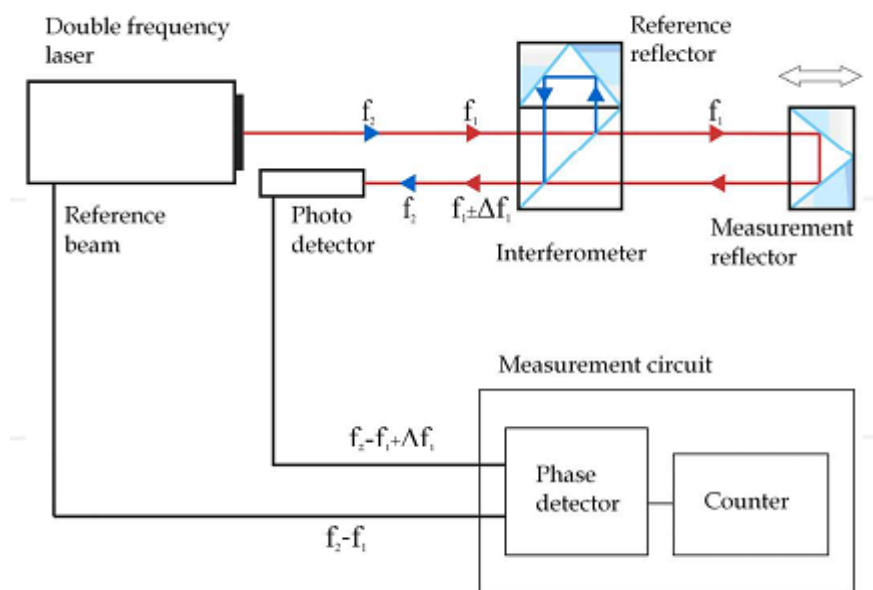


Рис. 1. Расположение heterodyne лазерного интерферометра

Две частоты отделены их видом поляризации, так, чтобы разделитель луча поляризации мог произвести луч измерения с частотой  $f_1$  и справочный луч с  $f_2$ .

Движение отражателя измерения со скоростью  $v$  вызывает изменение частоты  $\Delta f$  в луче измерения из-за эффекта Доплера. Это изменение увеличится или уменьшится в зависимости от направления движения отражателя измерения. Когда подсчет периодов ссылки и измерения сигнализирует одновременно, что их различие пропорционально смещению. Направление движения может быть определено непосредственно от признака этого различия. Интерполяция в heterodyne системах эквивалентна измерению фактической разности фаз между фиксированной справочной частотой и частотой измерения (Webb & Jones, 2004).

У принципа Heterodyne есть определенное преимущество, особенно поскольку Он-Не лазеры из-за хорошего сигнала к шумовому отношению, позволяющему измерение мультиоси с высокими скоростями измерения. На практике максимальная скорость лазерного интерферометра будет ограничена основной частотой удара лазерного источника, который обычно находится в диапазоне немногих МГц для метода стабилизации Зеемана, где мощное магнитное поле требуется для разделения лазерных частот, и 20 МГц для асоусто-оптических модуляторов и от 600 до 1000 МГц для устойчивых лазеров с двумя способами, которые соответствовали бы скорости на больше чем 200 м/с, которая будет измерена. Однако увеличение частоты удара уменьшит разрешение измерения лазерного интерферометра в ответ, и поэтому пропускная способность обнаружения фазы обычно фиксируется в абсолютных временных рамках в большинстве методов измерения фазы (Им и др., 2000)<sup>24</sup>.

Главное преимущество heterodyne систем состоит в том, что информация об измеренном смещении получена в форме переменного сигнала, и поэтому схемы измерения не чувствительны к изменениям измеренного уровня сигнала из-за различных беспорядков. Так как информация о смещении получена от частоты сигнала, только один фото датчик необходим, и регулирование оптических элементов становится более простым, посмотрите сравнение обеих систем в Таблице 1.

таблицы 1 Сравнение heterodyne и homodyne систем

	Homodyne	Heterodyne
Continous measurement	Yes	No
Sensing of moving direction	Quadrature	Always
Quadrature output signal	Yes	Yes
Error detection	not defined	Unambiguous
Sensitivity to radiation intensity	Yes	No
Sensitivity to enviromental irradiance	Yes	No
Frequency band of electronic circui	$f \pm 2v/c$	$f_1 - f_2 \pm 2v/c$
Signal to noise ratio	6 – 12 bit	2 – 3 bit
Multi-axis measurements	Limited	Yes

<sup>24</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

Photo detector	Complex	Simple
Adjustment simplicity	No	Yes

Разрешение интерферометров прежде всего зависит от точности обнаружения фазы сигнала вмешательства. В настоящее время из-за быстрого развития информационных технологий и электроники это увеличилось с  $\lambda/8$  в 1965 до  $\lambda/2048$  (длина волны радиационного источника разделена на 2048 частей), и использование традиционных методов обнаружения фазы, разрешение интерферометрии смещения составляет приблизительно 0.1 – 10 нм. В настоящее время некоторые коммерчески доступные системы обнаружения фазы позволяют обработку цифрового сигнала и точность обнаружения фазы  $0.01^\circ$  и которые в сочетании с heterodyne интерферометром типа Майкельсона соответствуют лучше, чем системная точность измерения 22:00.

Источники неуверенности в лазерной интерферометрии могут быть сгруппированы в трех категориях: иждивенец установки (косинус, Абби, deadpath ошибки, механическая стабильность), иждивенец инструмента (стабильность лазерной частоты, электроники, периодических отклонений, и т.д.) и иждивенец окружающей среды (показатель преломления, турбулентность, тепловые источники), которые являются врожденными от таких систем и обычно ограничивают относительную неуверенность  $2 \times 10^{-8}$ , приводя к ошибке 20 нм за метр. Для измерений по большим смещениям в воздухе последняя группа преобладает в бюджете неуверенности.

Таким образом линейный масштаб измерения и точный и надлежащий контроль и стабилизация условий окружающей среды - главные критерии точности современных интерференционных систем измерения смещения. Использование цифровых методов обработки данных позволяет минимизировать нелинейность лазерных интерферометров и увеличить резолуцию измерения до 22:00 (Webb & Jones, 2004). Но чтобы достигнуть необходимой относительной неуверенности измерения длины ниже  $10^{-7}$  в практическом применении, точность измерения воздушного показателя преломления должна быть не меньше чем  $10^{-8}$ .

Хороший пример для этого - сравнение статической стабильности Его-Не, лазерный интерферометр и линейное кодирующее устройство представили на Рис. 2. Проводимые эксперименты показали, что пользователи могут ожидать меньше колебаний измерения показателя положения от линейных кодирующих устройств, чем от лазерных интерферометров (Kaušinis и др., 2004).

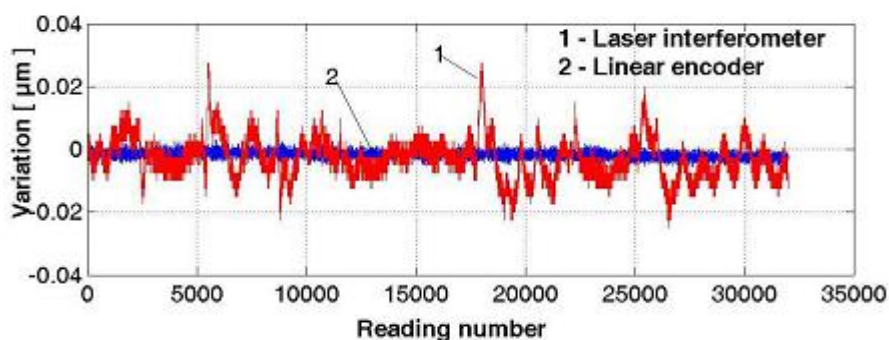


Рис. 2. Стабильность лазерного интерферометра и справочного кодирующего устройства

Долгосрочная стабильность лазерного интерферометра была, главным образом, под влиянием температурного и показателя преломления. Показатель преломления воздуха был дан компенсацию формулой Эдлена. Обе системы измерения одновременно читались вслух в статическом способе и фактически в сравнительно хороших внешних условиях, интерферометр показал ясно более высокие различия, чем линейное кодирующее

устройство. Система измерения температуры из-за ее времени сбора данных и отдаленности датчика лазерного луча не в состоянии дать компенсацию этим изменениям.

Анализ динамического режима работы показал результаты того же самого заказа как изменения лазерного интерферометра, измеренного в статическом способе. Повторные измерения в различных положениях масштаба линии показали довольно подобные результаты. Очевидно, что, даже в точно лабораторной окружающей среде с кондиционированным воздухом, мощность производства низкой температуры воздуха вызывает быстрые изменения в температуре, которая может привести к относительно большим колебаниям измеренных значений, полученных из лазерного интерферометра. Сравнительно короткие расстояния между масштабом кодирующего устройства и трением индекса минимизируют чувствительность к факторам окружающей среды.

## 4.2. Пределы и проблемы в метрологии длины

Будущее длины и размерной метрологии формируется теоретическими и практическими пределами достижимой неуверенности в измерении, продолжая тенденции в промышленности. Есть два водителя, которые вызывают достижение еще меньшей неуверенности в длине и размерных измерений. Это, во-первых, продолжающаяся промышленная тенденция к более трудной терпимости — представленный в области микроэлектроники Законом Мура — и, во-вторых, продолжающаяся научная тенденция, чтобы исследовать пределы понимания посредством физического измерения<sup>25</sup>.

Последний ограничен размерным эквивалентом Джонсона или тепловой, шум, который устанавливает окончательную границу неуверенности в измерении размерных особенностей. Тепловые колебания длины твердого экспоната, пространственный эквивалент электронного шума Джонсона, происходят из-за тепловой агитации атомов материала. В имеющей размеры машине такие тепловые помехи устанавливают окончательную границу способности установить местоположение происхождения топоров машины и, поэтому, на неуверенности в измерениях положения, которых может достигнуть машина. Тепловые помехи так же ограничивают неуверенность, с которой может быть измерена длина объекта. Поэтому тепловое колебание  $\Delta l$  в длине  $l$  стороны экспоната дано:

$$\Delta l = \left( \frac{k \cdot T}{3} \cdot V \cdot l \right)^{1/2} \quad (1)$$

где  $k$  - Постоянная Больцмана, и  $T$  - термодинамическая температура,  $V$  - оптовый модуль материала куба.

Например, для объекта с оптовым модулем того из сплавленного кварца,  $3.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup> и температура 300 К, RMS колебание измерения куба на 1 м 0.2 из (10-15 м) или, незначительно,  $2 \times 10^{-16}$ . Помимо этого фактора обратно пропорционально измеренной длине и поэтому уменьшая геометрические аспекты измеренных объектов, которые неуверенность измерения длины увеличит пропорционально (Swyt, 2001).

Обычно предел для неуверенности измерения длины во-первых определен возможностями реализации единицы времени (второй) следующий за определением метра и который находится в неуверенности во вторых, находится в заказе  $1.5 \times 10^{-15}$  в настоящее время и, во-вторых, практическая реализация температурной единицы (Кельвин) как главный параметр волнения, который влияет на точность размерных измерений. Однако, фактическая точность измерений длины ограничена другим стандартом, тесно связанным со вторым, который является стандартом частоты – СН4-устойчивый Он-Не лазер. Удовлетворение требований Международного комитета Весов и Мер и наиболее

---

<sup>25</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

распространенной реализации основного стандарта длины является Им-Не лазер с длиной волны  $\lambda = 632.99$  нм и относительной стандартной неопределенности в  $2.5 \times 10^{-11}$  (Webb & Jones, 2004) [3, 4].

Узкое место для калибровки материальных экспонатов определено возможностями систем измерения обнаружить границы/края геометрических особенностей, требований к экологическим параметрам, а также оптической интерферометрии волны. На практике нижний предел для оптической интерферометрии находится в диапазоне  $10^{-7}$  и главным образом ограничен изменениями воздушного показателя преломления, который в свою очередь может вычислить формула Эдлена, способствующая ошибке измерения длины в количестве  $5 \times 10^{-8}$ , и можно было бы рассмотреть как окончательный предел для измерений в воздухе. С другой стороны, вакуумная интерферометрия могла бы быть выбором, где в настоящее время достижимая расширенная неопределенность измерения ниже 5 нм, измеряющих высококачественные экспонаты в длинах ниже 1 м (Köning и др., 2007).

Как правило, для калибровки весов линии точности и отслеживаемости к стандарту длины оптические компараторы используются, где оптический или делают рентген интерферометрии, используется, и такие системы позволяют калибровку стандартов длины с неопределенностью в пределах от нескольких миллимикрон до некоторой десятой части миллимикрон, когда измеренная длина значительно более длительна по сравнению с длиной волны радиационного источника. Однако, когда геометрические аспекты измеренных структур имеют заказ длины волны, использование таких технологий становится довольно сложным, и поэтому сравнительные методы, используя дифракцию рентгена или просматривая микроскопы более распространены, особенно для расследования структур микро электромеханической системы (MEMS), литографии и так же (РТВ, 2003; швейцарский федеральный Офис Метрологии, 2004).

Сравнивая эти различные методы необходимо рассмотреть не только диапазон измерения и требования точности, но также и эффективность таких систем, касающихся метрологической сети и потребностей конкретной страны, затрат на дизайн, и т.д. Хотя различные методы калибровки и оборудование, посмотрите в Таблице 2, поскольку размерное измерение материального экспоната используются, в настоящее время, оптические компараторы, объединяющие свойства лазерных интерферометров и оптических микроскопов, представляют самую низкую относительную неопределенность ( $U/L$ ) размерных измерений, обеспеченных в калибровке длины масштаба линии на 1 м, родственник расширил неопределенность (фактор освещения  $k = 2$ )  $7 \times 10^{-8}$  м в 1 м.

Таблица 2. Сравнение различных методов калибровки длины (РТВ, 2003; швейцарский федеральный Офис Метрологии, 2004)

Length calibration method	Measurement range, $\mu$ m		Uncertainty $U=[a^2+b^2]^{1/2}$	
	Lower limit	Upper limit	a, nm	b, nm
Calibrated atomic microscope (NIST)	0.1	10	3	$2 \cdot L$ , $L=0.003 \div 0.02 \mu$ m
Laser diffractometer (NPL)	2	$1 \cdot 10^6$	3	$0.1 \cdot L$ , $L$ , mm
Scanning electronic microscope and laser interferometer (NPL)	0.29	50	0.025	$0.19 \cdot L$ , $L=0.06 \div 61 \mu$ m
Optical microscope laser interferometer and video microscope	0.05	10	10	$0.001 \cdot L$ , $L$ , $\mu$ m

with CCD (MIKES)				
Combined X-ray and laser interferometer (NPL, PTB)	0.001	1·10 <sup>3</sup>		0.03, L<10   m 0.04, L<100   m 0.17, L<1 mm

### 4.3. Системы калибровки длины

Проблемы калибровки длины неизбежно связаны с освоением и исследованием современных интерференционных технологий измерения смещения, ошибочного метода компенсации, а также цифровых успехов микроскопии. Эти проблемы часто определяются вложенными потребностями метрологии, которые могут быть удовлетворены только, разработав новые системы, которые поглощают недавние научно-технические результаты и оптимально выполняют определенные требования калибровки, а также улучшая существующие системы калибровки, открытые для исполнения основных принципов разработки точности. Удовлетворение более требовательных требований в конечном счете стимулирует требование проследить/утвердить продукты на их производственной линии, а также выполнение обнаружения линии церемонии вручения дипломов и измерений положения в скором времени<sup>26</sup>. Способность обеспечить справочные измерения на таких уровнях неуверенности требует событий вне текущего состояния искусства в каждой из трех областей:

- физический экспонат, который будет калиброван;
- имеющая размеры машина, чтобы сделать калибровку
- теоретическая модель систематических ошибок в результатах измерения, являющихся результатом взаимодействия экспоната и имеющей размеры машины в процессе калибровки.

Кроме того, эти три события должны быть связанными в процедуре измерения, которая включает инновационные алгоритмы измерения и методы.

Для высокой калибровки масштаба линии точности и отслеживаемости к основному стандарту длины используются оптические компараторы с подвижной оптической системой обнаружения линии или подвижным масштабом линии. Интерферометр - инструмент, который передает международный стандарт длины в физические измерения. Цифровые микроскопы измерения позволяют выполнить точное расположение систем калибровки длины, оценить качество краев линии и точное местоположение линий. Система помещена в окружающую среду с кондиционированным воздухом.

interferential компаратор представлен в Фигах. 3, 4 был развит, чтобы калибровать и церемонию вручения дипломов линии, расширяется к 3.5 м длиной и возрастающие линейные кодирующие устройства.

<sup>26</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)



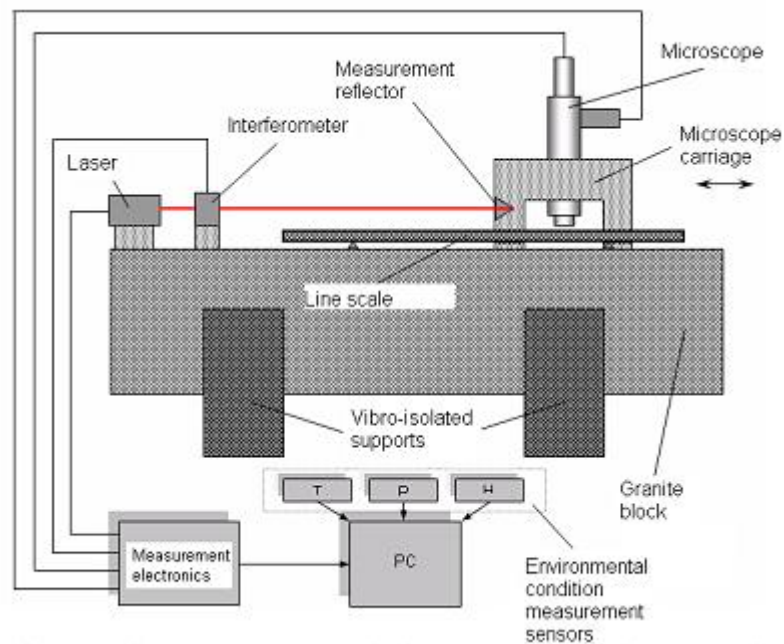


Рис. 3. Механическое расположение линии точности измеряет компаратор

Компаратор состоит из четырех главных частей, а именно, корпус машины, лазерного интерферометра, системы перевода и аппарата обнаружения. Корпус машины, которая сделана из гранитной пластины поверхности, используется в качестве основы машины и как гид для движущегося вагона. Измерение смещения вагона понято лазерным интерферометром, который состоит из Zygo ZMI излучатель лазера 2000 и интерферометр с singlepass договоренностью. Интерферометр предоставляет резолуцию 0.62 нм.

Компаратор был разработан, чтобы достигнуть расширенной неуверенности измерения ( $k = 2$ ) вниз к  $7 \times 10^{-7}$  м ( $L = 1$  м) в динамическом режиме. Это позволило проследить калибровку масштаба линии до  $L \leq 3.5$  м длиной к стандарту длины волны. Усиление и числовая апертура используемого объектива NIKON были  $20\times$  и  $50\times$ , и числовая апертура – 0.4 и 0.55 соответственно [5, 6].

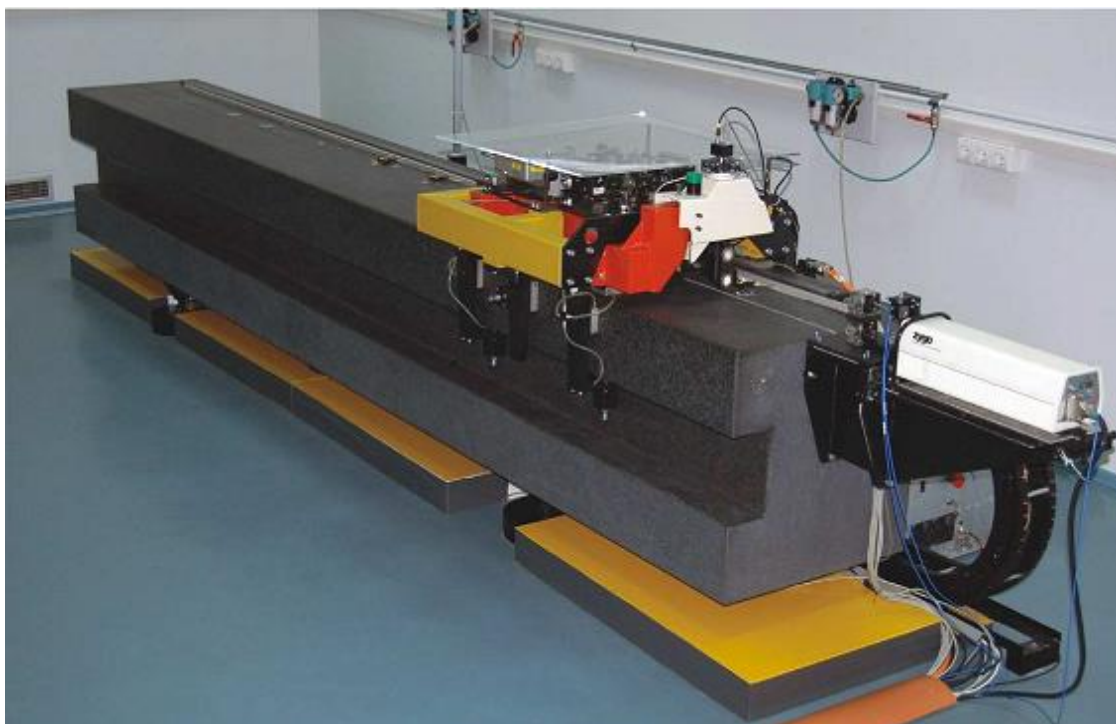


Рис. 4. Точность управляемый интерферометром компаратор масштаба линии с микроскопом устройства с зарядовой связью (CCD)

Перемещение микроскоп CCD служит датчиком локализации структуры для измерений весов линии. Микроскоп на вагоне, управляемом на аэростатических подшипниках, перемещен со скоростью, которой управляют, 1-10 мм/с.

Расстояния линии церемонии вручения дипломов измерены во время непрерывного движения. Средние профили линий церемонии вручения дипломов сформированы, суммировав картинную интенсивность элемента каждого ряда CCD. Центр линии вычислен как нагруженный средний от профиля интенсивности линии. Давление воздуха, температура, влажность находится на линии, к которой получают доступ, чтобы определить индекс преломления воздуха формулой Эдлена. Угловая петля контроля - вместе с числовой процедурой - была применена, чтобы дать компенсацию и уменьшить вклад неуверенности Абби. Целым процессом калибровки и всеми операциями системы управляет РС, который бежит согласно определенной операционной программе, которая включает также ошибочную компенсацию.

Измеренные уровни подтверждают, что исследованная система измерения может работать надежный в скоростях до 6 мм/с без заметной потери в точности измерения. Чтобы исследовать процесс калибровки в режиме реального времени, эксперименты калибровки масштаба линии с перемещением, микроскоп CCD был выполнен в определенных рабочих режимах, и точность динамической калибровки была проанализирована.

### **Экспонаты**

Дипломированные шкалы расстояний прибывают во многие формы и сделаны в длинах от нескольких микрометров до более чем нескольких метров. Те дольше, чем метр или два обычно классифицируются как имеющие размеры ленты или пруты. Много материалов используются включая сталь, Инвар, стекло, glassceramics, кремний и сплавленный кварц. Пересеките частная форма может быть прямоугольной, "H", изменил "U" (плоское основание), или измененный "X" (Tresca). В настоящее время интерферометр масштаба линии ограничен ширинами церемонии вручения дипломов в пределах от подмикрометра к 100 мм и интервалов в пределах от меньше чем 1 мм до 1025 мм. Интервалы обычно измеряются от центра до центра церемоний вручения дипломов, но могут также быть измерены от края до края. Некоторые устройства, которые не являются строго линейными шкалами, измерены в интерферометре масштаба линии. Они включают стандарты конца в диапазон размера (от 250 мм до 1000 мм), который может проблемы данного измерения с лазерной интерферометрией. Два размерных образца измерены, рассматривая каждый ряд и колонку церемоний вручения дипломов как независимый масштаб и, если это возможно, оценка ортогональности может быть сделана, измерив диагонали<sup>27</sup>.

### **4.3. Ошибки и анализ систем калибровки длины.**

Создание измерений с наноразмерной точностью представляет несколько главных трудностей. Экологические колебания, такие как вибрация или изменение температуры имеют большой эффект в наноразмерном. Например, любое внешнее изменение больших машин, используемых в производственных компонентах микроэлектроники, затронет создание наноразмерных особенностей и их кардинально важное выравнивание друг другу. Способность измерить эти влияния, и после того минимизировать их, поэтому жизненно важна [1-5].

<sup>27</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

Ошибочный бюджет - модель точности машины в ее среде, выраженной с точки зрения причинно-следственных отношений. Это может включать случайные количества, такие как сейсмические колебания или детерминированные количества, такие как отклонения из-за силы тяжести или весов движущихся топоров и полезных грузов. Ошибочный бюджет помогает идентификации, где сосредоточить ресурсы, чтобы улучшить точность существующей машины или одного разрабатываемого. Это предоставляет полезную информацию для спецификации требований точности подсистемы, чтобы достигнуть итогового баланса на уровнях трудности.

Техническое основание для ошибочного бюджета опирается на два предположения:

- полная ошибка в данном направлении - сумма всех отдельных ошибочных компонентов в том направлении, и
- у отдельных ошибочных компонентов есть физические причины, которые могут быть определены и определены количественно.

Практическая трудность возникает, потому что мы обычно не можем определять количество ошибок в полных деталях особенно в стадии проектирования. Хотя ошибка может измениться пространственно и временно, обычно единственная оценка будет конвертом ограничения и возможно приблизительной частотой изменения.

В целом ошибки станков могут быть разделены на две категории: систематические и случайные ошибки. Систематические ошибки могут быть описаны детерминированными математическими и техническими моделями. Случайные ошибки трудно смоделировать и дать компенсацию. В калибровке стандартов линии несколько существенных источников должны быть определены и устранены или исправлены. Следующая ошибочная карта, посмотрите, что Рис. 5, представленный как диаграмма причины и следствия, дает источники неуверенности, классифицированной типом и их происхождением (Jakštas, 2006).

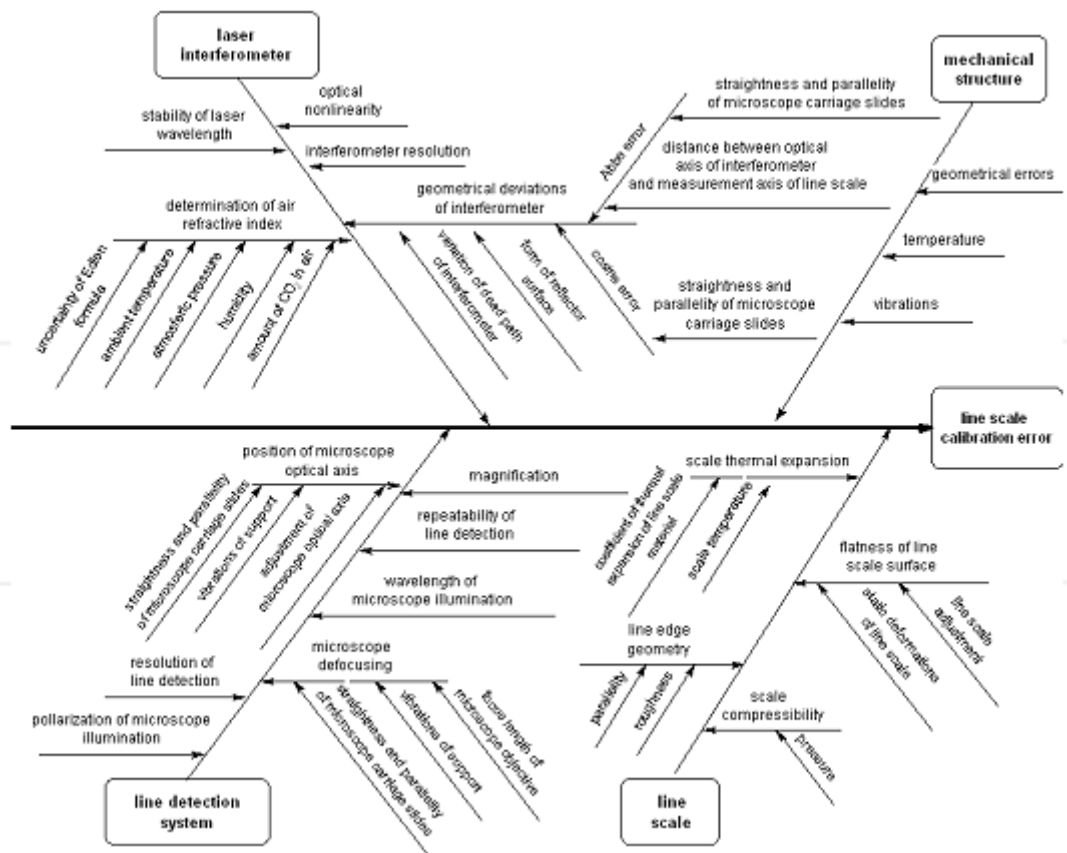


Рис. 5. Пример ошибочной модели для линии измеряет систему калибровки

Среди ключевых факторов, которые затрагивают точность систем калибровки длины, геометрические отклонения и тепловые эффекты на компоненты компаратора и масштаб. Механические ограничения систем калибровки показаны целым комплексом механической системы включая ошибочные схемы компенсации.

Тепло вызванные ошибки в измерении - ограничивающий фактор точности в метрологии длины. Температура, атмосферное давление и влажность влияют на показатель преломления воздуха и, таким образом, длина волны света; температура также затрагивает длину измеряемого масштаба. Философия точных размерных измерений должна, поэтому, приблизить тепловое равновесие около справочной температуры 20 оС для условия измерения. Чтобы калибровать весы особенно длинной линии, некоторые предпосылки должны быть выполнены, насколько температурное влияние затронуто:

- точные измерения температуры масштаба и окружающей среды
- температурная стабильность за время измерения
- исправление маленьких температурных дрейфов
- незначительные тепловые градиенты
- температуры близко к справочной температуре

Температурные проблемы - широко оцененный ошибочный источник в машинах измерения точности. Анализируя высокие системы калибровки точности важно оценить среднюю температуру объема некоторых частей механического компаратора, а также температуру масштаба. При реальных условиях калибровки измерение температуры возможно только в определенные моменты. Время отклика температурных датчиков также довольно долго (от нескольких секунд до нескольких минут). Поэтому, быстрые изменения температуры не могут быть обнаружены, и, следовательно, увеличения неуверенности измерения. Тепло вызванные ошибки в машине измерения длинного удара более значительные из-за их размера и сложности. Из-за высоких требований для геометрической стабильности системы калибровки, температурные деформации, вызванные изменениями нескольких сотых частей Кельвина, нужно рассмотреть. Причинно-следственные отношения могут быть вычислены в значительных деталях, используя современный анализ конечного элемента (FE) и эмпирические формулы теплопередачи, но делание так требует значительного знания о дизайне и окружающей среде [1-3].

Результаты измерений температуры, выполненных в лаборатории компаратора (показанный на Рис. 6), показали, что максимальные температурные отклонения от средней суммы приблизительно до  $\pm 0.25$  К (во время целого периода системной операции) и главные причины, которые вызывают температурные градиенты, являются лазерным источником, вычислением и блоком управления и тепло неизолированной частью первого этажа. Измерение температуры воздуха во время процедуры калибровки из-за введенного динамического способа указало на намного меньшие температурные различия и вычислило, стандартное отклонение было  $0.034$  К<sup>28</sup>. Поскольку калибровка точности линии измеряет не, только близость лабораторной температуры к номинальным 20 оС температурам имеет первостепенное значение, но также и температурную стабильность (отклонения) во время процедуры калибровки. Поэтому, период температурной стабилизации, которая может продлиться в течение 10-14 часов, необходим, чтобы достигнуть высоких процедур калибровки точности.

---

<sup>28</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

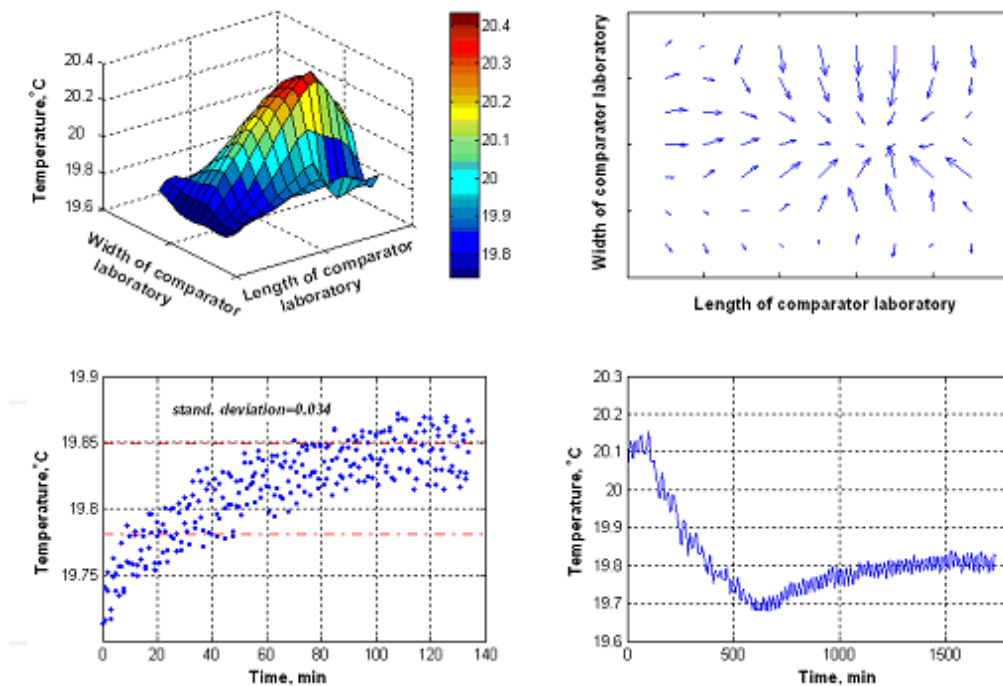


Рис. 6. Измерения температуры в лаборатории системы калибровки длины

### Моделирование

Связанные с ошибкой проблемы, определенные для измерений длины, вызваны прежде всего геометрическими и тепловыми отклонениями компонентов компаратора и масштаба. Одна из критических задач в динамической калибровке весов - приобретение микроскопа изображения, т.е. подчеркивание экземпляра прежде, чем взять изображение и измерить любую особенность. Из-за недостатков стадии, т.е. погрешности движения механизма просмотра и колебаний, понижение микроскопа не совершенно перпендикулярно в отношении оптической оси системы отображения. Измерение даже немного вибрирующей структуры с любой степенью точности подвержено ошибке с оптическим микроскопом. Любое отклонение на расстоянии линзы микроскопа относительно масштаба - например, когда поверхность находится в движении во время процесса сбора данных - вводит ошибки измерения. Величина получающейся ошибки может колебаться от нескольких нм до нескольких  $\mu\text{m}$  в зависимости от величины таких беспорядков и установки измерения. Наиболее распространенная ошибка, связанная с маленькими колебаниями, является ошибкой в обнаружении церемонии вручения дипломов масштаба линии. Структуры машин измерения продолжительности точности часто слишком сложны, чтобы быть смоделированными точно, применяя простые методы. Поэтому сложные модели, а также их аналитические инструменты необходимы, чтобы выполнить качественное и количественное описание и анализ детерминантов процесса калибровки продолжительности точности. В этой работе методы метода конечных элементов (FEM) использовались для моделирования поведения вагона компаратора, микроскопа CCD и самого калиброванного стандарта линии под влиянием динамических и тепловых факторов, как изменения экологической температуры, колебания в структуре, вызванной сейсмическим возбуждением<sup>29</sup>.

Современный метод FE был применен, чтобы оценить возможное влияние динамических и тепловых факторов на погрешности измерения. Два основных физических явления представляли интерес:

<sup>29</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

1. смещения структуры в результате прикладных динамических возбуждений, а также, неоднородность температурной области;
2. теплопередача в структуре вызвана внешней температурной областью. Все необходимые аспекты динамического поведения компаратора могут быть исследованы, используя маленькое смещение упругие структурные модели как (Jakštas и др., 2006)

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{F(t) + Q(t)\} \quad (2)$$

[K], [M], [C] - жесткость, масса и матрицы демпфирования структуры; {F} - центральный вектор внешних сил возбуждения;  $Q(t)$  - центральный вектор силы, вызванный температурным эффектом распространения;  $U$ ,  $\dot{U}$ ,  $\ddot{U}$ , являются центральным смещением, скоростью и векторами ускорения. Модели FE позволяют нам моделировать все 3D смещение или образцы вибрации структуры.

Вертикальные колебания микроскопа могут привести к расфокусировке. Колебания в направлении движения могут вызвать ошибки обнаружения в определении положений линий церемонии вручения дипломов. На практике векторы возбуждения  $F(t)$  вызванный внешними динамическими эффектами или движущимися частями структуры не известны явно, но часто подвергаются внешнему возбуждению, размножающемуся через основу и поддержки структуры компаратора. Анализ спектра - тот, в котором результаты модального анализа используются с известным спектром, чтобы вычислить смещения и усилия в смоделированной структуре. Модель способна к предсказанию поведения системы под тепловым грузом и позволяет нам исследовать термомеханические процессы в системе, принимая во внимание и статические и динамические беспорядки и отклонения параметра. Динамический ответ компаратора в результате сейсмического возбуждения был исследован, используя маленькое смещение упругие структурные модели (Jakštas, 2006; Jakštas и др. 2006). Моделирование сейсмических возбуждений в структуре компаратора показало, что максимальные смещения ожидаются в нижнем самолете цели микроскопа и могут составить больше чем 100 нм. Модальный анализ пространственных отклонений вагона и микроскопа, вызванных сейсмическими возбуждениями, а также вызванные операцией колебаний дороги для экипажей в парке показали, что динамические факторы могут способствовать значительно бюджету неуверенности калибровки. Чтобы минимизировать, в частности колебания отражателя измерения, строительство структуры вагона было оптимизировано и порождено из двигателя, были уменьшенные колебания. Обширные расследования были достигнуты, чтобы и уменьшить динамично вызванные отклонения, порожденные динамическими возбуждениями механической структуры и оптимизировать дизайн компаратора. Измерения точности были выполнены, чтобы оценить воздействие маленькой вибрации на выполнении процесса калибровки масштаба линии. Результаты эксперимента показали, в частности что типовое стандартное отклонение driveinduced относительных смещений между движущимся отражателем интерферометра и пунктом измерения микроскопа может достигнуть  $0.662 \mu\text{m}$  (на скорости калибровки 3 мм/с); они были значительно уменьшены оптимизацией структура вагона и устранение нежелательные способы вибрации.

Результаты измерения, изображенные на Рис. 7, показывают улучшение стабильности систем, используя оптимизированную структуру вагона микроскопа (синяя линия). Типовое стандартное отклонение вызванных двигателем относительных смещений зеркала измерения было уменьшено от  $0.178 \mu\text{m}$  вниз к  $0.054 \mu\text{m}$  (Kaušinis и др., 2009).

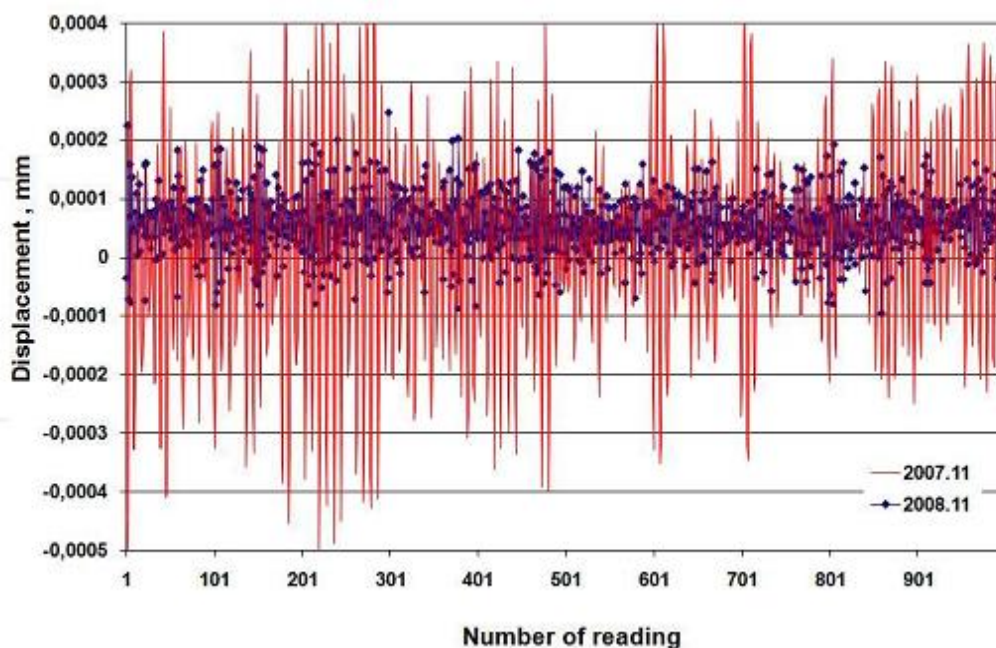


Рис. 7. Сравнение колебаний зеркала измерения интерферометра

Температурные проблемы - широко оцененный ошибочный источник в машинах измерения точности. Анализируя высокие системы калибровки точности необходимо оценить среднюю температуру объема некоторых частей механического компаратора, а также температуру масштаба. При реальных условиях калибровки измерение температуры возможно только в определенные моменты. Время отклика температурных датчиков также довольно долго (от нескольких секунд до нескольких минут). Поэтому, быстрые изменения температуры не могут быть обнаружены, и, следовательно, увеличения неуверенности измерения. Тепло вызванные ошибки в машине измерения длинного удара еще более значительные из-за их размера и сложности. Из-за высоких требований для геометрической стабильности системы калибровки, температурные деформации, вызванные изменениями нескольких сотых частей Кельвина, нужно рассмотреть. Причинно-следственные отношения могут быть вычислены в значительных деталях, используя современный анализ FE и эмпирические формулы теплопередачи, но делание так требует значительного знания о дизайне и окружающей среде [4-6].

Воздействие температуры на механической деформации масштаба линии может быть моделировано несколькими способами:

1. температурные ценности в определенные моменты строительства могут обнаруживаться экспериментально и использоваться для вычисления;
2. температурная область может быть вычислена в зависимости от назначенной неоднородности температуры окружающей среды, приняв во внимание тепловые процессы конвекции между частями структуры и ее окружения.

Один из сомнительных температурных беспорядков - высокая температура, распространенная камерой CCD имеющего размеры микроскопа<sup>30</sup>. Как установившаяся температура под условиями работы известна, тепловой процесс расширения может быть смоделирован при помощи моделирования FE, и температурные ценности могут быть найдены во всех пунктах структуры микроскопа. Получая температурные ценности, смещения из-за теплового расширения могут быть вычислены в любом пункте структуры.

Уравнение теплового баланса структуры читает следующим образом:

<sup>30</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

$$[C]\{\dot{T}\} + [K_{th}]\{T\} = \{S_{ex}\} \quad (3)$$

где  $[C]$  - матрица тепловой способности,  $[K_{th}]$  - матрицы теплопроводности,  $\{S_{ex}\}$  - центральный вектор источников тепла элемента определена теплообменом по поверхности тела.

Решение представляет центральные температурные ценности, которые далее используются в качестве грузов в проблеме теплового расширения структуры как:

$$[K]\{U\} = \{Q\} \quad (4)$$

где  $[K]$  - матрица жесткости элемента;  $\{Q\}$  - вектор центральных сил определен температурными грузами.

Вычислительная модель FE структуры была настроена, в котором могли быть вычислены температуры структуры и атмосферного воздуха. Модель основана на сцеплении следующих физических явлений:

1. Теплопередача атмосферным воздухом из-за его теплопроводности;
2. Конвективная теплопередача (из-за движения воздуха);
3. Теплообмен между воздухом и структурой компаратора;
4. Теплопередача структурой компаратора из-за ее теплопроводности;
5. Формирование деформаций в структуре компаратора из-за неомогенной тепловой области произведено в нем.

В вычислительных образцовых явлениях 1-4 были описаны посредством ANSYS (FLOTRAN) элемент FLUID142. Элемент может использоваться при двух различных условиях:

- жидкая (газовая) динамика, описанная уравнением непрерывности, уравнением адвективного распространения и идеальным газовым уравнением состояния;
- теплопроводность в теле описана уравнением теплопроводности.

Модель способна, чтобы предсказать поведение системы под тепловым грузом и позволяет нам исследовать термомеханические процессы в системе и облегчает находящие надлежащие структурные решения уменьшить воздействие теплового груза на точности калибровки.

Смещения в структуре, вызванной расчетной областью температур, изображены на Рис. 8.



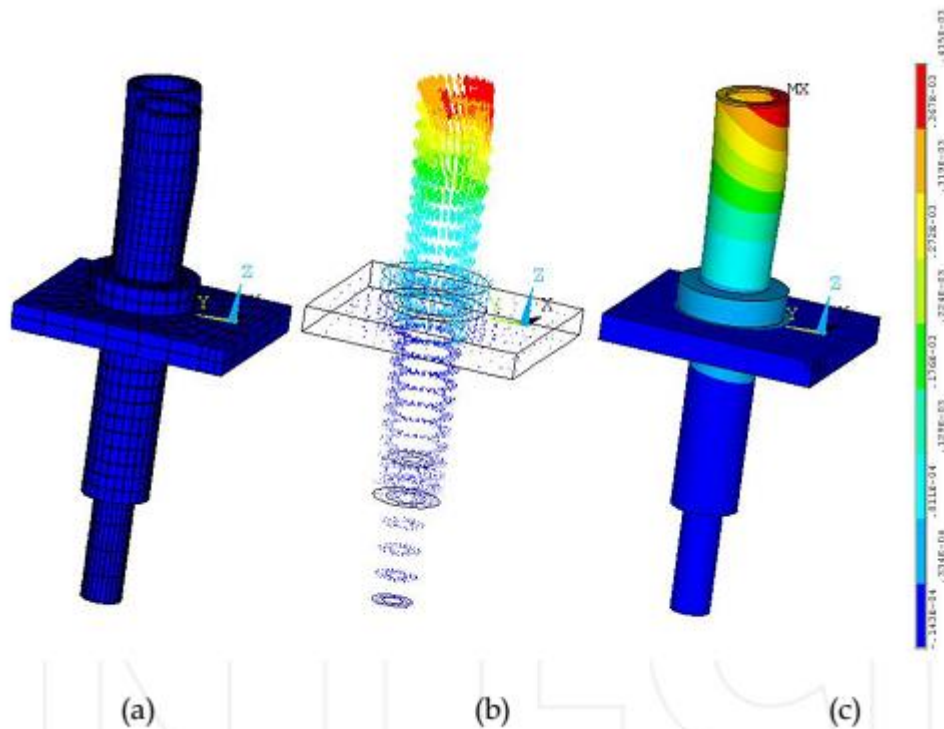


Рис. 8. Смещения в структуре вызваны расчетной областью температур; камера CCD прикреплена к стороне микроскопа: (а) деформация строительства; (б) векторы центральных смещений; (с) деформация структуры

Векторный  $\{Q\}$  в уравнении (1) может быть легко определен, известна ли температурная область в структуре. Если только окружающая переходная температурная область известна, температуры в структуре могут быть получены, решив проблему теплопроводности

$$[C_{th}]\{\dot{T}\} + [K_{th}]\{T\} = \{S_x\} + \{Q_{th}\} \quad (5)$$

где  $[C_{th}]$ ,  $[K_{th}]$  - тепловая способность и матрицы проводимости структуры,  $\{S_x\}$  - центральный вектор источников тепла определены тепловой конвекцией через поверхность структуры.

Чтобы определить распределение температурных областей вокруг камеры CCD, температурные датчики были устроены, и температурное распределение, измеренное при сокращении CCD, нагревании и устойчивых условиях работы.

Ошибка калибровки, вызванная тепловым воздействием камеры CCD при установившихся условиях калибровки, имеет случайный характер, и в режиме реального времени она не может быть дана компенсацию математическими методами. В рамках экспериментов провел оценку различия этого величина ошибки к  $\pm 0.23$  мкм на 95%-м уровне вероятности (Barauskas и др., 2011).

### Калибровки масштаба линии

Измерения высокой точности весов линии в основном применяют два главных способа калибровки: статичный и динамичный. В настоящее время статические системы обнаружения линии преобладающе используются в институтах метрологии и лабораториях калибровки во всем мире. Статический метод потенциально более точный, но несколько медленный, тогда как динамический метод предлагает извлечения выгоды из калибровки масштаба с точки зрения скорости, точности и пропускной способности. Это также позволяет строительное упрощение, потому что урегулирование высокой точности движущегося масштаба или микроскопа ненужное, и процесс измерения меньше под влиянием окружающих условий окружающей среды. С другой стороны, динамический

метод сталкивается с трудностями, вызванными колебаниями скорости измерения, временными задержками, шумом и колебаниями особенно во время обнаружения линии церемонии вручения дипломов. Механические ограничения для динамического способа показаны целым комплексом механической системы включая ошибочные схемы компенсации. Поскольку динамический процесс калибровки должен быть исследован в режиме реального времени, эксперименты калибровки масштаба линии и с разрезом и с перемещающий микроскоп CCD были выполнены в определенных рабочих режимах, и зависимость точности динамической калибровки против скорости была изучена [2-5].

Эксперименты калибровки были выполнены, который намеревался зарегистрировать текущие возможности выполнить калибровки масштаба линии на высококачественных градуированных шкалах, сделанных из низких тепловых оснований расширения<sup>31</sup>. Стандарт масштаба линии, сделанный из стеклокерамики Zerodur, был доступен для цели калибровки от РТВ. Размеры масштаба составляют 230 мм в длине, 25 мм по ширине и 14 мм в высоте. Церемония вручения дипломов представляет полную длину 200 мм и состоит из структур линии с 1 мм длиной и 2.5  $\mu$ m шириной. Структуры линии размышляют над прозрачными основаниями. measurand, который был определен на линии, измеряет, стандарт - отклонения от номинальных длин для 1-миллиметровых линий (1-миллиметровая подача). Рис. 9 показывает отклонения от номинальных положений для взвешенного среднего, вычисленного на основе набора 6 независимых пробегов измерения, взятых на скорости вагона микроскопа 3mm/s. Экологическая палата и температуры масштаба проводились в пределах  $\pm 0.05$  °C во время измерений. Положения линии исправлены для влияния температурного отклонения от 20 °C и отклонений давления от 1013.25 гПа.

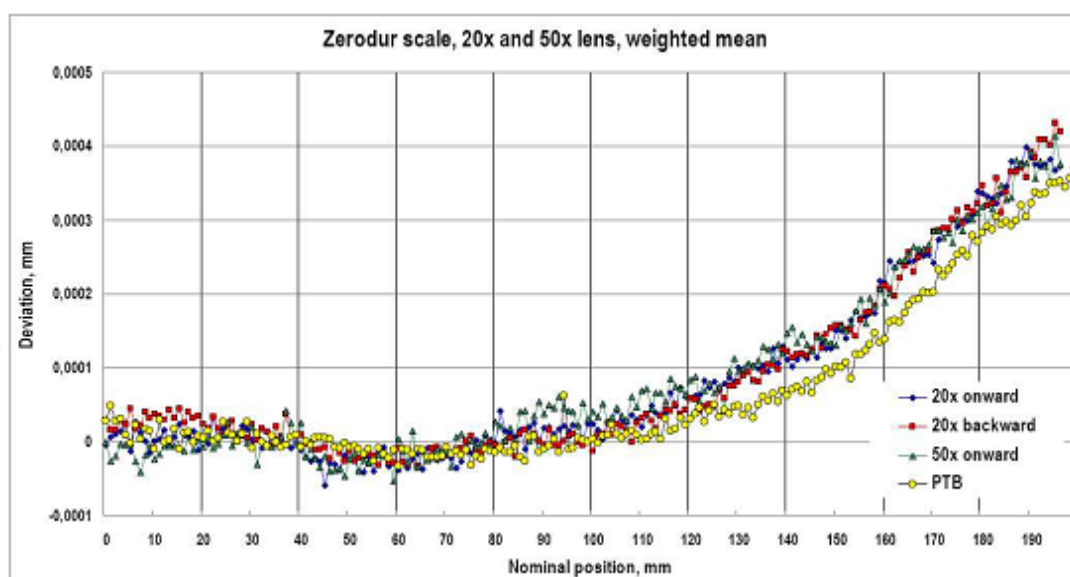


Рис. 9. Калибровка заканчивается в масштабе Zerodur, 200-миллиметровой церемонии вручения дипломов, 1-миллиметровом шаге.

Было продемонстрировано, что возможности недавно развитого компаратора близко к возможностям калибровки аналогичных длинных систем калибровки масштаба в других странах, доступных от ключевой базы данных сравнения ВІРМ, посмотрите Рис. 10, и все еще может быть улучшен, в первую очередь, включив автоматическую систему сосредоточения линии и сжатие терпимости внешних условий в лаборатории [6].

<sup>31</sup> Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.)

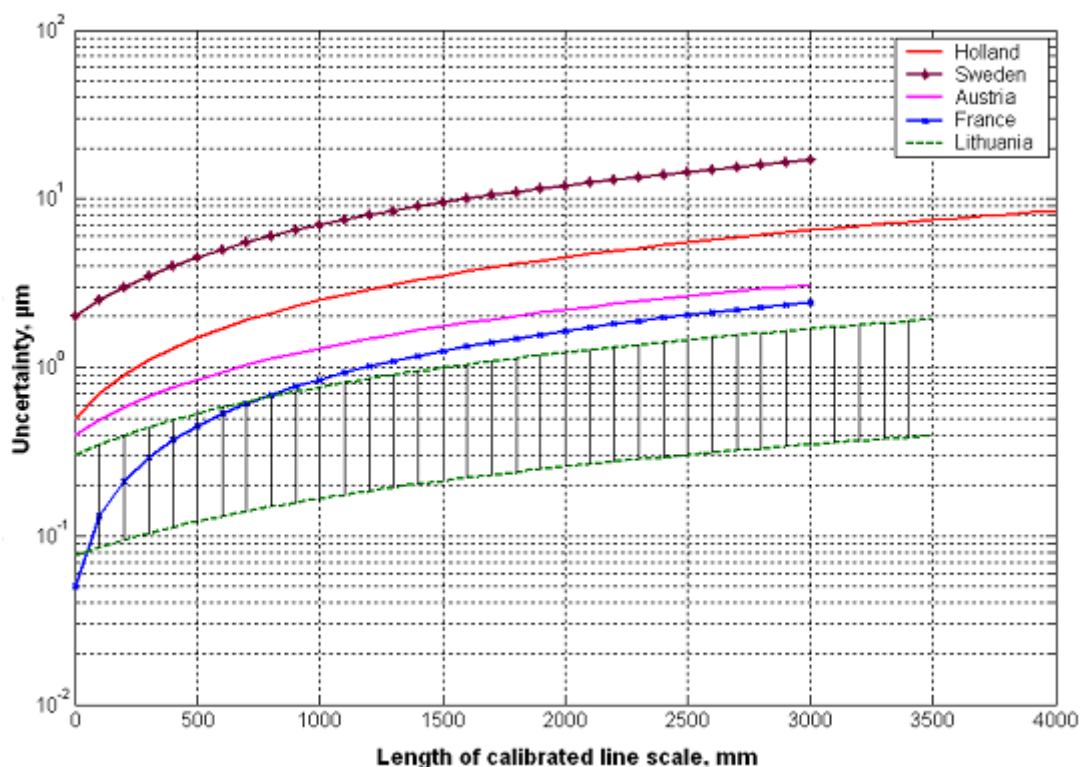


Рис. 10. Сравнение длинной линии измеряет возможности калибровки

### Заключения

Измерения точности, основанные на стандарте длины, очень важны, и их значение растет с продвижением науки и промышленной технологии. Особенно важный повышение качества продукта в производственных процессах. Разработка стандартов метрологии следует за потребностями технологии.

Разнообразие инструментов и техник измерений в размерной метрологии требует, чтобы значительно более зрелый набор стандартов для характеристики процесса измерения раньше получал данные об измерении, например, какая выборка стратегии использовалась, какая фильтрация была применена и какое measurands определение было применено. Это будет также ожидать больше ноу-хау на уровне пользователя метрологии, вовлеченной в работу современным измерительным оборудованием.

В промышленной метрологии несколько проблем вне точности ограничивают удобство использования методов метрологии. Они включают среди других факторов, скорости, с которой измерения могут быть достигнуты на частях или поверхностях в процессе производства и способности системы измерения работать достоверно в температуре рассмотрения окружающей среды завода-изготовителя, вибрации, пыли и массе других потенциальных враждебных факторов.

Уместность и необходимость рассмотрения проблемы точности и быстродействующей калибровки масштаба линии прежде всего ведет быстрое увеличение требований к эффективности калибровки весов точности. Значительно более высокие требования точности и эффективности установлены для новых систем, кроме того, это нацелено на отслеживаемость масштабных коэффициентов линии точности во время производственного процесса в технологической линии, и процесс калибровки должен быть максимально коротким.

Эта глава постигает резюме и анализ литературы и существующие научно-технические решения точности 1D калибровка длины. Это решает также проблемы научных исследований управляемого интерферометром компаратора, который управляется в неидеальных условиях окружающей среды и позволяет проследить калибровку масштаба линии до  $L \leq 3.5$  м длиной к стандарту длины волны.

Результаты анализа и исследования представляют и систематическую методологию и базу знаний для оценки точности калибровки длины, которые включают текущие и новые технологии и могут постепенно применяться в различном оборудовании точности и инструментровке.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите метрологическое обеспечение величины длина
2. Как появилось метр?
3. Объясните системы калибровки длины.
4. Какие факторы учитывается для анализа системы калибровки длины

### **Список используемые литературы**

1. Saulius Kaušinis, Albinas Kasparaitis and Aurimas Jakštas (2012). Length Metrology and Calibration Systems, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.);
2. Barauskas, R.; Kasparaitis A.; Kaušinis S. & Lazdinas R. (2011). Temperature fields, exchanges and deformations of a precise comparator structure, Mechanika, No.17, Kaunas, Lithuania, pp. 279-283, ISSN 1392-1207 Beers, J.S. & Penzes W.B. (1999).
3. The NIST Length Scale Interferometer, Journal of Research of NIST, Vol.104, pp.225-252 Bobroff, N.H. (1993).
4. Recent advances in displacement measuring interferometry, Measurement Science Technology, Vol.4, pp. 907-926 Bosse, H. & Flügge, J. (2001).
5. Requirements and recent developments in high precision length metrology, Proceedings of the 159. PTB-Seminar, 2001, 180 p.
6. Bureau International des Poids et Mesures. (April 2003). Evolving needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM, 142p.

## **Тема №5. ВИРТУАЛЬНАЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

### *План:*

1. Концепция виртуального прибора
2. Основные компоненты виртуальных инструментов
3. Распределенные измерительные системы
4. Системы Smart Sensor
5. Аккредитации лаборатории по ISO / IEC 17025

**Ключевые слова:** измерительные системы, процедура измерения, виртуальные прибор, основные компоненты, концептуальная модель, аппараты средств измерений, программное обеспечение, системы Smart Sensor, интеллектуальные датчики, аккредитация, лаборатория.

### **5.1. Концепция виртуального прибора**

Разработка и использование программируемых измерительных систем широко изучены. Возможность изменения процедуры измерения путем простого изменения алгоритма, выполняемого компьютером на основе архитектуры с без замены аппаратных компонентов делает экспериментальную деятельность проще. Виртуальные измерительные системы были введены для упрощения разработки, внедрения и использования программируемых измерительных систем, приняв визуальный интерфейс. Сеть также была успешно внедрена в измерения для соединения различных инструментов и участков обработки данных в распределенной измерительной системы (DMS). Промышленность, которые разрабатывают и используют СЭД мигрируют от собственных аппаратных и программных платформ в пользу открытых систем и стандартных подходов.

Ключевые слова: виртуальная приборы, распределенная система измерения, дистанционного управления и сетевые измерения, соединительные шины.

В течение многих лет электронные приборы были легко идентифицированы продукты. Несмотря на то, что они варьировались по размеру и функциональности, все они имели тенденцию быть коробчатые объекты с панелью управления и дисплеем. Автономные электронные приборы очень мощные, дорогие и предназначены для выполнения одной или нескольких конкретных задач, определенных производителем. Тем не менее, пользователь, как правило, не может расширить или настроить их. Ручки и кнопки на приборе, встроенные схемы, а также функции, доступные пользователю, все они являются специфическими для характера этого документа. Кроме того, специальные технологии и дорогостоящие компоненты должны быть разработаны для создания этих инструментов, что делает их очень дорого и трудно адаптироваться<sup>32</sup>.

Широкое распространение ПК за последние двадцать лет привело к новому для ученых и инженеров для измерения и автоматизации мир вокруг них. Одним из важнейших событий в результате повсеместного ПК является концепция виртуальных приборов. Виртуальный инструмент состоит из промышленного стандарта компьютера или рабочей станции, оснащенной прикладного программного обеспечения вне-полки, рентабельной аппаратных средств, таких как съемных плат и драйверов программного обеспечения - которые вместе выполняют функции традиционных инструментов. Сегодня виртуальные приборы приходит возраста, с инженерами и учеными с использованием виртуальных инструментов, буквально сотни тысяч приложений по всему миру, что приводит к более быстрой разработки приложений, более высокое качество продукции и снизить затраты. Виртуальные инструменты представляют собой фундаментальный сдвиг от традиционных аппаратных центрируется измерительных систем по отношению к программно-центрированные системы, которые используют вычислительные мощности, производительности, отображения и возможности подключения популярных настольных компьютеров и рабочих станций. Хотя ПК и интегрированные технологии цепи испытали значительный прогресс в последние два десятилетия, это программное обеспечение, которое делает возможным построение виртуальных инструментов на этом фундаменте. Инженеры и ученые не больше не ограничены традиционными фиксированными функциями инструментов. Теперь они могут строить систем измерения и автоматизации, которые подходят именно их конкретных потребностей.

### **КОНЦЕПЦИЯ ДОКУМЕНТА ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Обычно приборы производители предоставляют специфические функции для данной архитектуры и фиксированных интерфейсов для измерительных приборов, и тем самым ограничить область применения этих устройств. При фактическом использовании требуется много времени для настройки диапазона измерений и для сохранения и документирования результатов. Появление микропроцессоров в измерительных и измерительных полей производятся быстрые модификации измерительной техники устройства, в ближайшее время с последующим появлением методов измерения компьютерных. Концептуальная модель раннего компьютеризированной аппаратуры приведена на рис. 1.

Один пользователь управляет системой, которая работает исключительно на части аппаратных средств. Существует единая структура управления, которая образована комбинацией пользователя и программное обеспечение, управляющее несколькими устройств, подключенных к шине измерительных приборов. Основными проблемами являются сцепного устройства и модели программирования. Измерение состоит из трех частей, как показано на рис. 2, сбор данных измерений или сигналов, кондиционирования и обработки анализа сигналов измерения и представления данных. Понятие виртуального инструмента часто используется в промышленной практике измерения, но не всегда с

---

<sup>32</sup> Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16

точно таким же значением. Для некоторых людей, виртуальные инструменты основаны на стандартных компьютерах и представляют собой системы для хранения, обработки и представления данных измерений. Для других, виртуальный инструмент представляет собой компьютер, оснащенный программным обеспечением для различных применений, включая драйверы для различных периферийных устройств, а также аналого-цифровой и цифро-аналоговых преобразователей, что представляет собой альтернативу дорогим традиционным инструментам с аналоговых дисплеев и электроники. Обе точки зрения более или менее правильно. Получение данных с помощью компьютера может быть достигнуто различными способами, и по этой причине понимание архитектуры измерительного прибора становится важным.

Виртуальный инструмент может быть определен как интеграция датчиков с помощью ПК с конкретным аппаратным и программным обеспечением, чтобы позволить измерение сбора данных, обработки и отображения сбора данных.

Виртуальный инструмент может заменить традиционную переднюю панель с кнопками и дисплеем с помощью виртуальной передней панели на мониторе ПК. Виртуальные инструменты являются средством интеграции дисплея, управления и централизации сложных измерительных систем. Промышленное применение измерительных приборов, однако, требуют высоких скоростей, на большие расстояния, а также мульти- поставщика подключения приборов, основанных на открытых сетевых протоколах промышленных. Для того чтобы построить виртуальный инструмент необходимо объединить аппаратные и программные элементы, которые должны выполнять сбор данных и управления, обработки и представления данных другим способом, чтобы максимально использовать преимущества ПК. Похоже, что в будущем ограничения инструментов будет двигаться больше и больше от аппаратного обеспечения. Такая общая концепция виртуальных приборов представлена на рис. 3.

Поставщик виртуального инструмента может использовать последовательный канал связи, основанный на стандартном RS-232 или параллельной связи на основе стандарта GPIB (известный также как HP-IB, IEEE 488.1-2 или IEC 625.1-2), шину PC или VXIbus (VME Удлинитель для измерительных приборов). Основные категории виртуальных инструментов:

а) Графический передней панели на экране компьютера для управления модулями или инструментов

- a1), управляемый модуль подключаемый модуль DAQ платы,
- a2), управляемый инструмент основан на GP-IB совета,
- a3), управляемый прибор подключается через последовательный порт,
- a4), управляемый прибор VXI-плата (или система).

б) Графическая передняя панель без каких-либо физических приборов на все подключенные к компьютеру. Вместо этого компьютер получает и анализирует данные из файлов или из других компьютеров в сети, или же она может даже рассчитать свои данные математически смоделировать физический процесс или событие, а не приобретения фактических данных реального мира<sup>33</sup>.

Для соединения ПК в соответствии с пунктом а) следующий процесс измерительных приборов прилагаются:

- Датчики
- GP-IB инструменты
- Последовательные инструменты
- VXI инструменты

Эта структура является результатом международной стандартизации позволяет больше свободы при помощи доски и инструментов от различных производств.

---

<sup>33</sup> Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16

Основными представительными особенностями виртуальных инструментов, описывающие их функциональные возможности следующие:

- Повышение функциональности традиционного инструмента с компьютерами;
- Открытие архитектуры инструментов;
- Широкое признание и принятие виртуального инструмента рамок разработки программного обеспечения.

## 5.2. Основные компоненты виртуальных инструментов

Основными компонентами всех виртуальных инструментов в уже имеются: компьютер и дисплей, программное обеспечение виртуальной инструмент, структура шины (которая соединяет компьютер с аппаратными средствами прибора) и инструмент жесткого посуды.

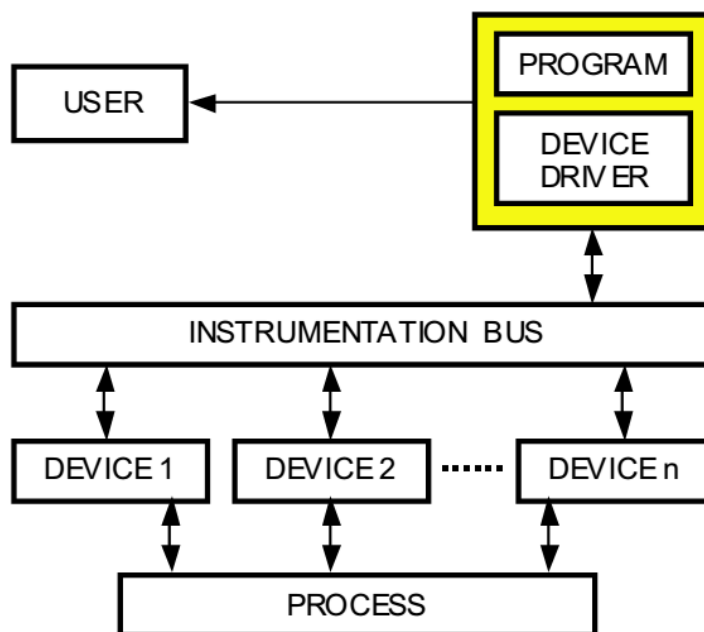


Рис. 1. Концептуальная модель ранней компьютеризированной аппаратуры

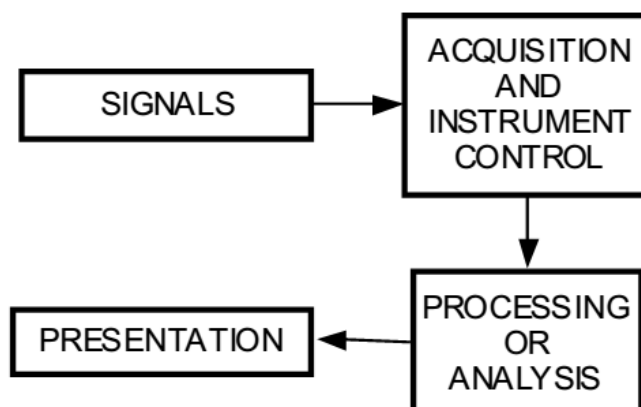


Рис. 2. Схема процесса измерения

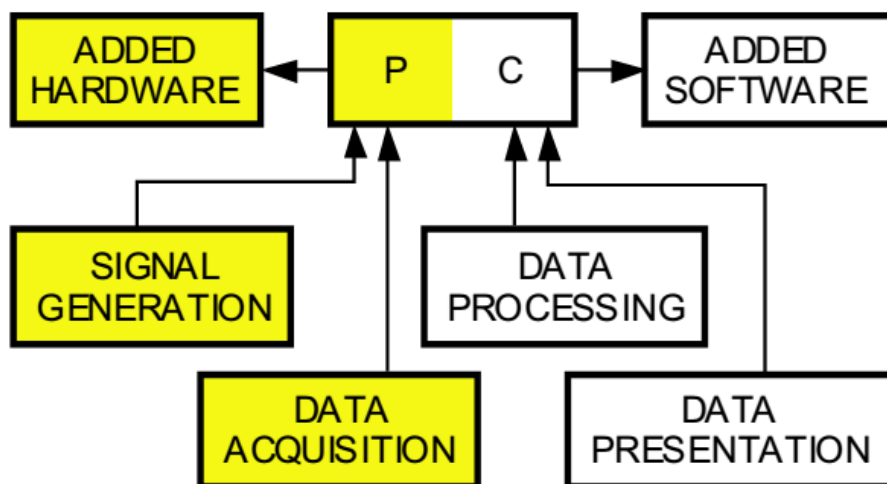


Рис. 3. Общая концепция виртуального инструмента

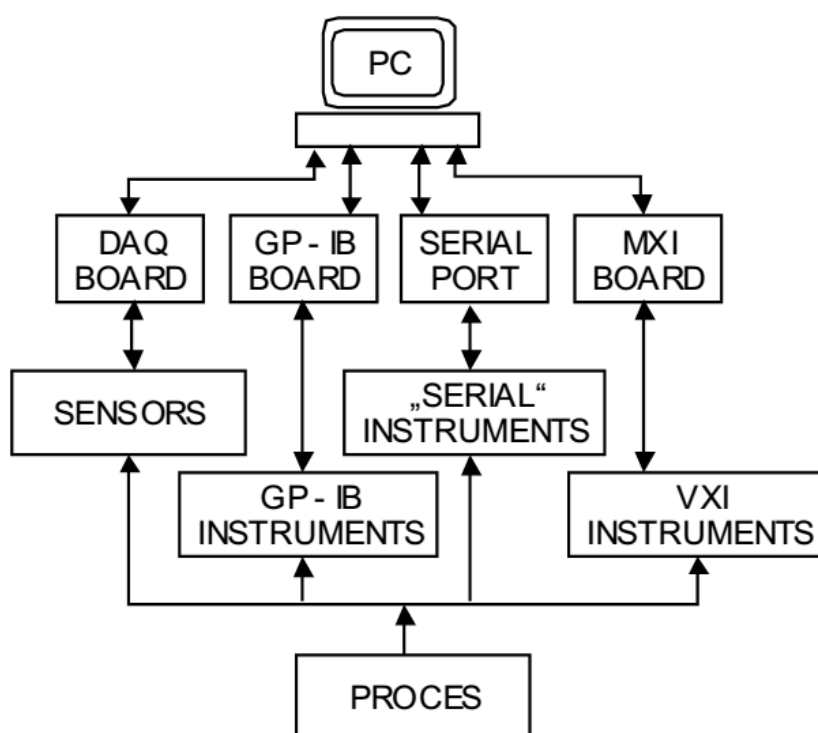


Рис. 4. Структура ПК на базе аппаратных средств измерительной аппаратуры

### 3.1 Компьютер и дисплей

Компьютер и дисплей являются сердцем системы виртуальных инструментов. Эти системы, как правило, основаны на персональном компьютере или на рабочей станции с высоким разрешением монитор, клавиатуру и мышь. Важно, чтобы выбранный компьютер соответствует системным требованиям, указанным пакетами программного обеспечения измерительных приборов. Быстрые технологические достижения технологии ПК значительно повысят виртуальных измерительных приборов. Переход от DOS к Windows, дала пользователям ПК графический пользовательский интерфейс и сделал 32-битное программное обеспечение, доступное для создания виртуальных инструментов. Достижения в производительности процессора поставляется мощность, необходимую для внесения приложений в сферу виртуальных приборов. Быстрее архитектуры шины (например, PCI) ликвидировали традиционную передачу данных узкое место старых автобусов (ISA). Будущее виртуальных приборов тесно связана с технологией PC.



### 3.2 Программное обеспечение

Если компьютер является сердцем системы виртуальных приборов, программное обеспечение является их мозгом. Программное обеспечение однозначно определяет функциональность и индивидуальность системы виртуального инструмента. Большая часть программного обеспечения предназначена для работы на промышленных стандартных операционных системах на персональных компьютерах и рабочих станциях. Программное обеспечение реализовано, можно разделить на несколько уровней, которые могут быть описаны в иерархическом порядке.

Регистрация программного обеспечения уровня программного обеспечения на уровне регистров требует знания внутренней структуры регистра устройства (DAQ платы, RS 232 прибора, GP-IB инструмент или модуль VXI) для ввода комбинации битов, взятый из инструкции по эксплуатации для программирования измерительных функций из Устройство. Это самый трудный путь в программировании. Полученная программа сильно зависит от аппаратного обеспечения и редко исполняемые на системах с различными аппаратными средствами<sup>34</sup>.

Программное обеспечение уровня драйверов Одним из наиболее важных компонентов в измерительных системах сегодня является программное обеспечение драйвера устройства. Драйверы устройств выполняют фактическую связь и управление аппаратными средствами прибора в системе. Они обеспечивают средний уровень модели программирования простой в использовании, что позволяет осуществлять полный доступ к сложным измерительным возможностям инструмента. В последние годы программисты потратили значительное количество времени написания этого программного обеспечения с нуля для каждого инструмента системы. На сегодняшний день драйверы приборов поставляются в виде модульных, вне готовых компонентов, которые будут использоваться в прикладных программах. Несколько ведущих компаний сформирован (в 1988 году) сменном Virtual Instrument (IVI) Фонда. IVI Фонд был создан для установления формальных стандартов для водителей по приборам и для устранения ограничений прежних подходов. программный инструмент высокого уровня В настоящее время наиболее популярным способом программирования основана на программном обеспечении инструмента высокого уровня. С помощью простых в использовании интегрированных средств разработки, инженеры-конструкторы могут быстро создавать, настраивать и измерения отображения в дружелюбных форме, во время разработки продукта и верификации. Наиболее известные, популярные инструменты следующим образом:

- LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - это высокопроизводительная графический язык программирования для построения сбора данных и измерительных систем. Чтобы указать функциональные возможности системы один интуитивно собирает блок-схемы - естественный дизайн обозначения для инженеров. Его тесная интеграция с измерения аппаратных средств быстрой разработки систем сбора данных, анализа и представления решений.

- LabWindows / CVI (C для Virtual Instrumentation) - это окна на основе, интерактивная среда программирования ANSI C предназначен для создания виртуальных измерительных приборов. Он обеспечивает редактор перетаскать и падение для создания пользовательских интерфейсов, полную среду ANSI C для логики испытательный корпус программы, а также набор автоматизированных средств генерации кода, а также утилиты для построения автоматизированных систем тестирования и мониторинга приложений лабораторных экспериментов. Основная сила XBN лежит в множестве библиотек.

- HP VEE (Visual Engineering Environment Hewlett-Packard) - позволяет графическое программирование для измерительных приложений. Это своего рода визуальной

---

<sup>34</sup> Smart Sensor Systems. by Gary W. Hunter, Joseph R. Stetter, Peter J. Hesketh, Chung-Chiun Liu. The Electrochemical Society Interface • Winter 2010 (29-34 pages)

инженерной среде, знаковым языком программирования для решения инженерных задач. Он также предоставляет возможность собирать, анализировать и отображать данные без обычного (текстового) программирования. • ТестПоинт - это объектно-ориентированный программный пакет на базе Windows, который содержит обширный инструмент GPIB и поддержку платы сбора данных. Он содержит новое государственное OFTNE искусства пользовательский интерфейс, который прост в использовании. Объекты, называемые "акции" выбираются и потащил с помощью мыши на рабочей области (панели). Логика потока легко устанавливается со списком действий точки и перетаскивания. ТестПоинт воспользовался преимуществом каждой особенностей Microsoft Windows.

• Measurement Studio - это инструмент измерения для сбора данных, анализа, визуализации и подключения к Интернету. Этот инструмент разработки поможет вам построить тестовую систему за счет интеграции в существующую Microsoft компилятор. Студия измерения предоставляет набор элементов управления и классов, предназначенных для построения виртуальных измерительных систем в Visual Basic или Visual C ++. С Measurement Studio вы можете настроить подключаемые платы сбора данных, GPIB приборов и устройств с последовательным интерфейсом со страницы свойств без написания кода. С помощью компонентов пользовательского интерфейса можно настроить в режиме реального времени 2D и 3D графики, ручки, счетчики, датчики, циферблаты, резервуары, термометры, бинарные переключатели и светодиоды. С помощью мощных Интернет-компонентов, вы можете обмениваться данными измерений в реальном времени между приложениями через Интернет.

ИМТП - Стандартные команды для программируемых приборов SCPI не является программным средством, как и прежние системы, но это эффективная помощь позволяет легко стандартизированный контроль программируемых приборов. ИМТП уменьшает время разработки и повышает читабельность тестовых программ. ИМТП предоставляет простой понятный набор команд, гарантирует вполне определенное поведение прибора при любых условиях, что предотвращает неожиданное поведение прибора. Хотя IEEE 488.2 используется как основа ИМТП, он определяет команды программирования, которые можно использовать с любым типом оборудования или линии связи. Она имеет открытую структуру. Консорциум ИМТП продолжает добавлять команды и новые функциональные возможности стандарта ИМТП.

В режиме реального времени и встроенных управления уже давно областью специализированных программ. Достижения в области industrystandard технологий, включая более надежных операционных систем, более мощных процессоров и компьютерных реального времени технических средств внедряют новые уровни контроля и детерминизма в виртуальных приборов. Это открывает новые возможности для ученых взять на себя все более изощренными в режиме реального времени и разработки встраиваемых решений. Программное обеспечение весов по развитию на ПК в развитие в режиме реального времени и встраиваемых приложений. Ученые и инженеры могут перейти в новые области применения без крутой кривой обучения, потому что сама программа развивается, чтобы включить новые компьютерные технологии.

### **3.3 Interconnect Автобусы**

Четыре типа межсоединений автобусов доминируют в отрасли: последовательное соединение (последовательный порт), то GPIB, автобус PC и автобус VXI.

Серийный порт. Последовательной связи на основе стандарта RS-232 является самым простым способом использования компьютера в приложениях для измерения и контроля приборов. Последовательная связь легко доступна через последовательный порт любого компьютера, и она ограничена в скорости передачи данных и расстояния (до 19,2 Кбайт / с, в последнее время 115 Кбайт / сек, и 15 м), и это позволяет только одно устройство для подключения к ПК.

GPIB. Это был первый промышленный стандарт шина для подключения компьютеров с измерительных приборов. Основным преимуществом является то, что

GPIB интерфейс может быть встроен на задней панели стандартного инструмента. Это позволяет двойное использование прибора: в качестве автономного ручного инструмента или как с компьютерным управлением инструмента. Из-за этой особенности, существует большое разнообразие инструментов GPIB высокопроизводительных на выбор. GPIB предлагает гибкий кабель, который соединяет плату интерфейса GPIB в компьютере на срок до 15 приборов на расстояние до двадцати метров. Интерфейсная карта поставляется с программным обеспечением, которое позволяет передавать команды к инструменту и считывания результатов. Каждый GPIB инструмент поставляется с документированным список команд для инициирования каждой функции. Как правило, нет никакого дополнительного программного обеспечения поставляется с прибором. GPIB имеет максимальную скорость передачи данных 1 Мбайт / с и типичные передачи данных составляет от 100 до 250 кбайт / с. Это зависит от реакции измеряемого предмета. PC-автобус. С быстрым принятием персонального компьютера IBM в испытательных и измерительных приложений, наблюдается соответствующий рост подключаемых приборов карт, которые вставляются в пазы запасных. Тем не менее, высокая точность инструментов требует значительного пространства печатной платы для достижения их предполагаемой точности. Из-за ограниченного пространства печатной платы и непосредственной близости от источников электромагнитных помех, PC шины инструменты, как правило, более низкой производительности по сравнению с GPIB инструментами, но и более низкой стоимости. Многие из них являются простые АЦП, ЦАП и цифровые карты ввода / вывода. PC шина приборы лучше всего подходит для создания небольших, недорогих систем сбора, где производительность не является первостепенной важности. Поскольку эти карты подключаются непосредственно в компьютерную объединительную плату и не содержат интерпретатор команд встроенного как найти в GPIB инструментов, сменные платы персонального компьютера почти всегда поставляется с программным обеспечением драйвера, так что они могут работать с персонального компьютера. Это программное обеспечение может или не может быть совместим с другими виртуальными пакетами программного обеспечения инструментом, поэтому рекомендуется проконсультироваться с продавцами заранее. Большинство системных плат сбора данных являются многофункциональными, то есть они принимают как аналоговые, так и цифровые сигналы. Эти подключаемые платы сбора данных получить более широкое и более широкое признание в связи с их низкой ценой и высокой гибкостью, полученной от соответствующего программного обеспечения<sup>35</sup>.

VXI автобус. В конце восьмидесятых годов, удлиняющей VME для измерительной техники (VXI) стандарта допускается связь между подразделениями с передачей более 20 Мбит / секунду между системами VXI. VXI приборы установлены в стойку и управляются, и напрямую общаться с, на VXI компьютере. Эти VXI инструменты не имеют кнопки или переключатели для прямого локального управления и не имеют локальный дисплей типичных в традиционных инструментах. Это архитектура инструмент открытой системы, которая сочетает в себе многие из преимуществ GPIB и компьютерных объединительных шин. шины инструменты VXI являются подключаемые модули, которые вставляются в специально разработанные карты клеток, известных как "мэйнфреймов". Мэйнфреймы включают в себя источники питания, оборудование охлаждающего воздуха и коммуникации через объединительную плату для модулей. VXIbus уникален тем, что он сочетает в себе компьютерную объединительную плату, основанную на VME-шине для высокоскоростной связи и предлагает среду качества EBC, которая позволяет высокопроизводительную аппаратуру, аналогичную найденной в GPIB. В результате, может быть построен гораздо более компактные измерительные системы.

---

<sup>35</sup> Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16

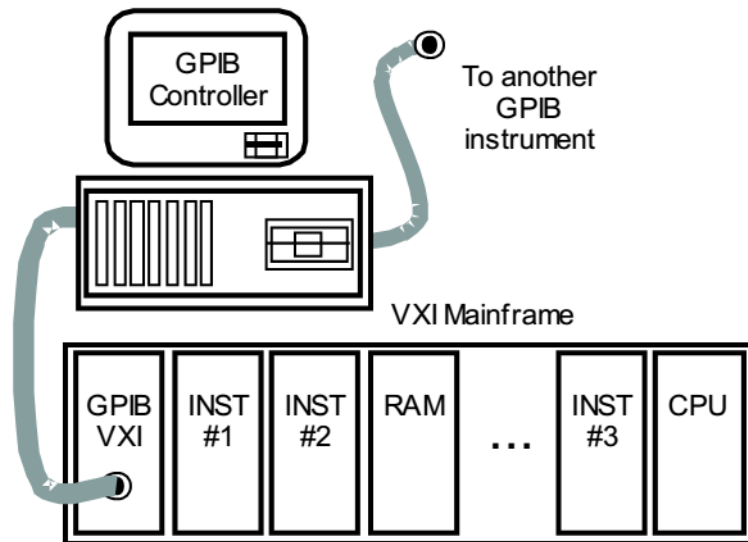


Рис. 5. система A VXIbus контролируется GPIB

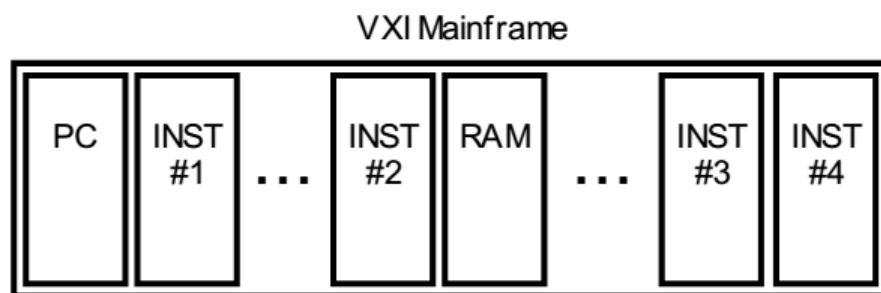


Рис. 7. система A VXIbus управляется встроенным компьютером VXIbus вставляется в мейнфрейме

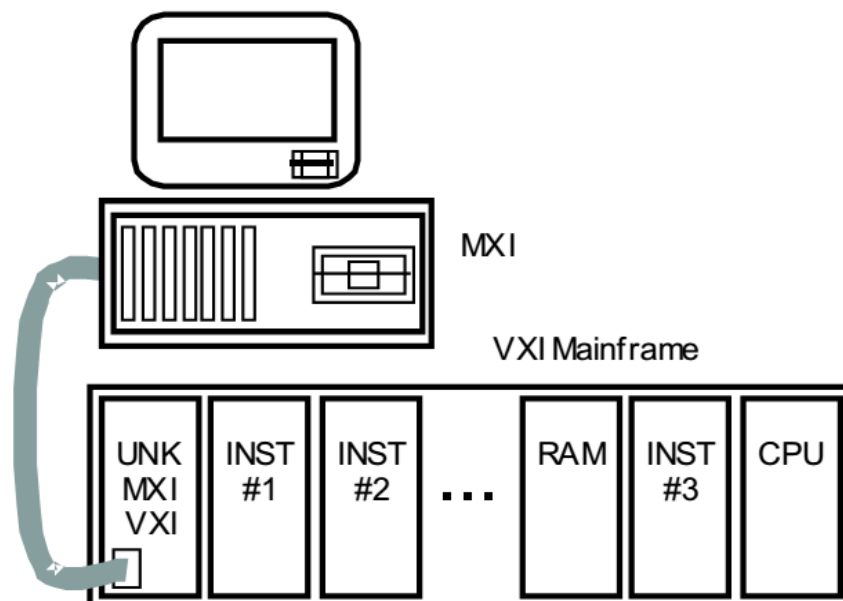


Рис. 6. система A VXIbus управлять через высокоскоростной кабель MXIbus

Есть три способа обмена данными между компьютером и VXI шины инструментов.

а) Первый способ заключается в использовании GPIB. В этом случае GPIB в модуль преобразователя VXIbus подключен к мейнфреймов VXIbus и стандартный интерфейсный кабель соединяет его и интерфейсную карту GPIB в компьютере.

Преимущества и недостатки этого метода очень похожи на чистый дизайн GPIB. Эта система, как правило, легко программировать, но скорость передачи данных ограничена скоростью GPIB. Однако, поскольку внутренняя скорость передачи данных в пределах мейнфрейма VXIbus может превышать 10 Мбайт / с, часто применение высокоскоростного решается за счет локального сбора и обработки высокоскоростной имеет место в передаче мейнфреймов и высокий уровень результатов в компьютер через GPIB. На рисунке 5 показан пример системы VXIbus с использованием GPIB.

б) Второй метод заключается в использовании межсоединений шины с более высокой скоростью между мейнфреймов VXIbus и компьютером. Наиболее распространенной реализацией этого является высокоскоростной гибкий кабель интерфейса известный как MXIbus. Как и в GPIB, интерфейс карты и программное обеспечение MXIbus установлены на компьютере и кабель подключает его к MXIbus к VXIbus конвертерного модуля в мейнфрейме VXIbus. MXIbus по сути является реализация VXIbus на гибком кабеле. Это означает, что преобразования в VXIbus просты и быстро, в результате чего производительность MXIbus в 2 раза или около родных скоростей VXIbus. Преимуществом MXIbus является то, что она позволяет использовать вне готовых компьютеров для связи с VXIbus инструментами со скоростью значительно выше, чем GPIB. Недостатком является то, что кабель MXIbus может быть толстым и громоздким, и есть некоторая потеря пропускной способности передачи данных из-за преобразования. На рисунке 6 показан пример системы VXIbus с использованием MXIbus.

в) Третий способ вставить мощные VXIbus компьютеры непосредственно в мейнфрейме VXIbus. компьютеры VXIbus, как правило, переупаковываются версии стандартных промышленных персональных компьютеров и рабочих станций, которые работают в отрасли стандартных операционных систем и программного обеспечения. Преимущество этого метода заключается в том, что он сохраняет производительность полной связи с VXIbus. Недостаток заключается в том, что выбор компьютеров VXIbus всегда будет подмножеством выбора стандартных промышленных компьютеров. компьютерная технология VXIbus обычно отстает от производительности отрасли в целом, предлагают меньше альтернативных конфигураций и быть оценены с премией из-за его меньшего объема. На рисунке 7 показан пример системы VXIbus с помощью встроенного компьютера.

### **3.4 Инструмент Оборудование**

В предыдущем подразделе интерфейсов также затрагивает атрибутов, найденных в каждом из соответствующих приборов аппаратных продуктов. Одно замечание стоит повторить: виртуальных инструментов никогда не полностью исключает аппаратные инструмента. Для того, чтобы измерить реальный мир всегда будет какая-то измерительного оборудования, датчиков, схемы преобразователя и кондиционирования, но физическая форма фактором этого инструментария может продолжать развиваться.

### **5.3. Распределенные измерительные системы**

Настоящая тенденция взаимосвязанных измерительных систем является расширение область покрытия взаимосвязанных систем в географическом масштабе. Это устанавливает предел на дальнейшее использование таких систем. Как и в случае больших и сложных установок, структурированное сетевая система измерения может быть принят путем масштабирования его использования в географической зоне. Географический процесс следует контролировать и регулировать разбивается на клетки, которые могут быть рассмотрены с помощью одного блока обработки или группы локально подключенных устройств. Распределенные блоки соединены посредством географической компьютерной сети в распределенной измерительной системы. В этом случае задержки

связи, как правило, нельзя пренебрегать. Это тем более актуально, если трафик в компьютерной сети не является незначительным из-за количества компьютеров, подключенных и количество сообщений, особенно если компьютерная сеть общественного используется для реализации взаимосвязей между блоками обработки измерительной.

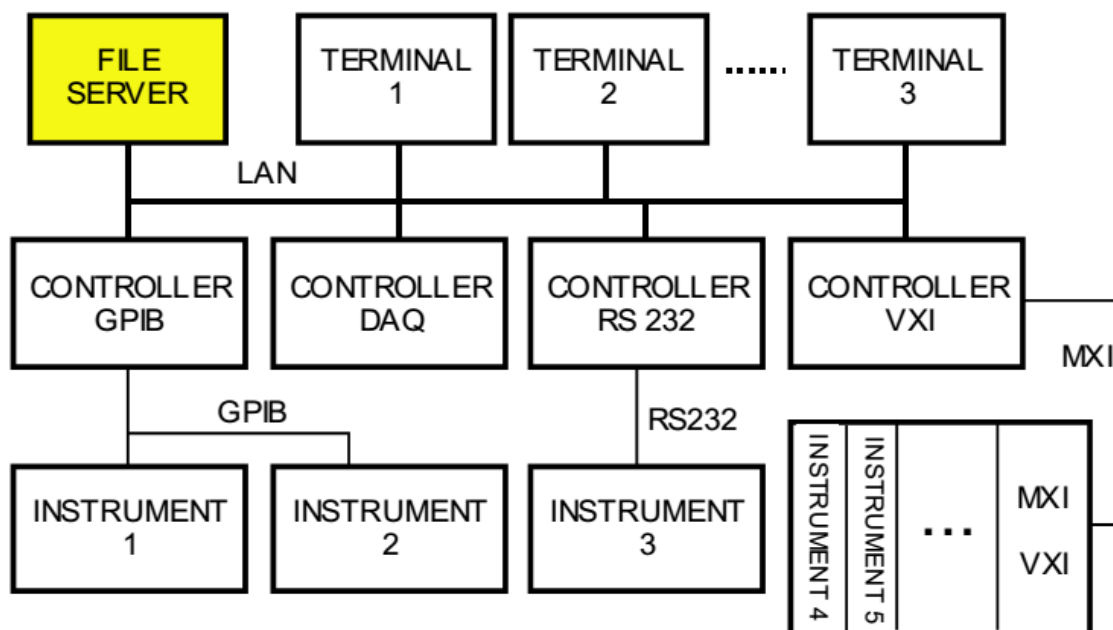


Рис. 8. Блок-схема распределенной измерительной системы на основе локальной сети

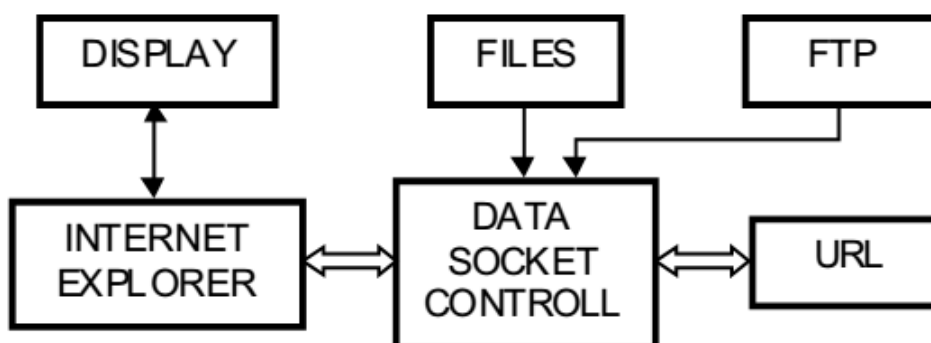


Рис. 9. Архитектура распределенной системы на основе Интернета

Похоже, что в ближайшем будущем локальной сети (LAN) можно рассматривать как своего рода измерительной шины, с точки зрения измерений и систем управления. Типичным примером такой системы, включающей в различных виртуальных инструментов представлена на рис. 8. Его можно рассматривать в качестве первого шага к более широкому, на основе Интернет-технологий. За последние несколько лет на удивление быстрый рост быстрых и надежных коммуникационных сетей позволило легкий обмен информацией и командами между компьютерами и подключенными к локальной сети и подключены к далёкой сайт глобальных сетей (WAN), таких как Интернет. Таким образом, сетевые службы и программируемые приборы позволяют теперь разработку измерительных лабораторий, распределенных по широкой географической области и одновременно доступных нескольким пользователям по-разному расположенных на территории. Общее программное обеспечение на базе Интернета может быть использован для обеспечения легкого переноса данных между

различными путями связи. Системы обработки многокомпьютерной эффективны в создании сложных систем путем преодоления ограничений одного компьютера, занимающихся проблемами общей вычислительной мощности или количества сигналов, которые будут получены и обработаны<sup>36</sup>.

Стандартные языки программного обеспечения, такие как C и Java можно использовать с инструментами разработки вне-полки для реализации встраиваемых приложений, узлов сети и приложений webbased соответственно. на основе TCP / IP протоколы Интернет, технологии Ethernet и / или DataSockets могут быть использованы для создания сетевой инфраструктуры, рис. 9. DataSocket представляет собой технологию, программное обеспечение для Windows, что делает возможным разделение всех измерений по сети (удаленный веб-сайтов и FTP) так же легко, как запись информации в файл. Он использует URL-адреса для адресации данных таким же образом, мы используем URL в веб-браузере, чтобы указать веб-страниц. DataSocket в комплекте с любым инструментом программного обеспечения идеально подходит, когда кто-то хочет полный контроль над распределением измерения, но не хочет, чтобы узнать тонкости протоколов передачи данных TCP / IP.

Во всех типах сетевых и распределенных измерительных систем, представленных выше, работа в режиме реального времени и ограничения являются критические вопросы, которые необходимо учитывать в процессе проектирования системы для обеспечения правильной работы системы. С помощью распределенной измерительной системы можно взять дистанционные измерения, распространять выполнение программы, или публиковать данные измерений через Интернет. Выделившегося аппаратные и программные технологии предоставляют пользователям инструменты, необходимые для легкого построения мощной распределенной системы. Публикуя измерения или приложение автоматизации над данными в Интернет в режиме реального времени может быть просмотрена пользователями на удаленных компьютерах. С помощью среды разработки приложений Web-серверы доступны, так что вы можете опубликовать интерфейс пользователя к Интернету. Без какого-либо дополнительного программирования вы можете опубликовать лицевую панель как веб-страницы, так что пользователи через Интернет могут просматривать эти панели, работающие в любом стандартном веб-браузере.

Приложения имеют один или несколько узлов измерения физически отделены от компьютера, который управляет их и сбор данных. Применение дистанционного измерения часто требуют высокой скорости потоковой передачи данных и нескольких клиентов, подключенных к одному измерению. Для потоковой передачи данных измерений по сети DataSocket предоставляет вам интерфейс простой в использовании. Использование DataSocket вы можете легко транслировать любые данные измерения через локальную сеть или Интернет для нескольких клиентских программ. Оба веб-серверы и DataSocket обеспечивают простой и удобный способ публикации данных измерений.

#### **5.4. Системы Smart Sensor**

Датчики и сенсорные системы имеют жизненно важное значение для нашего понимания нашего окружения и обеспечить безопасность, безопасность и наблюдение, а также позволит осуществлять мониторинг здоровья и окружающей среды. Преобразующее прогресс в области сенсорных технологий является разработка интеллектуальных сенсорных систем. Определение смарт-датчика может варьироваться, но, как правило, как минимум интеллектуальный сенсор является комбинацией чувствительного элемента с возможностями обработки, предоставляемые микропроцессором. То есть, умные датчики являются базовыми элементами зондирования

---

<sup>36</sup> Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16

со встроенным интеллектом. Сигнал датчика подается на микропроцессор, который обрабатывает данные и обеспечивает информационный выход внешнего пользователя. Более широкий вид смарт-сенсорной системой, которая используется в этой статье, показан на рис. 1: полная самостоятельная сенсорная система, которая включает в себя возможности для лесозаготовки, обработки с моделью отклика датчика и других данных, самостоятельного управления, а также способность передавать или отображать информативные данные для внешнего пользователя. Основная идея смарт-датчика является то, что интеграция кремниевых микропроцессоров с технологией датчика может не только обеспечить толковательную мощь и индивидуальные выходы, но и значительно повысить производительность системы датчиков и возможности.

Интеллектуальный датчик обладает несколькими функциональными слоями: обнаружение сигналов от дискретных чувствительных элементов, обработка сигналов, проверки и интерпретации данных, а также для передачи сигналов и индикации. Несколько датчиков могут быть включены в одну смарт-сенсорную систему, чьи рабочие характеристики, такие как напряжение смещения или температуры, может быть установлен с помощью микропроцессора. Интерфейсные элементы датчика для сигнализации управления и кондиционирования этапы, которые обеспечат как возбуждения и сигнала регистрации данных и кондиционирование воздуха. Уровень сбора данных преобразует сигнал из аналогового в цифровой и получить дополнительные параметры, представляющие интерес для обеспечения компенсации в случае необходимости для термического дрейфа, долгосрочного дрейфа и т.д. Встроенный интеллект будет непрерывно контролировать дискретные элементы датчика, проверить инженерные данные предоставляются и периодически проверять калибровку датчика и здоровье. Обработанные данные становятся информацией, а затем может быть передана внешним пользователям. Пользователь может выбрать сложность данных, передаваемых: от одного чтения до полной загрузки параметров системы датчика.

Одним из основных следствий интеллектуальных сенсорных систем в том, что важные данные могут быть предоставлены пользователю с повышенной надежностью и целостности. Интеллектуальные функции могут быть включены на уровне датчика, включая, но не ограничиваясь ими: самокалибровки, самооценка здоровья, самовосстановления и компенсированных измерений (автоматическое обнуление, калибровка, температуры, давления, коррекции относительной влажности). Способность смарт-датчика для выполнения внутренней обработки позволяет системе не только предоставлять обрабатываются пользовательские данные, но и способность датчика, чтобы быть самосознанием и оценить свое собственное здоровье или состояние и оценить даже обоснованность обработанные данные. Смарт-система датчиков может оптимизировать работу отдельных датчиков и привести к лучшему пониманию данных, измерение, и, в конечном счете, окружающая среда, в которой измерение производится. В целом, наличие комбинации с микропроцессорным датчиком позволяет создавать основную систему, которая адаптируется к изменяющимся условиям в данной заявке или которые могут быть изменены, чтобы удовлетворить потребности широкого круга различных применений.

Вторым главным последствием интеллектуальных датчиков является разработка нового поколения интеллектуальных датчиков, которые могут быть объединены в сеть через интерфейс связи, чтобы иметь возможность отдельного сетевого самоидентификации и связи, позволяющей перепрограммировать смарт-сенсорной системы по мере необходимости. Кроме того, выходной сигнал из ряда датчиков в пределах данной области могут быть соотнесены не только для проверки данных от отдельных датчиков, но и обеспечить лучшее понимание ситуации. Такая связь может быть между одним датчиком и смарт-коммуникационного концентратора или между самими индивидуальными интеллектуальными датчиками. Эти типы возможностей обеспечит более надежную и надежную систему, поскольку они способны к сети между собой,



чтобы обеспечить конечному пользователю координированных данных, на основе избыточных сенсорных входов. Кроме того, информация может совместно использоваться в более быстрой, надежной и эффективной с возможностью связи на борту в месте. Движущая цель в разработке интеллектуальных сенсорных систем является внедрение систем в неразрушающим способом, таким образом, что информация предоставляется пользователю, где и когда это необходимо, а также в любой форме, необходима для приложения. В сущности, цель исследования смарт-датчика является развитие сенсорных систем, чтобы сообщить пользователю, что им нужно знать для того, чтобы принимать обоснованные решения. Несмотря на то, что эта статья не является полным обзором всех видов деятельности в области разработки интеллектуальных сенсорных систем, это краткая выборка некоторых благоприятных интеллектуальных сенсорных технологий, двух примеров интеллектуальных сенсорных систем, а также обсуждение потенциальных последствий этой технологии.

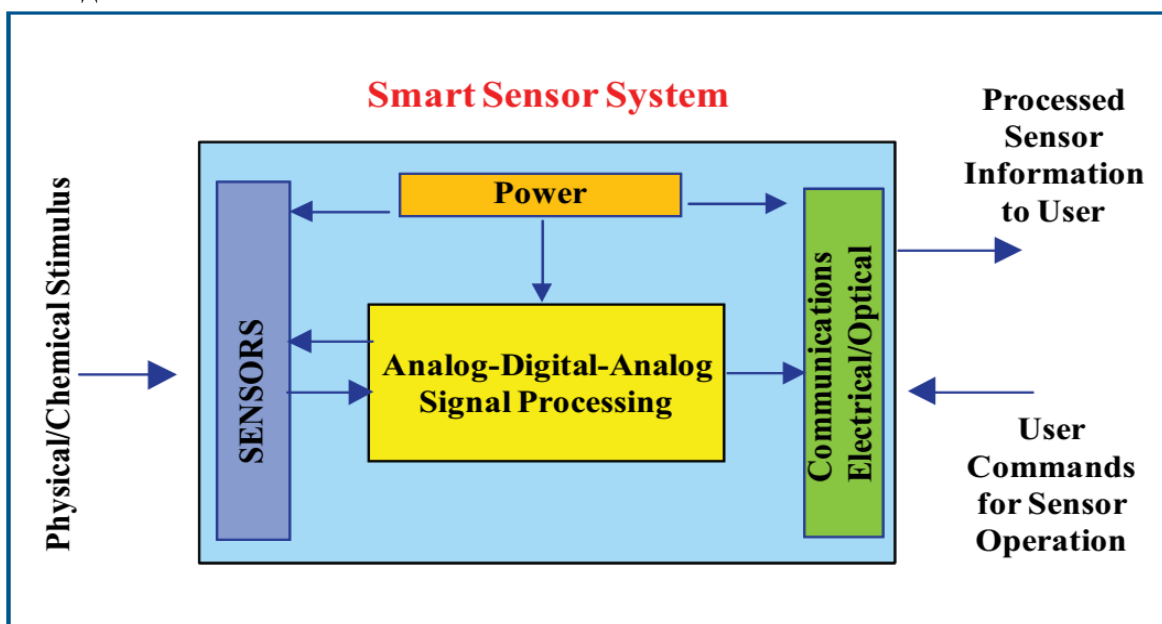


Рис. 1. Система интеллектуального датчика.

Ядро автономной смарт-системы датчиков включает в себя датчики, питание, связь и обработку сигналов.

### Компоненты Smart System Sensor

Компоненты смарт-сенсорной системы, как показано на рис. 1 включают в себя датчики, питание, связь и обработку сигналов, как правило, предоставляемые микропроцессором. Описание достижений в области микропроцессорной техники выходит за рамки данной статьи, но последние достижения являются сенсорные системы позволяет работать удаленно на очень небольшой мощности. Есть много примеров технологических достижений в области датчиков, энергетики и связи, которые могут позволить будущие интеллектуальные сенсорные системы. Идеальная цель состоит в том, чтобы иметь автономный интеллектуальная система датчиков, которая является экономически эффективным, надежным, самоконтроль, реконфигурируемая, и может работать на неопределенное время. Проще говоря, так же, как микротехнологий подходы позволяет революцию в микропроцессорной техники и микроэлектромеханических элементов датчиков, 1 микротехнологий и нанотехнологии будут играть заметную роль в развитии интеллектуальных сенсорных систем. Ниже приведены примеры нескольких потенциально перспективных технологий для смарт-сенсорных систем.

## Маломощных элементов датчика

Методы микротехнологий позволяют строить очень маленькие и низкие датчиков мощности. Одним из примеров микроизготовленном датчиков, которые могут быть интегрированы в интеллектуальную систему датчик представляет собой датчик основан на microhotplate. Микроизготовленном конфорки предлагают более низкую платформу питания для оксидов металлов кондуктометрических датчиков высокой температуры. Фемтомольных изотермический десорбция была проведена с помощью Shirke и соавт. со скоростями нагрева до  $106\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{с}$  и минимальным потреблением энергии из-за малой тепловой массы microhotplates. Мост сверхнизким энергопотреблением построен с поликремния поверхностью микрообработки показана на рис. 2. Этот датчик реагирует на изменения окружающей среды газа в наносекунд, имеющих измеренный переходную характеристику постоянной времени  $12\text{ }\mu\text{s}$  в гелии. При работе на постоянной напряжении, температуры моста, и, следовательно, электрическое сопротивление, является функцией коэффициента теплопроводности окружающего газа. Для длины  $50\text{ }\mu\text{m}$ ,  $1\text{ }\mu\text{m}$  широкий мост, чувствительность  $2,05\text{ M}\Omega / \text{частей на миллион}$  для гелия и  $0.71\text{ ohms} / \text{частей на миллион}$  для метана при  $3,6\text{ В}$  работе было продемонстрировано. Микроизготовленном элементы датчика на рис. 2 имеют очень низкое энергопотребление, порядка  $4\text{ мВт}$  непрерывной и,  $<4\text{ мкВт}$  при работе на рабочем цикле, чтобы прочитать каждую миллисекунду. В принципе, это позволило бы работу этого датчика в течение нескольких месяцев до нескольких лет, используя один небольшой аккумулятор. Обработка микротехнологий совместим с КМОП технологии, и, следовательно, делает интеграцию электронный интерфейс для датчика осуществимым на одной подложке. Во многих случаях датчики потребует многокристальные решения, тем не менее, для того, чтобы достичь оптимального зондирования и обработки. В то время как подходы могут отличаться для других типов датчиков, датчиков элементы, которые предоставляют данные с минимальным потреблением энергии могут дать возможность долгое время жили умные сенсорные системы.

Питание: батарея или энергия Уборочная

Интеллектуальная сенсорная система потребует энергии, чтобы поддерживать и управлять всеми компонентами, включая самих датчиков. Если элементы датчика и система связи оба имеют низкие конструкции и мощности совместимы, полная энергия для системы соответственно мал. Это может позволить снизить затраты на установку и более удобные варианты развертывания. Малые масштабы энергетических систем для приложений для смарт-датчиков, как правило, считают батареи и варианты сбора энергии, что является наиболее подходящим для конкретных применений. Как первичные, так и аккумуляторные (или вторичные) батареи будут иметь важное значение для нашего дальнейшего продвижения интеллектуальной сенсорной системы. В частности, предполагается, что Li-Ion, Li-Polymer, а также металлические-воздушной аккумуляторы могут быть соответствующие источники энергии для интеллектуальных сенсорных систем. Например, литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы имеют потенциал разомкнутой цепи приблизительно  $3,6\text{ В}$ , а плотность энергии  $160\text{ и }130\text{-}200\text{ Вт}\cdot\text{ч} / \text{кг}$  ( $\text{Вт}\cdot\text{ч} / \text{кг}$ ), соответственно, который будет достаточным для потребности многих интеллектуальных сенсорных систем.

Сбора энергии представляет собой процесс, с помощью которого энергия может быть получена от внешнего источника, захватили и хранится. Пьезоэлектрические кристаллы или волокна, термоэлектрические генераторы, солнечные элементы, электростатические и магнитные устройства захвата энергии могут быть considered<sup>5</sup> для местных нужд электростанций. Пьезоэлектрической энергетической система будет производить небольшое напряжение, когда он физически деформируется. Эта деформация может быть вызвано механической вибрации, которые могут быть сгенерированы правильной установки и размещения смарт-системы датчиков в соответствующем

(например, механически вибрирующий), работающих environment.6 термоэлектрических генераторов, состоящих из спаев двух разнородных материалов производят небольшое напряжение в присутствии теплового градиента. Типичная производительность 100-200 мкВ / ° С на стыке достижимо. В зависимости от расположения интеллектуального датчика и его потребной мощности, малые системы сбора энергии может получать достаточное количество энергии из окружающей среды, чтобы обеспечить сплошными и резервным источником питания для смарт-приложения датчика. Эти два примера, что малые источники энергии могут быть использованы для поддержки смарт-системы датчиков.

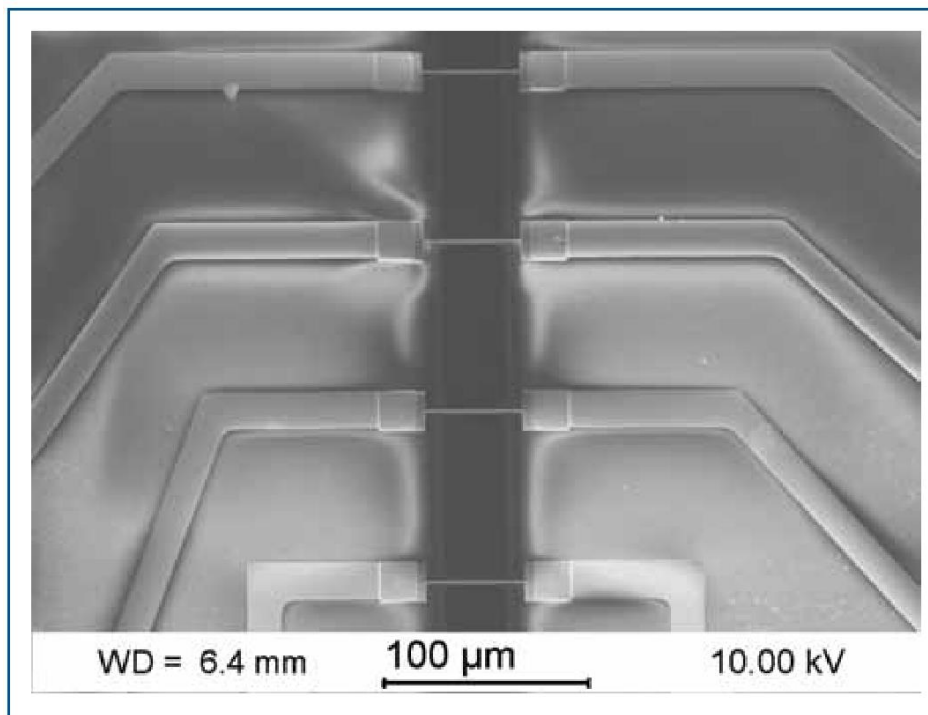


Рис. 2. микроснимок массива из четырех датчиков микроизготовленном поликремния газа, с 50 x1 микрон (мкм) размеров моста, разработанный на KWJ Inc. и построен в Технологическом институте Джорджии.

### **Беспроводная связь**

Смарт-сенсорная система потребует электрический интерфейс, который будет передавать выходные сигналы датчика к внешнему сбора данных, записи или приобретения системы. В идеале, этот интерфейс не требует проводки и может быть достигнуто с помощью беспроводных способов телеметрии. Практическим телеметрическая система, которая может быть интегрирована с помощью смарт-датчик должен быть относительно небольшим и иметь все требуемые функции исполнения. Продвижение микроэлектронного проектирования и обработки изготовления, а именно технологии MEMS, обеспечивает технический подход для разработки беспроводной системы связи. В качестве примера, многоканальный беспроводной телеметрии микросистема А, может быть интегрирована с системой датчиков смарт описана на рис. 3.7

В этой системы телеметрии, четыре входных каналов плюс канал калибровки предназначены для обеспечения телеметрической системы не является неисправной. Эта система имеет размер пакета примерно 1 см x 1 см x 0,5 см (в том числе небольшой часовой батарейки) с общим весом 1,0 грамма.

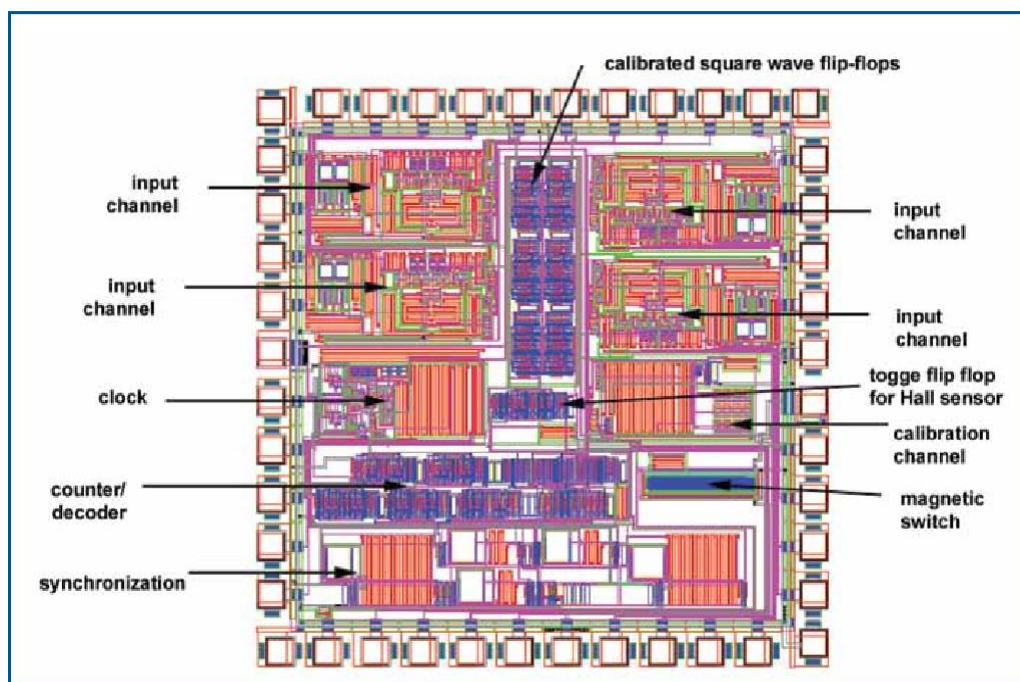


Рис. 3. ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) чип для беспроводной многоканальной телеметрической microsystem.<sup>7</sup>

Для достижения спецификации небольшого размера, а (ИС), монолитная интегральная схема изготовлена. Эта микросхема является малой мощности БиКМОП сигнальный процессор чип, 2 мм x 2 мм по размеру. Этот сигнальный процессор чип может также усиливать, фильтровать и с разделением по времени мультиплексируют сигналы, которые в свою очередь передают по радиоканалу, содержащейся в пакете к внешнему радиоприемнику. Приемник диски демодулятор (внешний) реконструировать отдельные сигналы для отображения или анализа с помощью программного обеспечения сбора сигнала. Система также включает в себя датчик на основе эффекта Холла, обеспечивающий дистанционный двухпозиционный возможности для сохранения энергии, и он также может быть использован для поддержки интерактивных процедур. Этот пример иллюстрирует потребности и требуемую способность беспроводной телеметрической системы многоканальной, который может быть интегрирован с помощью смарт-сенсорной системой. Ультра беспроводные системы с низким энергопотреблением также разрабатываются для интерфейса к биологическим системам с целью сенсорного сбора данных и передачи<sup>37</sup>.

#### Примеры Система Smart Sensor

Типичный интеллектуальный датчик содержит гораздо больше, чем просто чувствительным элементом, это полная система функционирования. Датчик имеет аналоговый контур для управления питанием, управления и интерфейс к цифровому миру. В цифровом мире, входы датчиков могут быть обработаны для уменьшения шума, в сочетании с другими сенсорными входами для компенсации, резервирования и повышения надежности, а затем сопряжен с выходными требованиями, которые варьируются от простых цифровых дисплеев сенсорных выходов для беспроводного передаются и сохраняются данные, льготные спиной к датчикам или прямой подачи в соответствующие управления системой. Эволюционное развитие смарт-сенсорной системы показан на рис. 4, в которой более крупные компоненты, созданные с помощью дискретных электронных компонентов используются для эмуляции всех требуемых интеллектуальные функции датчика. В фазе II, функции интегрированы на более мелкие,

<sup>37</sup> Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16

более умные и более сложных интегрированных систем. Одной из особенностей, позволяющих о смарт-сенсорных систем является то, что с помощью методов микрообработки эту повышенную сложность может быть достигнуто с меньшими затратами, чем у более крупных, собран вручную систем.

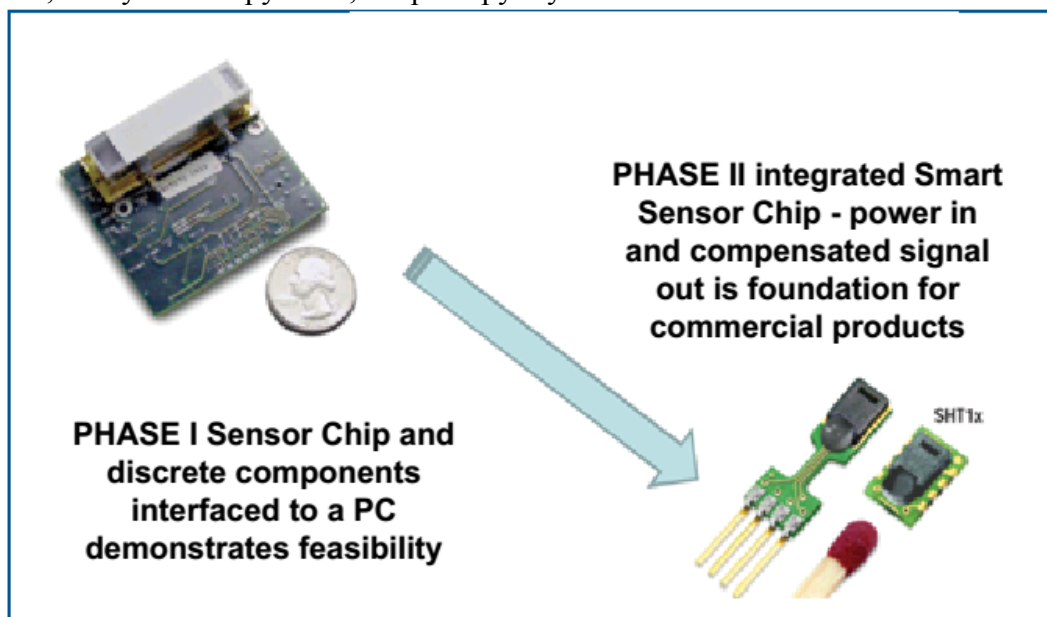


Рис. 4. Эволюция интеллектуальных датчиков с более больших дискретных компонентов в небольших интегрированных сенсорных систем.

## 5. ВЫВОДЫ

Виртуальные приборы подпитывается постоянно наступающей компьютерной техники и предлагает силу создание и определение чьей-то собственную систему, основанную на открытой основе. Сочетание производительности компьютера, графического программного обеспечения и модульной аппаратуры привело к появлению виртуальных инструментов, которые существенно отличаются от своих физических предков. Виртуальные инструменты проявляются в различных формах, начиная от графических панелей приборов для завершения системы прибора. Модульные приборы строительные блоки становятся все более распространенными в отрасли и позволяет пользователям разрабатывать возможности, недостижимые с помощью традиционных архитектур прибора. Несмотря на эти изменения однако, парадигма измерения остается неизменной. Это может быть правильной платформой для нового развития.

Тенденция в виртуальных приборов все больше интегрирует системы измерения в более сложные системы мониторинга и контроля, распределенных по разным (возможно, географически удаленных местах). Дистанционное управление приборы становится популярным, так как сети стали надежными и во всем мире, и почти каждый новый инструмент встраивает программируемые возможности. Прошлое показало, что если соответствующие стандарты не являются available, диверсификация за счет узкоспециализированных решений будет замедлить прогресс в этой области. Таким образом, представляется правильный вызов для будущего, чтобы начать думать о стандартизации виртуальных приборов и распределенных измерительных систем.

## 5.5. Аккредитации лаборатории по ISO / IEC 17025

Внедрение системы управления 17025 лабораторной ИСО / МЭК является средством для обеспечения эффективности и технической компетентности в калибровочных и испытательных лабораторий. Лаборатория, которая устанавливает систему управления лабораторной совместимый с ISO / IEC 17025 присоединяется к растущей мировой партнерства аккредитованных лабораторий.

Сертификат 17025 ISO / IEC будет показать потенциальным клиентам, что качество лабораторных показателей и что вы предприняли шаги, чтобы гарантировать, что ваши калибровки или тестирования результаты являются точными и надежными.

ISO / IEC 17025 доступен как для отдельно стоящих лабораторий и для лабораторий, которые являются частью более крупных объектов. Если вы хотите, чтобы укрепить позиции вашей лаборатории в качестве серьезного конкурента, крайне важно, чтобы ваша система лабораторного менеджмента соответствует стандарту ISO / IEC 17025.



Этот буклет, Шаги к ISO / IEC 17025, была создана Перри Джонсон аккредитации лабораторий, Inc., чтобы дать лабораториям заинтересованные в поиске ISO / IEC 17025 четкое понимание всего процесса. Мы надеемся, что этот материал даст вам понимание и помочь Вам с принятием необходимых последующих шагов в направлении достижения аккредитации.

Трейси Szerszen - президент / Operations Manager Перри Джонсон по аккредитации лабораторий, Inc.



### Преимущества ISO / IEC 17025

ISO / IEC 17025: 2005 - Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий, используется для разработки и внедрения систем управления лабораторией.

Имея систему управления лабораторией, аккредитованной по ISO / IEC 17025, ваша компания стоит, чтобы получить золотую жилу преимуществ. Одним из главных преимуществ является то, что ваша лаборатория получит международное признание за свою приверженность к качеству, компетентности и надежных результатов.

Кроме того, ISO / IEC 17025 будет означать, что вы согласны с международной признанным стандартом, таким образом, ослабление глобального обмена ценной информацией.

Это только один пример того, что ИСО / МЭК 17025 может сделать для вашей компании. Есть много других причин для достижения аккредитации.

Аккредитация является объективным способом, чтобы гарантировать своим клиентам, что вы продемонстрировали техническую компетентность, чтобы обеспечить надежные и точные испытания или калибровки. Аккредитация является объективным, так как независимая, третье тело или аккредитации проводит ежегодную оценку для проверки, является ли ваша система удовлетворения всех требований ISO / IEC 17025. Эта независимая оценка имеет важное значение для клиента, поскольку она является несмещенной гарантией того, что ваша лаборатория выступать на самом высоком уровне.

Еще одно преимущество достижения ISO / IEC 17025 является то, что он установит вашу лабораторию отдельно от ваших конкурентов. ISO / IEC 17025 является идеальной

#### Выгоды

- ✓ Международное признание
- ✓ Система управления Звуковая
- ✓ Предотвращает дефекты
- ✓ Повышенная точность
- ✓ Экономия затрат
- ✓ Уменьшение количества отходов
- ✓ Доступ к Глобальный рынок

системой модель управления для лабораторий, поскольку она стремится контролировать затраты на обеспечение качества, повысить точность измерений и гарантировать согласованность результатов. Кроме того, ориентированные на клиентов. При правильном применении, элементы ISO / IEC 17025 работу тщательно вместе, чтобы гарантировать, что требуемые уровни качества соблюдены и что потребности клиентов удовлетворены. Это может быть мощным стратегическим инструментом.

Кроме того, если ваша компания достигает ISO / IEC 17025, вам будет представлен с сертификатом об аккредитации. Этот сертификат может быть использован в рекламе, рекламной литературы и стационарных, чтобы показать существующим и потенциальным клиентам, что ваша лаборатория стремится к качеству и продемонстрировал техническую компетентность для выполнения калибровки или услуг по тестированию.

Как вы можете видеть, ISO / IEC 17025 может быть ценным инструментом. Став аккредитованы, вы можете рассчитывать на эффективную систему управления, улучшенную калибровку тестирования, сократить количество жалоб клиентов и сильное конкурентное преимущество<sup>38</sup>.



### Выбор органа по аккредитации

Качество стало важным вопросом для людей во всем мире. ISO / IEC 17025 обеспечивает гарантию того, что калибровочных и испытательных лабораторий поставляют качественные услуги, а также последовательные данные.

Как уже упоминалось ранее, ключевой компонент рецепта качества и компетентности является третьей стороной по аккредитации. Компания не может добиться аккредитации, пока он не наймет хорошо признанный орган по аккредитации провести полную и всестороннюю оценку своей лабораторной системы управления.

Орган по аккредитации несет ответственность за оценку системы качества и технические аспекты вашей системы, чтобы определить ваше соответствие требованиям ISO / IEC 17025. Это орган по аккредитации, который в конечном счете, принимает решение о том или нет лаборатории в соответствии со стандартом.



Зная это, вы должны внимательно изучить полномочия потенциальных органов по аккредитации. Чтобы помочь вам в выборе органа по аккредитации, который лучше всего подходит для потребностей вашей лаборатории, вы будете хотеть изучить следующие области:

#### Ключевые вопросы задавать:

> Есть ли у органа по аккредитации, оценивающих квалификацию для проведения оценок в вашей конкретной области калибровки или тестирования? Где расположены заседатели?

> Является ли орган по аккредитации готов предоставить вам полное описание процесса его аккредитации? Узнайте, есть ли какие-либо политики или ограничений по контракту, которые могут повлиять на вас.

> Орган по аккредитации распознается для своей программы аккредитации? Проверьте полномочия органа по аккредитации. Обратитесь к международной аккредитации лабораторий (ILAC) перечень подписавших в [www.ilac.org](http://www.ilac.org).

> Является ли компания финансово стабильной? Будет ли орган по аккредитации по-прежнему быть в бизнесе в течение периода, что ваш аттестат аккредитации является действительным?

<sup>38</sup> Smart Sensor Systems. by Gary W. Hunter, Joseph R. Stetter, Peter J. Hesketh, Chung-Chiun Liu. The Electrochemical Society Interface • Winter 2010 (29-34 pages)

## ISO / IEC 17025

Рисунок на справа иллюстрирует каждый шаг процессов аккредитации ИСО / МЭК 17025. Мы объясним каждую процедуру, подробно, на следующих страницах.

Давайте начнем наш путь к аккредитации, говоря о первом этапе подачи заявки на получение услуг по аккредитации.

### Поддача заявки

Это, как правило, хорошая идея, чтобы установить отношения с органом по аккредитации на ранних этапах внедрения системы лабораторного управления. Таким образом, вы можете ознакомиться с его практикой и установить график аккредитации заранее, что позволит избежать возможных задержек.

RJLA попросит вас заполнить заявку. Вот некоторые стандартные вопросы, которые вы можете ожидать, чтобы ответить:

- Каков ваш желаемый временные рамки для аккредитации?
- Какова ваша лаборатория в области испытаний и / или калибровки?
- Является ли ваша лаборатория отдельно стоящий или частью более крупного объекта?

• Каков статус вашего существующего внедрения системы менеджмента лаборатории?

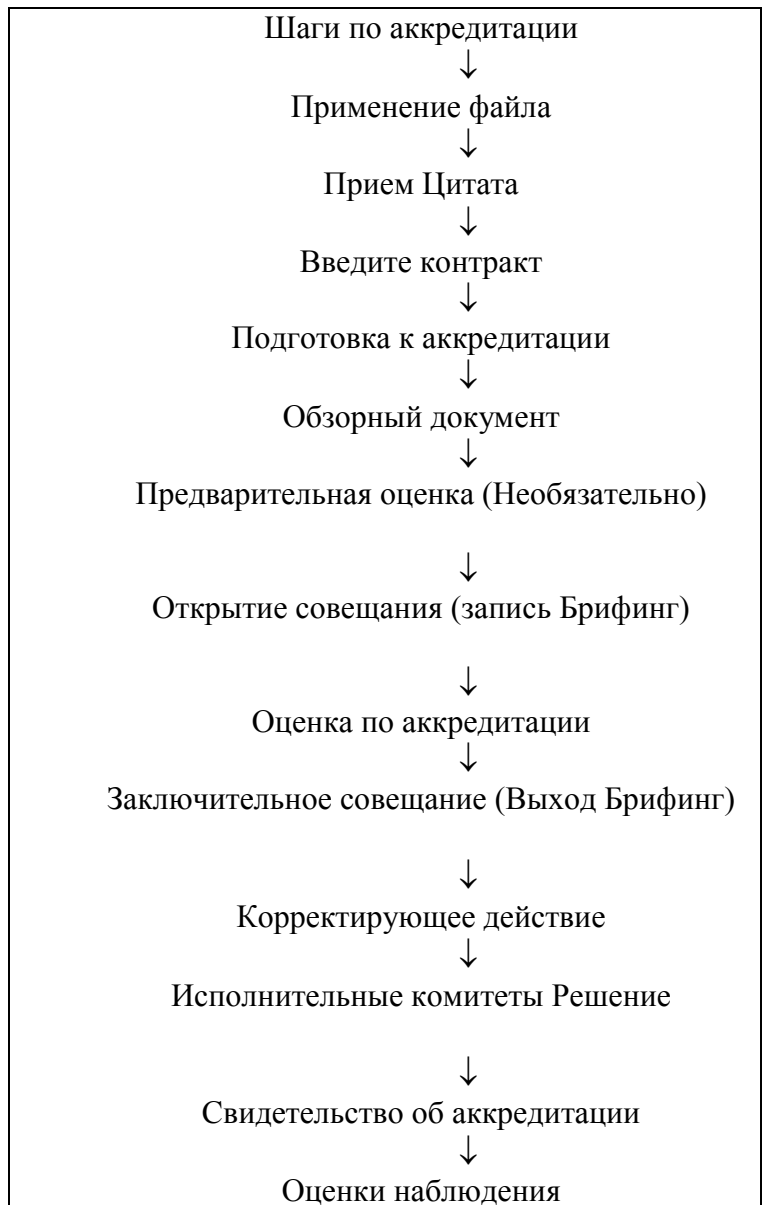
• Каково состояние вашей документации системы менеджмента лаборатории?

### Прием Цитата

Важно, чтобы сравнить все цитаты тщательно, чтобы убедиться, что вы получаете максимум за свои деньги. Используя информацию из приложения, RJLA подготовит ценовое предложение и оценку времени, необходимого для завершения оценки аккредитации. Все аспекты процесса аккредитации предлагаются фронт во время нашего процесса котировки.

### Ввод договора

После того, как вы решили заключить договор с RJLA, отношения формализованы. Контракт будет обстоятельно объяснить обязанности всех участвующих сторон, включая финансовые обязательства и приемлемости с точки зрения соблюдения стандартов и RJLA политики.





## **Подготовка к аккредитации**

Ваша компания готова к аккредитации после того, как вы внедрили систему управления / ISO IEC 17025 и позволило достаточно времени для сотрудников лаборатории 1) ознакомиться с системой и 2) разработать достаточную доказательную базу документов, которые могут быть оценены.

Документация должна включать в себя следующее:

Руководство по качеству: Описывая, как ваша лаборатория соответствует стандарту;

Процедуры: описание того, как системные функции;

Рабочие инструкции: Определение конкретных мероприятий рабочих мест, влияющие на качество калибровки или тестирование;

Качество Документация: Документы, объясняющие, как качество будет, для управляемого индивидуальные калибровки или тестирования проектов или контрактов, а также другие виды конкретных документов;

Качество записи: Различные записи, включая диаграммы, файлы, проверки и испытаний записей, результатов оценки, а также любые другие записи объективных доказательств<sup>39</sup>.

### **Предварительные оценки**

Во многих случаях лаборатория может запросить предварительную оценку или оценку сухого хода своей лабораторной системы управления, до оценки аккредитации. Это дает органу по аккредитации возможность определить, заранее, каких-либо недостатков, которые могут существовать в системе управления лабораторией.

Во время предварительной оценки, PJLA направит группу экспертов в вашей лаборатории. Команда, состоящая из компетентных оценщиков, будет оценивать вашей лаборатории, система управления, записи и другую документацию, предупреждая вас о каких-либо проблемах, которые могут помешать успешной оценки аккредитации.

### **Предварительная оценка Перки**

1) помогает определить готовность лабораторных условиях для оценки аккредитации.

2) Можно определить основные недостатки в системе управления, что дает лабораторного времени, достаточного свинца, чтобы исправить любые проблемы перед оценкой аккредитации.

3) помощь PJLA в планировании для оценки аккредитации путем определения количества необходимых заседателей, продолжительность времени, необходимого для завершения оценки и другие соответствующие критерии.

Основным преимуществом предварительной оценки является то, что она позволяет исправить любые потенциальные проблемы до начала оценки аккредитации. Но вы должны помнить, что предварительная оценка не требуется для ISO / IEC 17025. Это строго по желанию, в зависимости от ваших собственных нужд.

Степень предварительной оценки также зависит от вас. Вы можете решить, что вы хотите полную предварительную оценку проводили по всем аспектам ваших лабораторных операций, или, чтобы сэкономить на расходах, вы можете решить, что все, что вам нужно, это выборка вашей системы управления. Это ваше решение.

В то время как предварительная оценка не является обязательным, рекомендуется. В конечном счете, это поможет вам сэкономить время и деньги путем выявления недостатков или несоответствий, которые, если исправлены до оценки аккредитации, может сэкономить расход последующих действий.

---

<sup>39</sup> Smart Sensor Systems. by Gary W. Hunter, Joseph R. Stetter, Peter J. Hesketh, Chung-Chiun Liu. The Electrochemical Society Interface • Winter 2010 (29-34 pages)

## **Документация Обзор системы управления Лаборатория**

После того, как вы будете готовы начать процесс аккредитации, PJLA будет запрашивать неконтролируемую копию документации системы менеджмента лаборатории. Рекомендуется, чтобы вы представили документацию по крайней мере, от четырех до шести недель до запланированной оценки, так что если какие-либо недостатки или несоответствия обнаружатся, вы будете иметь достаточно времени, чтобы внести исправления без затягивания процесса.

PJLA рассмотрит вашу документацию, чтобы определить, отвечает ли она всем требованиям стандарта ISO / IEC 17025. Следует также проверить, что процессы были разработаны и внедрены для анализа со стороны руководства, внутренних аудитов, межлабораторных сравнений, проверки квалификации и неопределенности измерений.

После того, как ваша документация была пересмотрена, отчет будет представлен к вам PJLA. Если ваша документация не отвечает всем критериям, предусмотренным в ISO / IEC 17025, недостатки или несоответствия будут определены в докладе, и вам необходимо будет принять меры по исправлению положения.

После того, как PJLA определил, что ваша документированная система управления лабораторией является удовлетворительным, будут приняты меры для предварительной оценки, если хотел, или если нет, то оценку аккредитации в вашей лаборатории. PJLA назначит квалифицированную группу по оценке провести полную оценку вашей системы лаборатории управления. Команда будет состоять из ведущего эксперта, который отвечает за координацию деятельности по оценке, а также один или несколько экспертов по оценке, в зависимости от размера вашей лаборатории. По крайней мере один из этих членов команды должны иметь опыт работы в конкретной области калибровки или тестирования.

Ведущий оценщик будет работать с представителем руководства лабораторией в разработке повестки дня по оценке для посещения на месте. До приезда, ведущий оценщик будет посылать вам повестку дня, подтверждая ежедневное расписание событий и каких-либо просьб размещения.

Это работа команды по оценке, чтобы проверить, является ли ваша система управления лабораторией удовлетворения всех требований ISO / IEC 17025. Команда определяет это путем оценки испытаний и / или калибровок лабораторией в том числе записи, оборудования и персонала.

## **Документированная система управления:**

- Определяет полномочия и обязанности персонала.
- Четко осуществляет связь целей системы, лаборатории политики, процедур и рабочих инструкций.
- Способствует непрерывному совершенствованию, что означает систему, регулярно отслеживаются и изменения могут быть легко включены.
- Обеспечивает стабильную производительность.

## **Оценка аккредитации состоит из:**

- \* Совещание открытия (запись брифинга)
- \* Детальное рассмотрение вашей лабораторной системы управления
- \* Заключительное заседание (выход брифинг)
- \* Рекомендация

## **Оценка по аккредитации**

### **Совещание Открытие (запись Брифинг)**

В первый день запланированной оценки, совещание открытие или запись брифинга будет проводиться с высшим руководством и другими сторонами, непосредственно связаны с системой управления лабораторией. Под руководством ведущего эксперта, оценочная группа представит обзор процесса оценки, что дает вам четкое понимание того, что можно ожидать в последующие дни.

Команда рассмотрит ваши возможности и цели оценки.

Они подтвердят время, график и ресурсы с вами, и они будут идти в течение процедур для выявления и отчетности несоответствий или недостатков.

В это время, вам нужно будет ввести выбранный гид (ы), который будет сопровождать группу по оценке через лабораторию и ее процедур.

### **Оценка**

После открытия совещания группа по оценке будет пройти через вашу лабораторию для наблюдения и деятельности свидетелей. Члены группы могут проводить один на один интервью с сотрудниками, попросите, чтобы проверить документы и записи, свидетель выбран калибровок или испытаний, а также изучить калибровки или тестирования оборудования.

На протяжении оценки, они будут искать доказательства технической компетентности, такие как заявления, документированных процедур, записей и политики в письменном виде, чтобы поддержать свои наблюдения.

Если какие-либо недостатки или несоответствий обнаружены в ходе оценки, оценщик будет довести их до вашего внимания, и записывать их на отчет о неадекватности соответствия. В докладе, оценщик будет конкретно описать то, что несоответствие или дефицит и соответствующий раздел стандарта несоответствие или дефицит относится к.



### **Заключительное совещание (Выход Брифинг)**

Когда группа по оценке завершила свою оценку на месте вашей лаборатории, провести заключительное заседание или выезд состоится брифинг. Эта встреча обычно посещают те же люди, которые сидели в на первом заседании.

На заключительном совещании, ведущий оценщик будет суммировать результаты вашей оценки. Ведущий оценщик объяснит, в деталях, любые несоответствия или недостатки, которые были обнаружены, и предоставит вам отчет об оценке. В этом докладе выводы вашей оценки будут подтверждены в деталях. Из каких-либо несоответствий или выявления недостатков, команда оценки позволит вам разумный период времени, учитывая характер несоответствию, чтобы принять меры по исправлению положения. Ведущий оценщик также предоставит рекомендации относительно приемлемости вашей лаборатории для аккредитации.

### **Принятие корректирующих мер**

Если команда оценка показывает, что ваша лаборатория должна принять меры по исправлению положения, в этом нет ничего, чтобы стать встревожен. Тем не менее, все несоответствия должны быть рассмотрены и меры по исправлению положения приняты до аккредитации может быть предоставлена.

Ваш ответ корректирующие действия должны включать копию объективных доказательств, таких как сертификаты калибровки, лабораторных процедур и подготовки отчетов, чтобы указать, что корректирующие действия были выполнены и завершены.

После того, как вы скорректировали несоответствиями, PJA может потребовать последующей оценки, ограниченные проблемной области, чтобы подтвердить, что

проблема была решена. Ведущий оценщик не может рекомендовать аккредитацию, пока он или она не подтвердила, что все несоответствий или недостатков были исправлены.

### **Аккредитация**

После того, как все несоответствия были исправлены и проверены Ведущий оценщик, аккредитационные документы направляются в Исполнительный комитет PJLA в, независимый орган принятия решений. Исполнительный комитет рассмотрит ваш материал по оценке и рекомендации ведущего эксперта и решить, следует ли предоставлять аккредитацию для вашей компании.

Если Исполнительный комитет устанавливает, что Вы выполнили все требования для аккредитации, вы будете немедленно уведомлены, и ваш аттестат аккредитации будет подготовлен. Сертификат будет нести логотип органа по аккредитации.

### **Вывод своего свидетельства об аккредитации**

Вы можете отображать свидетельство об аккредитации в рекламе, рекламной литературы и канцелярских товаров, чтобы показать клиентам, что ваша компания продемонстрировала техническую компетентность для выполнения конкретных задач или калибровки услуг.

### **Жалобы, споры и апелляции**

В том случае, если вы думаете, что ваша лаборатория была несправедливо отказано в аккредитации, вы можете оспорить это решение. PJLA обязан иметь совет спор с беспристрастной панели. Эта плата не зависит от PJLA и будет слушать ваши аргументы и пересмотреть свой материал по оценке.

### **Поддержание аккредитации**

После того, как вы достигли статуса аккредитации, ваша лаборатория будет подвергаться оценке наблюдения с помощью PJLA. Это частичная оценка вашей системы управления лабораторной особенно в области ILC (МКТ = Inter сопоставления результатов лабораторных исследований) или ПТ (РТ = профессиональное тестирование), а также прослеживаемости искать объективных доказательств того, что вы по-прежнему в соответствии с ISO / IEC 17025, и что ваша лаборатория постоянно работает над улучшением и поддержания системы.

### **Сколько это стоит аккредитация?**

Когда вы входите в рынок для органа по аккредитации, вы найдете там широкий диапазон цен на услуги по аккредитации, в зависимости от различных факторов.

Каждая лаборатория имеет свои уникальные характеристики, и они вступают в игру при оценке затрат. Есть три ключевых элемента, которые составляют стоимость аккредитации:

1. Дневной тариф
2. Накладные расходы
3. Путешествия и места размещения

Как правило, большинство аккредитационные органы будут взимать дневную ставку. Эта часть проста. Но когда речь идет о накладных расходов и расходов на поездки, вещи могут получить несколько омрачилось. Некоторые компании будут процитировать дневную ставку, а затем лавировать на дополнительные расходы на подготовку офиса или других услуг. Это создает путаницу и представляет собой неточную картину общей стоимости.

В процессе аккредитации, это желание PJLA, чтобы обеспечить оценщикам с высокой квалификацией по самой низкой общей стоимости для вашей организации.

### **Смета затрат должна включать:**

- > Тарифы для проверки документов
- > Тарифы для предварительной оценки (необязательно)
- > Тарифы для оценки аккредитации
- > Разные сборы, связанные с аккредитацией, такие как поездки и проживание
- > Плата за надзор

Планирование оценок и экспертов по оценке основывается на квалификации и месте заседателей. PJLA всегда будет планировать наиболее квалифицированных оценщика, который находится ближе всего к вам, чтобы помочь свести к минимуму транспортные расходы, связанные с процессом аккредитации.

### **Как долго Отнесите его получения аккредитации?**

Так же, как смета расходов может варьироваться, не существует набор график завершения оценки аккредитации. Число дней, необходимых, будет зависеть от нескольких факторов.

Как правило, продолжительность времени, необходимого для завершения оценки аккредитации определяется требуемой объем лаборатории, количество сотрудников и сложности операций компании.

Как правило, это занимает лабораторном от шести месяцев до одного года, чтобы подготовиться к оценке аккредитации. Сама оценка, со дня закрытия любых применимых несоответствий с выдачей сертификата, занимает около 8 недель.

Это включает в себя Исполнительный Комитет по рассмотрению и административное время, необходимое для документов и утверждения.

### **Количество дней, необходимых для завершения оценки аккредитации зависит от:**

- 1) Размер лаборатории.
- 2) Количество сотрудников.
- 3) Сложность калибровки и / или операций тестирования.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое виртуальные прибор?
2. Объясните концепция виртуального прибора.
3. Расскажите компоненты виртуальных приборов.
4. Объясните функции компьютера и дисплей виртуального прибора.
5. Как осуществляется программное обеспечение виртуальных приборов.
6. Что такое Система Смарт Сенсор?
7. Сущность аккредитации
8. Расскажите порядок аккредитации лаборатории

### **Список используемые литературы**

- 1) Smart sensors: Physics, technology and applications V R Singh Instrumentation and Sensors Group, National Physical Laboratory, New Delhi Indian Journal of Pure & Applied Physics Vol. 43, January 2005, pp. 7-16
- 2) Smart Sensor Systems. by Gary W. Hunter, Joseph R. Stetter, Peter J. Hesketh, Chung-Chiun Liu. The Electrochemical Society Interface • Winter 2010 (29-34 pages)

## IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Практическая работа №1 Погрешности средств измерений

**Цель работы:** изучение формы представления погрешностей средств измерений и ознакомление обозначение классов точности средств измерений

#### Методические указания

При изучении темы необходимо особо обратить внимание на следующее:

- формы представления погрешностей средств измерений;
- правила выбора нормирующего значения  $X_N$ ;
- способы нормирования и формы выражения пределов допускаемых погрешностей;
- обозначение классов точности средств измерений.

#### Решение типовых задач

##### Задача № 1

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения тока  $I = 67 \text{ mA}$ , если измерения проводились магнитоэлектрическим миллиамперметром с нулем в начале шкалы, классом точности 1.0 и пределом измерения  $A = 100 \text{ mA}$ .

##### Решение

Для магнитоэлектрического миллиамперметра класс точности определяется значением максимальной приведенной погрешности, т.е.  $\gamma = \pm 1,0 \%$ .

Так как

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} 100 \%,$$

то предел инструментальной абсолютной погрешности

$$\Delta = \pm \frac{\gamma X_N}{100 \%} (\text{mA}).$$

Миллиамперметр имеет равномерную шкалу с нулем в начале шкалы, и поэтому  $X_N = A = 100 \text{ mA}$ :

$$\Delta = \pm \frac{1,0 \% \cdot 100 \text{ mA}}{100 \%} = \pm 1,0 (\text{mA}).$$

Предел инструментальной относительной погрешности

$$\delta = \pm \frac{1,0 \text{ mA}}{67 \text{ mA}} \cdot 100 \% \approx \pm 1,5 \%.$$

##### Задача № 2

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения  $U = 8,6 \text{ V}$ , если измерения проводились магнитоэлектрическим вольтметром с нулем в середине шкалы, классом точности 2,5 и пределами измерения  $A =$

$\pm 25 \text{ V}$ .

### Решение

Как и в предыдущей задаче, предел абсолютной погрешности находится из формулы:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} 100 \% .$$

Вольтметр имеет равномерную шкалу с нулем в середине шкалы. Поэтому

$$X_N = |-25| + |25| = 50 \text{ (V)},$$

$$\Delta = \pm(2,5 \cdot 50)/100 \% = \pm 1,25 \text{ (V)}.$$

Найдем предел относительной погрешности измерения:

$$\delta = \pm(\Delta/U) \cdot 100 \% = \pm(1,25 \cdot 100)/8,6 \approx \pm 15 \text{ (\%)}.$$

### Задача № 3

Оценить инструментальные погрешности измерения тока двумя магнитоэлектрическими миллиамперметрами с классами точности 0,5 и 1,0 и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также, могут ли показания  $I_1 = 19,0 \text{ mA}$  и  $I_2 = 18,6 \text{ mA}$  исправных приборов отличаться так, как задано в условии? Миллиамперметры имеют нули в начале шкалы и пределы  $A_1 = 50 \text{ mA}$  и  $A_2 = 20 \text{ mA}$ .

### Решение

Инструментальные абсолютные погрешности можно найти из формул:

$$\Delta_1 = \pm(\gamma_1 X_{N1})/100 \% = \pm(\gamma_1 A_1)/100 \% = \pm(0,5 \cdot 50)/100 = \pm 0,25 \text{ (mA)},$$

$$\Delta_2 = \pm(\gamma_2 X_{N2})/100 \% = \pm(\gamma_2 A_2)/100 \% = \pm(1,0 \cdot 20)/100 = \pm 0,20 \text{ (mA)}.$$

Для определения, какое из измерений проведено с большей точностью, необходимо определить инструментальные относительные погрешности:

$$\delta_1 = \pm(\Delta_1/I_1) 100 \% = \pm(0,25/19,0) \cdot 100 \% \approx \pm 1,3 \text{ \%},$$

$$\delta_2 = \pm(\Delta_2/I_2) 100 \% = \pm(0,20/18,6) \cdot 100 \% \approx \pm 1,1 \text{ \%}.$$

Видно, что второе измерение проведено с большей точностью, так как точность обратно пропорциональна модулю относительной погрешности.

В наихудшем случае (когда погрешности приборов будут иметь противоположные знаки) модуль разницы между результатами измерений  $|\Delta| = |I_1 - I_2|$  не должен превышать сумму модулей абсолютных погрешностей, т.е.

$$|\Delta| < |\Delta_1| + |\Delta_2| .$$

Получаем

$$|\Delta| = 0,4 \text{ (mA)} < |\Delta_1| + |\Delta_2| = 0,45 \text{ (mA)}.$$

Таким образом, при исправных миллиамперметрах можно получить указанные значения  $I_1$  и  $I_2$ .

#### Задача № 4

Определить инструментальную абсолютную погрешность измерения сопротивления  $R_x = 200$  кОм с помощью комбинированного прибора, если он имеет класс точности 4,0, длину рабочей части шкалы  $L = 80$  мм, отметке 200 кОм соответствует длина шкалы  $l = 40$  мм.

#### Решение

В комбинированном приборе используется магнитоэлектрический омметр, причем шкала прибора при измерении сопротивлений неравномерная. Инструментальная относительная погрешность измерения сопротивления  $\delta_{R_x}$  с помощью таких омметров вычисляется через их класс точности по формуле

$$\delta_{R_x} = \pm(\gamma \cdot L/l),$$

т.е.

$$\delta_{R_x} = \pm(4,0 \cdot 80/40) = \pm 8,0 (\%)$$

С другой стороны

$$\delta_{R_x} = \pm(\Delta_{R_x} / R_x) \cdot 100 \%,$$

где  $\Delta_{R_x}$  - инструментальная абсолютная погрешность измерения сопротивления.

Тогда

$$\Delta_{R_x} = \pm(\delta_{R_x} \cdot R_x) / 100 = \pm(8,0 \cdot 200) / 100 = \pm 16 \text{ (кОм)}.$$

#### Задача № 5

Определить относительную и абсолютную погрешности воспроизведения сопротивлений  $R_1 = 0,52$  Ом;  $R_2 = 120,00$  Ом;  $R_3 = 18412,00$  Ом с помощью образцового магазина сопротивлений, если его класс точности  $0,05/4 \cdot 10^{-6}$ , магазин содержит 7 декад и цена младшей декады 0,01 Ом.

#### Решение

Сначала определим наибольшее значение воспроизводимой данным магазином сопротивлений величины:

$$R_k = 9 \cdot 10^4 + 9 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 9 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 + 9 \cdot 10^{-1} + 9 \cdot 10^{-2} \text{ (Ом)};$$

$$R_k = 99999,99 \text{ (Ом)} \approx 10^5 \text{ (Ом)}.$$

Для нормирования пределов погрешности магазинов мер одночленные формулы не применяются, поскольку они не отражают всегда имеющей место зависимости абсолютной или относительной погрешности меры от номинального значения воспроизводимой величины. Для них используются двухчленные формулы:

$$\text{для абсолютной погрешности: } \Delta = \pm(a + b \cdot X),$$

$$\text{для относительной погрешности: } \delta = \pm[c + d \cdot (|X_k/X| - 1)].$$

В нашем случае заданы величины  $c$  и  $d$ :



$$c = 0,05 \% ; \quad d = 4 \cdot 10^{-6} \% .$$

Найдем относительные погрешности воспроизведения сопротивлений  $R_1, R_2, R_3$ :

$$\delta_{R_1} = \pm[0,05 + 4 \cdot 10^{-6} (|10^5 / 0,52| - 1)] \approx \pm 0,3 (\%),$$

$$\delta_{R_2} = \pm[0,05 + 4 \cdot 10^{-6} (|10^5 / 120| - 1)] \approx \pm 0,53 (\%),$$

$$\delta_{R_3} = \pm[0,05 + 4 \cdot 10^{-6} (|10^5 / 18412| - 1)] \approx \pm 0,050 (\%).$$

Известно, что связь между  $a, b, c, d$  - следующая:

$$d = a/R_k, \quad c = b+d.$$

Для удобства выразим  $c$  и  $d$  в относительных единицах:

$$c = 5 \cdot 10^{-4}, \quad d = 4 \cdot 10^{-8}.$$

Тогда

$$a = d |R_k| = 4 \cdot 10^{-8} \cdot 10^5 = 0,004 \text{ (Om)};$$

$$b = c - d = 5 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-8} \approx 5 \cdot 10^{-4}.$$

Теперь можно определить абсолютные погрешности воспроизведения сопротивлений  $R_1, R_2, R_3$

$$\Delta_{R_1} = \pm(0,004 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,52) \approx \pm 0,0043 \text{ (Om)},$$

$$\Delta_{R_2} = \pm(0,004 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 120) \approx \pm 0,0064 \text{ (Om)},$$

$$\Delta_{R_3} = \pm(0,004 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 18412) \approx \pm 9,2 \text{ (Om)}.$$

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача № 1

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения  $U = 6,4 \text{ V}$ , если измерения проводились магнитоэлектрическим вольтметром с нулем в начале шкалы, классом точности 1,5 и пределом измерения  $A = 25 \text{ V}$ .

#### Задача № 2

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения тока  $I = 6,8 \text{ mA}$ , если измерения проводились магнитоэлектрическим миллиамперметром с нулем в середине шкалы, классом точности 2,5 и пределами измерения  $A = \pm 10 \text{ mA}$ .

#### Задача № 3

Выбрать магнитоэлектрический вольтметр со стандартными пределами измерения и классом точности при условии, что результат измерения напряжения должен отличаться от действительного значения  $U_d = 44 \text{ V}$  не более, чем на  $\Delta = \pm 0,4 \text{ V}$ .

#### **Задача № 4**

Оценить инструментальные погрешности измерения напряжения двумя магнитоэлектрическими вольтметрами с классом точности 0.2 и 1.5 и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также могут ли показания  $U_1 = 21,7 \text{ V}$  и  $U_2 = 20,8 \text{ V}$  исправных приборов отличаться так, как задано в условии? Вольтметры имеют нули в начале шкалы и пределы  $A_1 = 75 \text{ V}$  и  $A_2 = 25 \text{ V}$ .

#### **Задача № 5**

Определить относительную и абсолютную погрешности воспроизведения сопротивления  $R = 25 \cdot 10^9 \text{ Ом}$  с помощью имитатора сопротивлений, если его класс точности  $0,1/2,5 \cdot 10^{-9}$ , диапазон воспроизводимых сопротивлений от  $1 \cdot 10^5 \text{ Ом}$  до  $9,9 \cdot 10^{14} \text{ Ом}$ .

#### **Контрольные вопросы**

- 1 Что такое погрешность средства измерений?
- 2 Что такое основная и дополнительная погрешности средств измерений?
- 3 Какие существуют формы представления погрешностей средств измерений?
- 4 Какие существуют правила выбора нормирующего значения  $X_N$ ?
- 5 Как регламентируются способы нормирования и формы выражения пределов допускаемых погрешностей?
- 6 Что такое класс точности средства измерения и чем он определяется?
- 7 Как обозначаются классы точности?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Решение задач по теме «классы точности средств измерений»

**Цель работы:** изучение и определение класса точности средства измерений и расчеты по метрологические характеристики

#### Методические указания и примеры

**Задача 1.** Отсчет по шкале прибора с равномерной шкалой и с пределами измерений от 0 V до 50 V равен 25 V. Оценить пределы допускаемой абсолютной погрешности этого отсчёта для приборов следующих классов точности: а) 0,02/0,01; б) 0,5; в)

0,5

Решение:

$$\text{а) } \delta = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x} \Rightarrow \Delta = \frac{\delta \cdot x}{100\%}; \quad \delta = [c + d(|x_k / x| - 1)]$$

Так как  $x = 25$ ;  $x_k = 50V$ ;  $c = 0,02$ ;  $d = 0,001$  получаем:

$$\Delta = \frac{\delta \cdot x}{100\%} = \frac{[0,02 + 0,01(|50V / 25V| - 1)]\% \cdot 25V}{100\%} \approx 0,008V$$

$$\text{б) } \gamma = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x_N} \Rightarrow \Delta = \frac{\gamma \cdot x_N}{100\%} = \frac{0,5\% \cdot 50V}{100\%} = 0,25V$$

$$\text{в) } \delta = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x} \Rightarrow \Delta = \frac{\delta \cdot x}{100\%} = \frac{0,5\% \cdot 25V}{100\%} = 0,13V$$

*Ответ:* а)  $\Delta = 0,008 V$ ; б)  $\Delta = 0,25 V$ ; в)  $\Delta = 0,13 V$ .

**Задача 2.** По приведенной погрешности определить класс точности миллиамперметра, который необходим для измерения тока от 0,1 mA до 0,5 mA (относительная погрешность измерения не должна превышать 1%).

$$\text{Решение: } \delta = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x} \Rightarrow \Delta = \frac{\delta \cdot x}{100\%} = \frac{1\% \cdot 0,1mA}{100\%} = 0,001mA \quad (\text{измеренное значение}$$

тока -  $x$ , берем в начале шкалы, так как в начале шкалы относительная погрешность измерения больше).

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x_N} = \frac{0,001mA \cdot 100\%}{0,5mA} = 0,2\% .$$

*Ответ:* класс точности миллиамперметра 0,2.

**Задача 3.** Манометр типа МТ-1 с диапазоном измерения от 0 kgs/sm<sup>2</sup> до 160 kgs/sm<sup>2</sup>, класс точности 1,5, используется для контроля постоянного давления 120 kgs/sm<sup>2</sup>. Определить абсолютную и относительную погрешности манометра.

$$\text{Решение: } 1 \text{ kgs} = 9,8 \text{ N}; \quad 160 \text{ kgs/sm}^2 = \frac{160 \cdot 9,8}{10^{-4}} \text{ N/m}^2 = 157 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 ;$$

$$120 \text{ kgs/sm}^2 = \frac{120 \cdot 9,8}{10^{-4}} \text{ N/m}^2 = 118 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 .$$

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100\%}{x_N} \Rightarrow \Delta = \frac{\gamma \cdot x_N}{100\%} = \frac{1,5\% \cdot (157 \cdot 10^5) \text{ N/m}^2}{100\%} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

*Ответ:*  $2,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ; 2 %.

**Задача 4.** В цепь с током 15 А включены три амперметра со следующими параметрами: класса точности 1,0 со шкалой на 50 А; класса точности 1,5 на 30 А и класса точности 2,5 на 20 А. Определить, какой из амперметров обеспечит большую точности измерения тока в цепи.

*Ответ:* второй.

**Задача 5.** При поверке амперметра с пределом измерений 5 А в точках шкалы: 1; 2; 3; 4; и 5 А получены следующие показания образцового прибора: 0,95; 2,06; 3,05; 4,07; и 4,95 А. Определить абсолютные, относительные и приведенные погрешности в каждой точке шкалы и класс точности амперметра.

*Ответ:* класс точности амперметра 1,4.

**Задача 6.** Микроамперметр на 100  $\mu$ А имеет шкалу в 200 делений. Определите возможную погрешность в делениях шкалы, если на шкале прибора имеется обозначение класса точности 1,0.

*Ответ:* 2 деления.

**Задача 7.** При контроле метрологических параметров деформационных (пружинных) манометров со шкалой на 300 делений смещение стрелки от постукивания по корпусу прибора должно оцениваться с погрешностью, не превышающей 0,1 цены деления шкалы. Сопоставьте эту погрешность отсчета с допустимой погрешностью для манометра класса 0,15.

*Ответ:* абсолютная погрешность смещения меньше абсолютной допустимой погрешности манометра в 4,5 раза.

**Задача 8.** Для измерения напряжения от 50 В до 130 В с относительной погрешностью, не превышающей 5 %, был заказан вольтметр с верхним пределом измерения 150 В и классом точности 1,0. Удовлетворяет ли он поставленным условиям?

*Ответ:* заказанный вольтметр удовлетворяет поставленным условиям.

**Задача 9.** Определите по приведенной погрешности класс точности измерительного прибора при условии, что относительная погрешность измерения в середине шкалы не должна превышать 1 %.

*Ответ:* 0,5 %.

**Задача 10.** Класс точности весов 0,2, определите допускаемую относительную погрешности этих весов в начале (1 деление) и в середине шкалы, если весы рассчитаны на 100 делений.

*Ответ:* 20 %; 0,4 %.

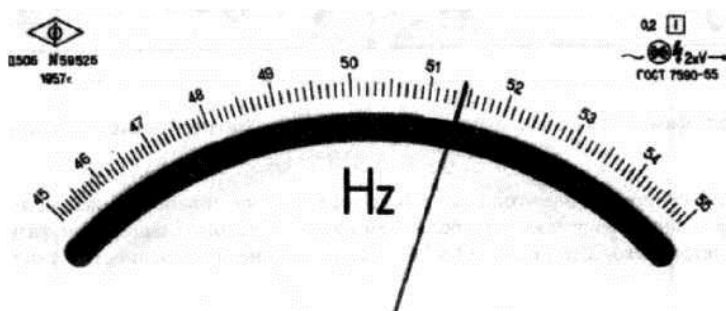
### **Примеры заданий для практических занятий**

**Задача 1.** Погрешность измерения одной и той же величины, выраженная долями этой величины:  $1 \cdot 10^{-3}$  - для одного прибора;  $2 \cdot 10^{-3}$  - для другого. Какой из этих приборов точнее?

**Задача 2.** Определите относительную погрешность для прибора класса 0,5, имеющего шкалу 100 делений. Насколько эта погрешность больше погрешности на последнем - сотом делении шкалы прибора?

**Задача 3.** При контроле метрологических параметров деформационных (пружинных) манометров со шкалой на 300 делений смещение стрелки от постукивания по корпусу прибора должно оцениваться с погрешностью, не превышающей 0,1 цены деления шкалы. Сопоставьте эту погрешность отсчета с допустимой погрешностью для манометра класса 0,15.

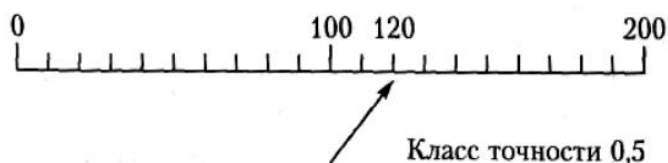
**Задача 4.** Указатель отсчетного устройства частотомера класса точности 0,2 с номинальной частотой 50 Hz, шкала которого приведена на рисунке, показывает 54 Hz. Чему равна измеряемая частота?



**Задача 5.** Вольтметр типа Д566/107, класса точности 0,2, имеет диапазон измерений от 0 V до 50 V. Определить допускаемую абсолютную и относительную погрешности, если стрелка вольтметра остановилась на делении шкалы против цифры 20 V.

**Задача 6.** Из теоретической метрологии известно, что если за результат измерения взять среднее арифметическое из  $n$  измерений, точность повышается в  $\sqrt{n}$  раз. Сколько измерений электрического сопротивления резистора надо сделать омметром класса 1,0, чтобы определить ее с погрешностью 0,1%?

**Задача 7.** Указатель отсчетного устройства вольтметра класса точности 0,5, шкала которого приведена на рисунке, показывает 120 V. Представить результат однократного измерения (шкала равномерная).



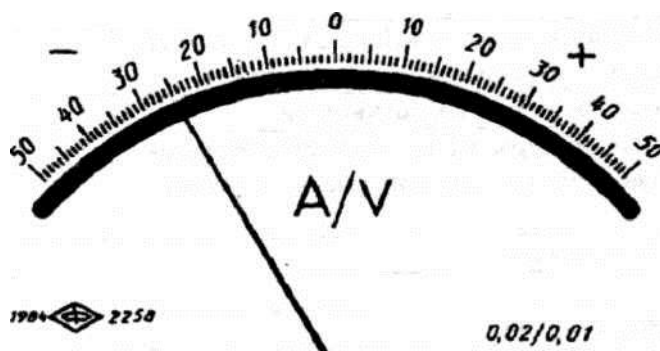
**Задача 8.** Класс точности весов 0,2, определите допускаемую погрешность этих весов в начале (1 деление) и в середине шкалы, если весы рассчитаны на 100 делений.

**Задача 9.** Указатель отсчетного устройства омметра класса точности 2,5 с существенно неравномерной шкалой длиной 100 mm показывает 100 Ом. Чему равно измеряемое сопротивление?

**Задача 10.** При измерении напряжения вольтметром класса точности 0,5/0,1 с верхним диапазоном измерений 250 V его показания были 125 V. Определите относительную погрешность вольтметра.

**Задача 11.** Амперметр класса точности 1,5, имеет диапазон измерений от 0 В до 250 А. Определить допускаемую абсолютную и относительную погрешности, если стрелка амперметра остановилась на делении шкалы против цифры 75 А.

**Задача 12.** Указатель отсчетного устройства ампервольтметра класса точности 0,02/0,01 со шкалой, приведенной на рисунке, показывает — 25 А. Чему равна измеряемая сила тока?



**Задача 13.** При определении класса точности ваттметра, рассчитанного на 750 W, получили следующие данные: 47 W - при мощности 50 W, 115 W - при 100 W; 204 W - при 200 W; 413 W - при 400 W; 728 W - при 750 W. Какой класс точности прибора?

**Задача 14.** Указатель отсчетного устройства цифрового ампервольтметра класса точности 0,02/0,01 показывает 25 А. Чему равна измеряемая сила тока?

**Задача 15.** Какого класса точности нужно взять измерительный прибор, чтобы в середине шкалы его погрешность измерения не превышала 1%?

## Поверка и калибровка средств измерений

**Цели и задачи работы:** изучение правил организации и порядка проведения поверки средств измерения. Ознакомление с методами поверки, примерами построения поверочных схем, методами определения межповерочных интервалов.

### Краткие сведения из теории

Поверкой средств измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений. Цель поверки - выяснить, соответствуют ли точностные характеристики приборов значениям, указанным в технической документации, и пригодно ли средство измерения к применению. Вид поверки определяют в зависимости от того, какой метрологической службой проведена поверка, от характера поверки (инспекционная, экспертная), каков этап работы средства измерений (первичная, периодическая, внеочередная). Организацию и поверку средств измерений проводят согласно О'z DSt 8.003: 2005 и О'z RH 52-008:2009.

Государственную поверку проводят территориальные органы Комитета Узбекской агентством по стандартизации, метрологии и сертификации (Агентство «Узстандарт») - центры стандартизации, метрологии и сертификации. Государственной поверке подлежат средства измерений, применяемые в качестве исходных образцов при проведении государственных испытаний и метрологической аттестации, градуировке и поверке на предприятиях, выпускаемые в обращение из производства или после ремонта, и многие другие. Конкретная номенклатура средств измерений, подлежащих обязательной госповерке утверждается, агентством «Узстандартом».

Ведомственной поверке подлежат средства измерений, не указанные в перечне средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке, например, средства контроля режимов технологических процессов деталей, узлов готовой продукции.

В зависимости от того, на каком этапе эксплуатации средств измерений проводят поверку, она может быть:

*первичной* - которой подвергаются все средства измерений после изготовления, а также все средства измерений после ремонта;

*периодической* - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные межповерочные интервалы, установленные при проведении государственных приемочных испытаний;

*внеочередной* - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений с целью установления их исправности вне зависимости от сроков периодической поверки в соответствии с определенными требованиями НТД на методы и средства поверки.

### Методы поверки средств измерений

В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми средства измерения могут быть поверены:

без использования компаратора (прибора сравнения), т.е. непосредственным сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида;

сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора;

прямым измерением поверяемым измерительным прибором величины, воспроизводимой образцовой мерой;

прямым измерением образцовым измерительным прибором величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;

косвенным измерением величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором, подвергаемым поверке.

Метод непосредственного сличения двух средств измерений без применения компарирующих или каких-либо других промежуточных приборов. Этот метод широко применяется при поверке различных средств измерений и т.д. Например, в области электрических и магнитных измерений этот метод применяют при определении метрологических характеристик измерительных приборов непосредственной оценки предназначенных для измерения тока, напряжения, частоты и т.д.; в области измерения механических величин, в частности, давления. Основой метода служит одновременное измерение одного и того же значения физических величин  $X$  аналогичным по роду измеряемой величины поверяемым и образцовым приборами. При поверке данным методом устанавливают требуемое значение  $X$ , затем сравнивают показания поверяемого прибора  $X$  с показаниями  $X_0$  образцового и определяют разность  $\Delta X - X_0$ . Разность равна абсолютной погрешности поверяемого прибора, которую приводят к нормированному значению  $X_n$  для получения приведенной погрешности  $Y$ .

$$y = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\%$$

Этот метод может реализовываться двумя способами:

**регистрацией смещений.** При этом показание индикатора поверяемого прибора путем изменения входного сигнала устанавливают равным поверяемому значению, а погрешность определяют как разность между показанием поверяемого прибора и действительным значением, определяемым по показаниям образцового прибора.

**отсчетом погрешности по показанию индикатора поверяемого прибора.** При этом номинальное значение размера физической величины устанавливают по образцовому прибору, а погрешность определяют как разность между номинальным значением и показанием поверяемого прибора.

**Первый способ** удобен тем, что дает возможность точно определить погрешность по образцовому прибору, имеющему, как правило, более высокую разрешающую способность.

**Второй способ** удобен при автоматической поверке, так как позволяет поверять одновременно несколько приборов с помощью одного образцового средства измерения. Недостатки этого способа: нелинейность и недостаточная разрешающая способность поверяемых приборов. Достоинства метода непосредственных сличений: простота, отсутствие необходимости применения сложного оборудования и др.

Метод сличения поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора (прибора сравнения) заключается в том, что в ряде случаев невозможно сравнить показания двух приборов, например, вольтметров, если один из них пригоден для измерений только в цепях постоянного тока, а другой - переменного; нельзя непосредственно сравнить размеры мер магнитных и электрических величин. Измерение этих величин выполняют введением в схему поверки некоторого промежуточного звена - компаратора, позволяющего косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины. Компаратором может быть любое средство измерения, одинаково реагирующее на сигнал образцового и поверяемого средств измерений.

При сличении мер сопротивления, индуктивности, емкости в качестве компараторов используют мосты постоянного или переменного тока, а при сличении мер сопротивления и ЭДС-потенциометры.

Сличение мер с помощью компараторов осуществляют методами противопоставления и замещения. Общим для этих методов поверки средств измерений является выработка сигнала о наличии разности размеров сравниваемых величин. Если этот сигнал подбором, например, образцовой меры или принудительным изменением ее размера будет сведен к нулю, то это нулевой метод. Если же на входе компаратора при



одновременном воздействии размеров сличаемых мер измерительный сигнал указывает на наличие разности сравниваемых размеров, то это дифференциальный метод.

Применение в ходе поверки метода противопоставления позволяет уменьшить воздействие на результаты поверки влияющих величин ввиду того, что они практически одинаково искажают сигналы, подаваемые на вход компаратора.

Достоинства метода замещения заключаются в последовательном во времени сравнении двух величин. То, что эти величины включаются последовательно в одну и ту же часть компаратора, повышает точность измерений по сравнению с другими разновидностями метода сравнения, где несимметрия цепей, в которые включаются сравниваемые величины, приводит к возникновению систематической погрешности. Недостаток нулевого метода замещения - необходимость иметь средство измерений, позволяющее воспроизводить любое значение известной величины без существенного понижения точности. Особенностью дифференциального метода при проведении измерений и, в частности, поверки является возможность получения достоверных результатов сличения двух средств измерений даже при применении сравнительно грубых средств для измерения разности. Вместе с тем реализация этого метода требует наличия высокоточной образцовой меры с номинальным значением, близким к номинальному значению сличаемой меры.

**Метод прямого измерения.** Этот метод предъявляет к мерам, используемым в качестве образцовых средств измерений, ряд специфических требований. Наиболее характерными из них являются: возможность воспроизведения мерой той физической величины, в единицах которой градуировано поверяемое средство измерений, достаточный для перекрытия всего диапазона измерений поверяемого средства измерений диапазон физических величин, воспроизводимых мерой; соответствие точности меры, а в ряде случаев ее типа и плавности изменения размера требованиям, оговариваемым в НТД на методы и средства поверки средств измерений данного вида.

Как и при поверке методом непосредственного сличения, определение основной погрешности поверяемого средства измерений проводят двумя рассмотренными ранее способами.

Реализовать 1-й способ, обладающий рядом преимуществ, можно только при наличии магазина мер, позволяющего достаточно точно плавно изменять воспроизводимую или физическую величину. В ряде случаев непосредственно измерить размер меры поверяемым средством измерений некоторую промежуточную величину, которую в свою очередь непосредственно сопоставляют со значением образцовой меры. Например, поверка вольтметров сличением их показаний с мерой ЭДС с помощью потенциометра постоянного тока.

Широкое применение метод прямых измерений находит при поверке мер электрических и магнитных величин. Особенно он эффективен при поверке мер ограниченной точности.

**Метод косвенных измерений** величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором. При реализации этого метода о действительном размере меры и измеряемой поверяемым прибором величины судят на основании прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой величиной, определенной зависимостью. Метод применяется тогда, когда действительные значения величин, воспроизводимые или поверяемые поверяемым средством измерений, невозможно определить прямым измерением или когда косвенные измерения более просты или более точны по сравнению с прямыми.

На основании прямых измерений и по их данным выполняют расчет. Только расчетом, основанным на определенных зависимостях между искомой величиной и результатами прямых измерений, определяют значение величины, т.е. находят результат косвенного измерения. Например, определяют систематическую составляющую

относительной погрешности электрического счетчика активной энергии с помощью ваттметра и секундомера. Погрешность поверяемого счетчика, %, находят по формуле:

$$\sigma = \frac{W_n - W_0}{W_0} \cdot 100\%$$

где  $W_0$  - действительное значение электрической энергии по показаниям образцовых приборов;  $W_n$  - значение электрической энергии по показаниям поверяемого счетчика. Для определения  $W_n$  необходимо знать постоянную счетчика  $C$ , которая обычно не указывается. Но на счетчике указано число оборотов диска  $A$ , соответствующее энергии 1 kW.h. Постоянная  $C = 3600 \cdot 1000 / A$  [W.s/об], а измеренная поверяемым счетчиком энергия  $W_n = C \cdot N$ . Если по показаниям образцового ваттметра установить действительное значение мощности  $P_0$  и поддерживать ее неизменной в течение времени  $t_0$ , определяемого по образцовому секундомеру, то действительное значение энергии можно определить расчетом по формуле  $W_0 = P_0 \cdot t_0$  в практике поверки для расчета погрешности чаще применяют формулу:

$$\sigma = \frac{t_n - t_0}{t_0} \cdot 100\%$$

где  $t_n$  - нормальное время поверяемого счетчика, т.е. время, за которое диск правильно работающего счетчика должен сделать  $N$  оборотов при заданной мощности  $P$ ;  $P$  - показание (сумма показаний) образцовых ваттметров,  $W$ : Число оборотов  $N$  выбирают таким, чтобы при данной мощности  $P$  показание секундомера  $t$  было не менее 50 s, а относительная погрешность измерения времени не превышала допускаемой.

$$t_n = \frac{C \cdot N}{P} = \frac{360 \cdot 100 \cdot N}{A \cdot P}$$

При поверке счетчика методом косвенного измерения энергии образцовым ваттметром и секундомером суммарная погрешность образцовых средств измерений складывается из погрешностей образцовых ваттметра и трансформатора тока, погрешности секундомера и субъективных погрешностей, вызванных ошибками поверителя при пуске и остановке секундомера. Последняя достигает 0,3 s, т.е. при времени измерения  $t = 50$  s составляет 0,6%. Следовательно, по сравнению с составляющими погрешности: ваттметра 0,2-0,3%; трансформатора тока 0,1%; секундомера 1...0,2%, ошибка поверителя существенно влияет на точность показаний, а поэтому стандарт (ГОСТ 8.259-77) предусматривает, что при каждой нагрузке должно быть выполнено два наблюдения. Это делают, дважды отсчитывая число оборотов, измеряя время двумя секундомерами.

За действительное значение времени для данной нагрузки принимают среднее арифметическое двух наблюдений. Если значение погрешности счетчика, определенное по результатам двух наблюдений, близко к предельно допускаемому, то проводят дополнительно два наблюдения при данной нагрузке и вычисляют среднее арифметическое четырех наблюдений, которое и является окончательным. Таким образом, при выполнении поверки методом косвенных измерений величин, измеряемых поверяемыми приборами или воспроизводимых подвергаемыми поверке мерами, следует учитывать тот факт, что конечный результат косвенного измерения всегда отягощен составляющими погрешностями прямых измерений.

**Независимая поверка.** Независимая или автономная поверка, т. е. поверка без применения образцовых средств измерений, возникла при разработке особо точных средств измерений, которые не могут быть поверены ни одним из рассмотренных методов ввиду отсутствия еще более точных средств измерений с соответствующими пределами измерения. Сущность метода независимой (автономной) поверки, наиболее часто

реализуемого при поверке приборов сравнения, заключается в сравнении величин, воспроизводимых отдельными элементами схем поверяемого средства измерений, с величиной, выбранной в качестве опорной и конструктивно воспроизводимой в самом поверяемом средстве измерений (совместные и совокупные измерения). Например, при поверке  $m$ -й декады потенциометра необходимо убедиться в равенстве падений напряжений на каждой  $n$ -й ступени этой декады. Для этого, выбрав в качестве опорной величины сопротивление первой ступени декады, можно с помощью компаратора поочередно сравнивать падения напряжения на каждой  $n$ -й ступени с падением напряжения на этом сопротивлении.

Переход от поверки предыдущей декады к последующей осуществляется сравнением падения напряжения на сумме всех ступеней последующей декады с номинально одинаковым падением напряжения на второй ступени предыдущей декады. Метод трудоемок, но не позволяет определять поправки с высокой точностью непосредственно на месте эксплуатации поверяемого средства измерений, что способствует эффективности контроля его метрологических характеристик.

Реализация методов поверки осуществляется комплектной или поэлементной поверкой.

При комплектной поверке средство измерений поверяют в полном комплекте его составных частей, без нарушения взаимосвязи между ними. Погрешности, которые при этом определяют, рассматривают как погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом средство измерений находится в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, что позволяет в ходе поверки попутно выявить многие, присущие поверяемому средству измерений недостатки: дефекты внутреннего монтажа, неисправности переключающих устройств и т.п. С учетом простоты и хорошей достоверности результатов комплектной поверки всегда, когда это возможно, отдают предпочтение.

В случае невозможности реализации комплектной поверки, ввиду отсутствия образцовых средств измерений, несоответствия их требованиям точности или пределам измерений, применяют поэлементную поверку. Поэлементная поверка средства измерений - это поверка, при которой его погрешности определяют по погрешностям отдельных частей. Затем по полученным данным расчетом определяют погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом предполагают, что закономерности взаимодействия отдельных частей средства измерений точно известны, а возможности посторонних влияний на его показания исключены или поддаются точному учету. Область применения поэлементной поверки обширна и в ряде случаев оказывается единственно возможной.

Весьма широко поэлементную поверку используют при поверке сложных средств измерений, состоящих из компаратора со встроенными в него образцовыми мерами. Следует особо отметить, что по результатам поэлементной поверки, если действительная погрешность превышает допускаемую, можно непосредственно установить причину неисправности средств измерений. Существенным недостатком поэлементной поверки является ее трудоемкость и сложность реализации по сравнению с комплексной поверкой.

#### Поверочные схемы

Поверочные схемы - это документ, определяющий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Различают государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы, создание и реализацию которых определяют ГОСТ 8.061-80.

При разработке поверочной схемы необходимо обосновать оптимальность ее структуры (методы поверки, виды вторичных эталонов, число разрядов образцовых средств измерений и т.д.). При этом подобрать оптимальные соотношения погрешностей

поверяемого и образцового приборов, учесть вероятности признания годными неисправных приборов и т.д.

Поверочные схемы оформляют в виде чертежа, на котором указывают наименования средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, средств измерений и методов поверки. Чертеж дополняется текстовой частью (рис. 1.).

Чертеж должен состоять из полей, расположенных друг над другом и разделенных штриховыми линиями, число которых зависит от структуры поверочной схемы. Поля должны иметь наименования, указываемые в левой части чертежа, отделенной вертикальной сплошной линией.

В верхнем поле чертежа государственной поверочной схемы, возглавляемой государственным эталоном, указывают наименования эталонов в порядке их соподчиненности. В верхнем поле чертежа ведомственной или локальной поверочной схемы указывают наименования эталона или локальной поверочной схемы.

Для средств измерений производных величин, единицы которых воспроизводят методом косвенных измерений, в верхнем поле чертежа указывают наименования образцовых средств измерений, применяемых для воспроизведения данной единицы и заимствования из других государственных поверочных схем. Наименование этих образцовых средств измерений должны быть даны со ссылками на соответствующие поверочные схемы. Номинальные значения или диапазоны значений физических величин и значения их погрешностей указывают над наименованиями эталонов и образцовых средств измерений.

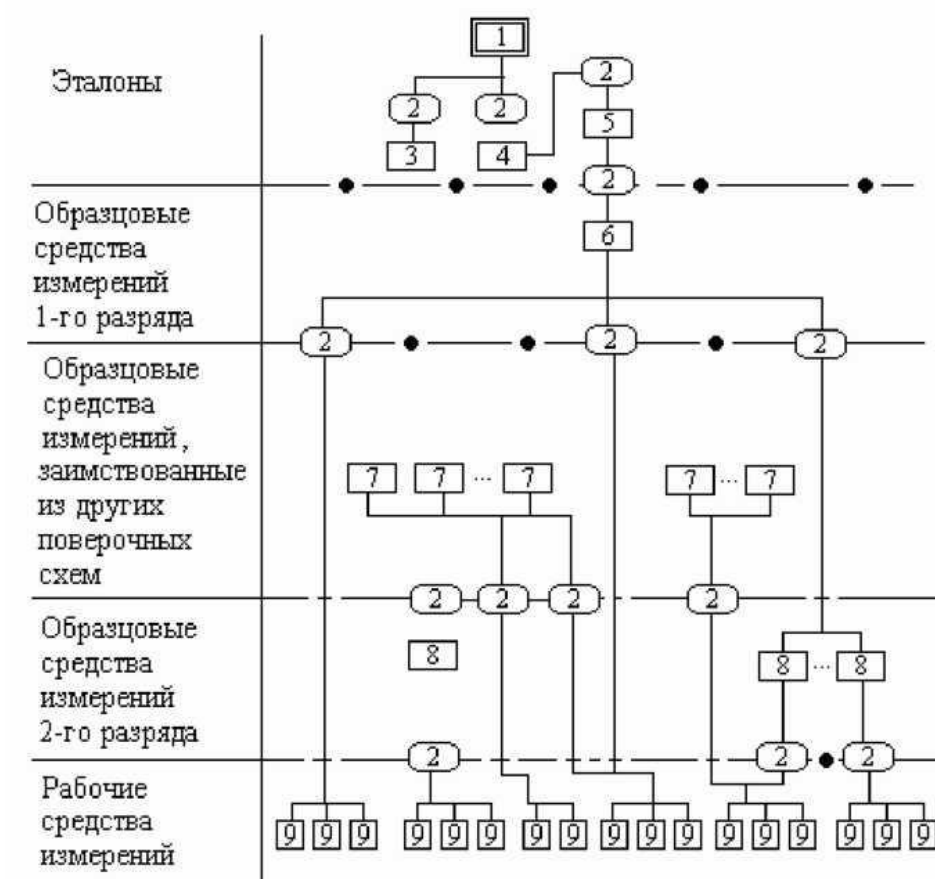


Рис. 1

- 1 - государственный эталон;
- 2 - метод передачи размера единицы;
- 3 - эталон сравнения (для международных сличений);

- 4 - эталон-копия;
- 5 - рабочий эталон;
- 6,8 - образцовые средства измерений соответствующих разрядов;
- 7 - образцовые средства измерений, заимствованные из других поверочных схем;
- 9 - рабочие средства измерений

Под полем эталонов располагают поле образцовых средств измерений 1-го разряда и далее поля подчиненных образцовых средств измерений. В тех поверочных схемах, где должна быть показана передача размера единицы от образцовых средств измерений, заимствованных из других поверочных схем, их наименования помещают в специально отведенном поле. В ведомственных и локальных поверочных схемах указывают разряды образцовых средств измерений, соответствующие присвоенным этим средствам измерений в государственных поверочных схемах. Под наименованиями образцовых средств измерений показывают диапазоны измерений и значения погрешностей средств измерений. Поле рабочих средств измерений помещают под полем подчиненного образцового средства измерений. Слева направо в порядке возрастания погрешности в нем располагают группы рабочих средств измерений, поверяемых по образцовым средствам одного наименования. Для каждой группы указывают вид, диапазон измерений и значения погрешностей средств измерений.

Погрешности эталонов характеризуют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.057-80, погрешности образцовых средств измерений - пределом допускаемой погрешности средств измерений при соответствующей доверительной вероятности 0.90, 0.95 или 0.99, метрологические характеристики и, в частности, погрешности рабочих средств измерений - пределом допускаемой погрешности средств измерений. Формы выражения погрешности образцовых и рабочих средств измерений в одной поверочной схеме должны быть одинаковыми.

В поверочных схемах наименования средств измерений, их номинальные значения или диапазоны значений физических величин и погрешности соответствуют: для эталонов - требованиям ГОСТ 8.372-80; для образцовых средств измерений - государственным стандартам на технические требования или свидетельству об их метрологической аттестации; для рабочих средств измерений - государственным стандартам на технические требования к этим средствам. Наименования и обозначения физических величин и их единиц указывают в соответствии с ГОСТ 8.417-81.

На поверочной схеме также указывают один из методов поверки средств измерений: непосредственного сличения или сличения при помощи компаратора или других средств сравнения; прямых, косвенных, совместных или совокупных измерений.

На чертеже поверочной схемы наименование государственного эталона заключают в прямоугольник, образованный двойной линией, а вторичные эталоны, образцовые и рабочие средства измерений - в прямоугольники, образованные одинарной линией. Наименование методов поверки помещают в горизонтальные овалы между наименованиями поверяемого и образцового средства измерений.

Локальная поверочная схема формируется в соответствии с вышеизложенными требованиями: передача размеров единиц сверху вниз, компоновка и оформление элементов ведомственной (локальной) поверочной схемы приведена на рис. 1; пояснительный текст к ней должен состоять из вводной части и объяснений к ее элементам, несущим дополнительную информацию.

**Определение межповерочных интервалов** для средств измерений - это функция организаций, проводящих их поверку. Рекомендуется устанавливать межповерочные интервалы либо в часах наработки, либо в календарном времени (в месяцах), используя следующий ряд чисел: 1; 1.5; 2; 3; 4; 5; 9; 12; 18; 24 и 36. Определение межповерочных интервалов рекомендуется производить на основе статистической обработки, интерполяции данных, накопленных в период эксплуатации, и поверки средств

измерений. В случае отказа средств измерений их направляют в ремонт и на последующую поверку независимо от установленного межповерочного интервала.

Для определения межповерочных интервалов средств измерений обрабатывают статистические данные по основным показателям надежности в конкретных условиях эксплуатации, которыми являются: вероятность безотказной работы в течение определенного промежутка времени  $t$  (межповерочного интервала)  $\tilde{P}_i$ ; интенсивность отказов  $\lambda_1$ ; наработка на отказ  $T_0$ .

Накопление статистической информации осуществляют метрологические службы предприятий для изучения и определения межповерочных интервалов.

При определении межповерочных интервалов средств измерений выполняют следующие операции:

формируют "однородные" группы средств измерений;

назначают первый межповерочный интервал для каждой группы средств измерений;

собирают и обрабатывают статистическую информацию о поведении средств измерений каждой "однородной" группы в конкретных условиях эксплуатации в течение назначенного межповерочного интервала и определяют статистические данные по показателям надежности;

оценивают правильность ранее назначенного межповерочного интервала и, в случае необходимости, его корректируют (увеличивают или уменьшают интервал);

собирают и обрабатывают статистическую информацию о поведении каждой "однородной" группы в конкретных условиях коммутации и оценивают правильность ранее назначенного межповерочного интервала после каждой периодической поверки всех средств измерений "однородной" группы на протяжении всего периода их эксплуатации.

"Однородные" группы средств измерений формируют из не менее чем 30 шт на основании общности следующих факторов: показателей надежности (типа, назначения, завода-изготовителя, года выпуска, класса точности, наличия вибрации и т.д.); интенсивности эксплуатации; допускаемой вероятности безотказной работы.

Первый межповерочный интервал (как и скорректированные), если известны значения показателей надежности, устанавливают расчетом - один для всех средств измерений, входящих в "однородную" группу. Если полностью отсутствуют какие-либо исходные данные о числовых значениях показателей надежности, то первый межповерочный интервал принимают равным периодичности поверок, установленных в настоящий момент на предприятии.

Расчет межповерочных интервалов по показателям надежности производят двумя методами - по  $\lambda_1$  или  $T_0$ .

По  $\lambda_1$  межповерочные интервалы рассчитывают в тех случаях, когда по каким-либо причинам затруднен учет времени наработки. В этом случае первый межповерочный интервал при принятом экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы определяют по формуле:

$$t_1 = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln P_{\text{дв}}$$

где  $t_1$  - первый межповерочный интервал;  $\lambda_1$  - интенсивность отказов;  $P_{\text{дв}}$  - допускаемая вероятность безотказной работы ( $P_{\text{дв}} = 1 - Q_{\text{дв}}$ , где  $Q_{\text{дв}}$  - допускаемая вероятность отказа).

Допускаемую вероятность безотказной работы  $P^{\wedge}$  для рабочих средств измерений выбирают в пределах 0,85 - 0,99 в зависимости от степени ответственности измерений. Для ответственных измерений, например, измерений выходных параметров основных изделий, рекомендуется принимать  $P_{\text{дв}}$  в пределах 0,95-0,99.

Значение  $P_{\text{аи}}$  определяют при обработке конкретного технологического процесса, а также при анализе его экономической эффективности. Для средств измерений, не участвующих непосредственно в технологическом процессе, значение  $P_{\text{аи}}$  устанавливает метрологическая служба предприятия.

Если имеются сведения о значении показателя  $T_0$ , о расчет межповерочного интервала производят по формуле:

$$t_1 = -T_0 \cdot \ln P_{\text{аи}}$$

Накопление (сбор) статистической информации осуществляют с целью определения количественных значений показателя надежности и установления количества забракованных средств измерений  $n_i$  от общего количества однородной группы  $N_i$  в течение межповерочного интервала  $t$ .

При обработке статистических данных учитывают только "скрытые" отказы, выявленные при очередной поверке, которые не могут быть обнаружены при эксплуатации средств измерений. К ним относятся погрешность, вариация, нестабильность нуля и т.п. Явные отказы, т.е. когда отказ можно обнаружить без поверки, при расчетах учитывать не следует.

После поверки всех средств измерений "однородной" группы производят обобщение информации и расчет показателей надежности. Статистические значения вероятности безотказной работы  $P_i$ , интенсивности отказов  $\lambda_i$  и наработки на отказ  $T_0$  определяют по формуле:

$$\hat{P}_i = \frac{\hat{N}_i - n_i}{N_i};$$

$$\lambda t = \frac{1 - P_i}{t_1} = \frac{n_i}{t_1 * N_i};$$

$$T_0 = \sum_{i=0}^N \frac{T_{0i}}{N_i};$$

где  $N_i$  - количество средств измерений "однородной" группы;  $n_i$  - количество средств измерений, забракованных по "скрытым" отказам в течение межповерочного интервала  $t$ ;  $T_{0i}$  - наработка на отказ  $i$ -го средства измерений в "однородной группе". Результаты расчета по формулам заносят в табл.1.

Таблица 1

Номер группы	Наименование средств измерений, тип и характеристик а	Количество средств измерений "однородной группы"	Количество отказавших средств измерений	Вероятность безотказной работы	Интенсивность отказов	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

Наработку на отказ каждого средства измерений определяют отношением суммарной наработки средств измерений к количеству "скрытых" отказов:

$$T_{0i} = \sum_{i=1}^n \frac{T}{n_i}$$

где  $\tau$  - наработка, т.е. время исправной работы между  $(i-1)$  и  $i$ -ми отказами (принимают, что "скрытый" отказ произошел в середине межповерочного интервала;  $n'_i$  - количество "скрытых" отказов для данного средства измерения).

Учет данных об отказах осуществляют по форме, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Завод изготовитель	Заводской номер	Год выпуска	Тип или система	Пределы измерения	Класс точности, основная погрешность
	№ 60328	1989	В3 -20	0,007 5-300	не более- 1,5

Оценку правильности ранее назначенного межповерочного интервала производят с доверительной вероятностью 0,80, используя следующее неравенство:

$$P_{доп} - 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп} * (1 - P_{доп})}{N_i}} < \hat{P}_i < P_{доп} + 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп} * (1 - P_{доп})}{N_i}}$$

где  $P_i^*$  - статистическое значение вероятности безотказной работы.

При выполнении этого соотношения межповерочный интервал оставляют до очередной поверки неизменным. Если отмеченное условие не выполняется, то корректируется очередной межповерочный интервал в соответствии с уравнением:

$$t_2 = C \cdot t_1$$

где  $C$  - коэффициент коррекции;

$$C = \ln P_{доп} / \ln P_i = \ln(1 - Q_{доп}) / \ln(1 - Q_i).$$

Зависимость коэффициента коррекции  $C$  от полученных статистических значений  $P_i^*$  при  $P_{доп} = 0,85; 0,90; 0,95; 0,99$  приведена в таблице 3.



Результаты поверки				Наработка меж поверками		Наработка на отказ	Примечание
Дата очередной поверки	Годеи или брак	Отказ		Общая	Исправного прибора		
		Вид	Причина				
09.01.2010	Годеи	--	--	--	--	--	Введен в эксплуат.
25.08.2010	Годеи	--	--	1100	1100	--	
12.01.2011	Годеи	--	--	620	620	--	
10.08.2011	Брак	Скрытый	Погрешность допуска на пределе 100В	1060	530	--	
14.01.2012	Годеи	--	--	610	610	--	
23.03.2012	Брак	Скрытый	Погрешность допуска на пределе 300В	680	340	1900	
28.08.2012	Годеи	--	--	606	660	--	
01.11.2012	Годеи	--	--	630	630	--	
18.03.2013	Брак	Скрытый	Погрешность допуска на пределе 10В	640	320	1810	
27.09.2013	Годеи	--	--	630	630	--	

Таблица 3

	С при					С при		
	0,85	0,90	0,95	0,99		0,85	0,90	0,95
0,01	16,20	10,500	5,100	1,000	0,26	0,54	0,348	0,169
0,02	8,10	5,250	2,550	0,500	0,27	0,51	0,333	0,160
0,03	5,40	3,500	1,700	0,330	0,28	0,49	0,320	0,155
0,04	3,95	2,560	1,244	0,244	0,29	0,47	0,307	0,149
0,05	3,18	2,058	1,00	0,196	0,30	0,45	0,294	0,142
0,06	2,60	1,690	0,820	0,161	0,31	0,43	0,283	0,137
0,07	2,24	1,450	0,708	0,138	0,32	0,42	0,272	0,132
0,08	1,95	1,265	0,614	0,120	0,33	0,400	0,262	0,127
0,09	1,72	0,117	0,540	0,106	0,34	0,389	0,252	0,122
0,10	1,54	1,000	0,485	0,096	0,35	0,375	0,243	0,118
0,11	1,39	0,940	0,439	--	0,36	0,363	0,235	0,114
0,12	1,26	0,820	0,396	--	0,37	0,350	0,227	0,110
0,13	1,16	0,755	0,367	--	0,38	0,338	0,219	0,106
0,14	1,07	0,695	0,337	--	0,39	0,327	0,212	0,103
0,15	1,00	0,648	0,315	--	0,40	0,317	0,205	0,099
0,16	0,93	0,603	0,293	--	0,41	0,306	0,198	0,095
0,17	0,87	0,564	0,274	--	0,42	0,297	0,192	0,093
0,18	0,82	0,530	0,297	--	0,43	0,289	0,186	0,090
0,19	0,76	0,497	0,241	--	0,44	0,279	0,181	0,087
0,20	0,72	0,470	0,228	--	0,45	0,270	0,175	0,085
0,21	0,65	0,444	0,216	--	0,46	0,262	0,170	0,082
0,22	0,65	0,423	0,205	--	0,47	0,255	0,165	0,080
0,23	0,62	0,402	0,195	--	0,48	0,247	0,160	0,077
0,24	0,59	0,363	0,185	--	0,49	0,240	0,156	0,075
0,25	0,56	0,364	0,177	--	0,50	0,233	0,151	0,073

**Пример 1. Расчет на основе показателя  $P_i^*$ .** Для однородной группы средств измерений ( $N_i = 100$  шт.) необходимо назначить межповерочный интервал  $t_1$ . Допускаемая вероятность безотказной работы  $P_{don} = 0,85$ , установленная при испытаниях интенсивность отказов аналогичных средств измерений

$$P_i^* = 1 / 91 \text{ ГОД}^{-1} \quad (1)$$

Зная, что:

$$t_1 = \ln P_{\text{avr}} / P_i^* = -9 \cdot \ln 0,85 - 1,5 \quad (2)$$

Поскольку  $P_i^*$  для приведенного расчета имела ориентировочное значение, то  $t_1$  было принято равным 1 году.

По истечении установленного срока ( $t_1 = 1$  год) все средства измерений "однородной" группы были подвергнуты поверке, при этом из 100 шт. проведенных приборов было забраковано 20 шт., т.е.  $N_i = 100$ ;  $n_i = 20$ .

Согласно формуле (1) определяем статистическое значение:

$$P_i = (N_i - n_i) / N_i = (100 - 20) / 100 = 0,80$$

Согласно соотношению (2) определяем необходимость корректировки межповерочного интервала  $t$ :

$$\hat{P}_i = \frac{N_i - n_i}{N_i} = \frac{100 - 20}{100} = 0,80 \quad (3)$$

Статистическое значение  $P_i^* = 80$  выходит за пределы полученных границ. Следовательно, первый межповерочный интервал ( $t_1 = 1$  год) был назначен неверно и по результатам проведенной поверки подлежат коррекции.

По формуле (3) определяем коэффициент коррекции:

$$C = \ln P_{don} / \ln P_i = \ln 0,85 / \ln 0,80 = 0,162 / 0,223 = 0,7$$

Межповерочный интервал с учетом коэффициента коррекции определяем по формуле:

$$t_2 = t_1 * C$$

Взяв за основу полученный результат и проанализировав признаки, по которым производилось формирование группы, принимаем решение назначить

$$t_2 = 6 \text{ мес.}$$

**Пример 2. Расчет на основе показателя  $T_0$ .** С учетом признаков, указанных ранее, сформирована "однородная" группа из следующих средств измерений: ВЗ-20 - 1 шт.; ВЗ-3 - 5 шт.; ВЗ-7 - 6 шт.; ВЗ-4 - 6 шт.

За время эксплуатации средств измерений с 1991 по 1995 гг. проведен сбор статистической информации. Для ВЗ-20 собранные статистические данные представлены в табл. 3.

Наработка на отказ для ВЗ-20, ч рассчитана по формуле:

$$T_0 = (1100 + 620 + 530 + 610 + 340 + 660 + 630 + 320) / 3 = 1810$$

Для других средств измерений "однородной" группы получены следующие значения наработки на отказ, h: 1840, 1870, 1850, 1840, 1865, 1830, 190, 1850, 1820, 1860, 1875, 1860, 1850, 1800, 1845, 1870. Нарработку на отказ для "однородной" группы, ч,

$$T_0 = (1810 + 1840 + 1870 + 1850 + 1840 + 1865 + 1830 + 1790 + 1850 + 1820 + 1860 + 1875 + 1860 + 1855 + 1800 + 1845 + 1870) / 19 = 1840$$

Межповерочный интервал для "однородной" группы, ч,  
 $t_I = -1840 * \ln 0,8 = -1840 * (-0,223) = 410$

**Поверка измерительных приборов.** В зависимости от конструкции, назначения, технических возможностей и экономической целесообразности определяются метрологические характеристики, подлежащие контролю, и способ поверки. В ходе поверки устанавливают состояние и комплектность технической документации, в состав которой входят:

- тех. документация по ГОСТ 2.601-78;
- свидетельство о последней поверке;
- электрическая схема соединений элементов;
- перечни и значения метрологических характеристик;
- методики измерения и расчета метрологических характеристик;
- свидетельство по результатам метрологической аттестации.

После ознакомления с состоянием и комплектностью технической документации с учетом стадий выпуска из производства, эксплуатации, хранения и ремонта, а также вида поверки производят внешний осмотр, опробование и контроль (определение) метрологических характеристик.

Поверка в простейшем случае заключается в следующем: в соответствии с требованиями НТД на методы и средства поверки приборов на вход подают образцовые значения измеряемых величин; затем сравнивают результаты измерений на выходе поверяемого прибора с соответствующими поданными на вход прибора значениями образцового сигнала или показаниями образцового прибора, в результате чего определяют значения погрешности.

Определяют метрологические характеристики поверяемого прибора производят с использованием статистических методов обработки значений погрешности измерительных приборов.

Порядок набора статистических данных и методы статистической обработки должны быть приведены в НТД на методы и средства поверки конкретного прибора.

На основании полученных данных анализируют результаты поверки и принимают решение о годности измерительного прибора для дальнейшего применения.

В случае положительных результатов поверки оформляется свидетельство на измерительный прибор, при отрицательных результатах оформляют извещение о непригодности измерительного прибора к эксплуатации.

**Пример 3. Поверка измерительного генератора.** Перед проведением поверки генератор включается в сеть, выдерживается в течение времени, необходимого для установления рабочего режима и калибруется, в случае необходимости.

Образцовая измерительная аппаратура выбирается в зависимости от пределов допускаемой погрешности поверяемого генератора.

Поверку прибора производят в нормальных климатических условиях:

температура окружающего 0/-h воздуха, С	20±5
для приборов повышенной точности температура окружающего 0/-h воздуха, С,	20 ±2
относительная влажность воздуха, %,	30 - 80

атмосферное давление, kPa (mm. рт. ст.),	84 - 106 (630 - 795)
напряжение питающей сети, V,	220± 4,4 (сети с частотой 50, 400 Hz)
частота питающей сети, Hz,	50; 400 III2

1. Граничные частоты, запасы на краях поддиапазонов определяют визуально по отметкам шкалы генераторов и проверкой частоты генераторов в крайних положениях частотной шкалы для всех поддиапазонов в соответствии с методикой ( п.3 ).

Запас по частоте  $F_1$  от граничной частоты в процентах по формуле:

$$F_1 = 100 \cdot (f_r - f_k) / f_k$$

где  $f_r$  - значение установленной частоты генератора, соответствующее границе поддиапазона, определяемое по отсчетному устройству генератора, Hz;  $f_k$  - истинное значение частоты при установке шкалы частоты в крайних положениях, Hz.

2. Определяют основную погрешность установки частоты генератора методом прямого измерения частоты электронно-счетным частотомером.

Измерения производят на нескольких частотах диапазона (поддиапазона), указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа при установке частоты по шкале со стороны больших и меньших значений. Абсолютная погрешность установки частоты  $\Delta f$  в герцах определяют:

$$\Delta f = f_{\bar{m}} - f_{\bar{e}ci}$$

Где  $f_{\bar{m}}$  - номинальное значение установленной частоты генератора, по отсчетному устройству генератора, Hz;  $f_{\bar{e}ci}$  - измеренное значение установленной частоты, Hz.

Относительная погрешность установки частоты  $\delta 2$  в процентах:

$$\delta 2 = 100\% \cdot \left( \frac{f_{\bar{m}} - f_{\bar{e}ci}}{f_{\bar{e}ci}} \right)$$

За погрешность установки частоты принимают максимальное значение погрешности.

3. Дополнительную погрешность установки частоты генератора, обусловленную изменением влияющих внешних факторов, определяют на частотах, указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа.

Если генератор имеет устройство внутренней калибровки частоты, отсчет частоты производится после выполнения калибровки.

Дополнительная температурная погрешность определяется с помощью специальной камеры тепла и холода, для предельных точек рабочего диапазона температур. За дополнительную температурную погрешность принимают максимальное из полученных значений.

Дополнительную температурную погрешность  $\Delta f$  на каждые 10 C вычисляют по формуле:

$$\Delta f_1 = 10 \cdot \left( \frac{f_0 - f_1}{t_1 - t_0} \right)$$

Где  $f_1$  - истинное значение частоты, измеренное при максимальной или минимальной температуре  $t$ , Hz;  $f_0$  - истинное значение частоты, измеренное при нормальной температуре  $t_0$ , Hz.

4. Дополнительную погрешность установки частоты генератора, обусловленную изменением напряжения питания, определяют на частотах, указанных в технических условиях на генераторы конкретного типа, измерением частоты при номинальном, повышенном и пониженном напряжениях питания.

Время выдержки после каждого изменения напряжения питания должно указываться в технических условиях на генераторы конкретного типа.

Дополнительные погрешности  $\Delta f'$  и  $\Delta f''$  в герцах вычисляют по формулам:

$$\Delta f' = f'_0 - f_{\overset{\cdot}{i}\overset{\cdot}{a}}$$

$$\Delta f'' = f''_0 - f_{\overset{\cdot}{i}\overset{\cdot}{i}}$$

где  $f'_0$  - истинное значение частоты при номинальном напряжении питания, Hz;  $f_{\overset{\cdot}{i}\overset{\cdot}{a}}$  - истинное значение частоты при повышенном напряжении питания, Hz;  $f_{\overset{\cdot}{i}\overset{\cdot}{i}}$  - истинное значение частоты при пониженном напряжении питания, Hz.

За дополнительную погрешность принимают максимальное из полученных значений.

5. Нестабильность частоты генераторов определяют на частотах, указанных в техническом описании на прибор, измерением частоты одним из методов, изложенных в п.3.

Измерения производят после времени установления рабочего режима генератора через каждые 1-3 мин. в течение любых 3 ч. работы.

Нестабильность частоты вычисляют как разность между наибольшим и наименьшим значениями частоты, измеренными в течение 3 часов.

Задания для самостоятельной подготовка

1. Ознакомьтесь с содержанием.
  2. Изучите методики выполнения поверочных работ.
  3. Ознакомьтесь с правилами оформления и содержанием поверочных схем.
  4. Рассмотрите способы оценки параметров надежности средств измерения и примеры определения межповерочных интервалов.
  5. Ознакомьтесь с предложенным вариантом задания по данной работе, выберите из рассмотренных в разделе методов поверки наиболее приемлемый для выполнения полученного задания и подготовьте обоснование выбора.
- Порядок выполнения практической работы
1. Получить у преподавателя вариант задания, в котором определены: рабочее средство измерения, поверяемый параметр или характеристика, требования к точности поверки и перечень "образцовых" средств измерения.
  2. Ознакомиться с приборами определенными вариантом задания для использования в эксперименте. Ознакомление следует начать с изучения технических описаний и инструкций по эксплуатации приборов используемых при выполнении лабораторной работы. Особое внимание должно быть обращено на разделы, содержащие сведения о параметрах приборов, о структуре и принципе действия, о порядке подготовки каждого прибора к работе и работе с ним.
  3. Разработать и представить преподавателю для проверки вариант методики выполнения поверки.
  4. После получения допуска к работе, подготовить рабочее место для проведения измерений. Пользуясь техническим описанием, выполнить операции по подготовке приборов к работе.
  5. Убедиться в том, что режимы работы поверяемого и "образцовых" приборов выбраны правильно и приступить к поверке.

На заданном участке шкалы поверяемого прибора, имеющем  $M$  делений: установить указатель на первое деление и зафиксировать в протоколе результат

наблюдения:  $T_{i,1}$  - значения параметра, полученного с помощью "образцового" прибора;

последовательно произвести установки указателя на каждое деление в отведенном диапазоне, определив значения:  $x_i^p$ , где  $i=1, \dots, M$

перемещая указатель по шкале в противоположном направлении, начиная с последнего деления участка шкалы, вновь зафиксировать для каждого деления значение параметра:

$$x_i^o, \text{ где } i=M, \dots, 1;$$

последовательно повторить три раза перечисленные процедуры, сформировав два массива значений:  $x_{i,j}^p$  и  $x_{i,j}^o$ , где символы  $\square$  и  $\square$  указывают направление движения по шкале поверяемого прибора,  $j = 1, 2, 3$ .

6. Выполнить предварительную обработку результатов наблюдений, используя расчетную формулу (40), определить выборочные средние:

$$\bar{X}_i^p = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \bar{x}_{i,j}^p$$

$$\bar{X}_i^o = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \bar{x}_{i,j}^o$$

абсолютные погрешности установки  $i$ -х номинальных значений делений шкалы  $X_{ном\ i}$

$$\Delta X_{ном\ i} = X_{ном\ i} - \frac{1}{2} (\bar{X}_i^p + \bar{X}_i^o)$$

среднее значение гистерезиса для поверяемого участка шкалы

$$\Delta_{гис} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\bar{X}_i^p + \bar{X}_i^o)$$

далее используя выражения (41), (42) и табл.3, найти несмещенную оценку среднего квадратического отклонения:

$$S^2 = \frac{M_k^2}{6M - 1} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^3 [(\bar{x}_{i,j}^p + \bar{x}_i^o)^2 + (\bar{x}_{i,j}^o + \bar{x}_i^p)^2]$$

7. Выполнить необходимые расчеты, составить таблицу поправок и подготовить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Задание на лабораторную работу с указанием типа поверяемого устройства, параметров, диапазона и внешних воздействий.

2. Структурная схема соединения поверяемого прибора, "образцовых" и вспомогательных средств измерения, используемых при поверке.

3. Виды и типы, инвентарные номера, основные параметры и характеристики используемых в работе средств измерения.

4. Протокол наблюдений, заверенный преподавателем.

5. Данные, полученные при обработке результатов наблюдений. Значения основных и дополнительных погрешностей поверяемого прибора.

6. Таблица и график поправок к поверяемому участку шкалы прибора. Результаты анализа экспериментальных данных: степень соответствия результатов нормативным требованиям, содержащимся в техническом описании на поверяемый прибор (заключение о годности); предложения по снижению влияния внешних воздействий и уменьшению погрешностей.

**Задание для самопроверки**

1. Дайте определение понятиям "поверка" и "аттестация" средства измерения. В

чем основное различие этих понятий?

2. Приведите классификацию видов поверки?
3. Дайте определение понятий "эталон", "образцовое средство измерения", "рабочее средство измерения", "поверочная схема"?
4. Поясните содержание операций, определяемых терминами "сличение", "калибровка", "градуировка" и "юстировка"?
5. Какие методы поверки Вам известны? Сформулируйте необходимое и достаточное условия реализации названных методов, их достоинства и недостатки?
6. Как соотносятся погрешности поверяемых и образцовых средств измерения, чем поверяется эталон?
7. От чего зависят и как определяются межповерочные интервалы для средств измерения?
8. Приведите примеры, когда периодическая поверка средств измерения не производится?
9. Дайте определение понятия "однородная" группа средств измерения?
10. Назовите показатели надёжности средств измерения.
11. Объясните смысл выражения метрологическая исправность средств измерения?
12. Что такое метрологический отказ средства измерения?
13. Поясните, какие условия поверки называются нормальными?
14. Назовите основные требования к помещениям, в которых должны проводиться поверочные работы.
15. Что такое сертификация продукции?
16. Предусмотрена ли действующими нормативными документами поверка средств измерения, применяемых для учебных целей?
17. Когда производится внеочередная поверка?



## Практическая работа №4

### «Определение и расчет характеристик измерительных приборов и моделирование средств измерений»

**Цель работы:** «Ознакомление с основными электротехническими измерениями».

#### **Задачи работы:**

1. Определить погрешности средства измерений, реализация прибора в программной среде National Instruments, Labview
  - 1.1 Познакомиться с основными свойствами измеряемых погрешностей
  - 1.2 Узнать технические характеристики средства измерений
  - 1.3 Решить задачу
  - 1.4 Реализовать виртуальный прибор в среде National Instruments, Labview
2. Определить метрологические характеристики средства измерений
  - 2.1 Узнать перечень основных метрологических характеристик средства измерений
  - 2.2 Познакомиться с метрологическими характеристиками средства измерений
  - 2.3 Провести сравнительный анализ средств измерений
  - 2.4 Определить значения параметра измеренного средствами измерений
3. Смоделировать виртуальный прибор средства измерения
  - 3.1 Ознакомиться с техническими характеристиками средства измерений
  - 3.2 Собрать модель прибора в программе Labview

#### **Описание работы**

### **1. Определение погрешностей средства измерений, реализация прибора в программной среде National Instruments, Labview**

#### **1.1 Основные свойства измеряемых погрешностей**

Погрешность средства измерения. Разность между показанием средства измерения и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Систематическая погрешность средства измерения. Составляющая погрешности средства измерения, принимаемая постоянной или закономерно изменяющейся.

Случайная погрешность средства измерений. Составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом.

Абсолютная погрешность средства измерений. Погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Относительная погрешность средства измерений. Погрешность средства измерений, выраженная отношением его абсолютной погрешности к результату измерения или к действительному значению измеренной физической величины.

Приведенная погрешность средства измерений. Относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части этого диапазона.

Основная погрешность средства измерений. Погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность средства измерений. Составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих на нее величин от нормального значения или вследствие выхода за пределы нормальной области значений.

Статическая погрешность средства измерений. Погрешность средства измерений, применяемого при измерении физической величины, принимаемой за неизменную.

Динамическая погрешность средства измерений. Погрешность средства измерений,

возникающая при измерении изменяющейся (в процессе измерений) физической величины.

**Класс точности средств измерений.** Обобщенная характеристика средств измерений данного типа, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допустимых основной и дополнительных погрешностей, а также другими параметрами, влияющими на точность. Класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений приборов одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств, что важно при выборе требуемых средств измерений.

**Погрешность меры** – разность между номинальным значением меры и действительным значением воспроизводимой ею величины.

**Стабильность средства измерений** (англ. stability) – качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических характеристик. Примечание. В качестве количественной оценки стабильности служит нестабильность средства измерений.

**Нестабильность средства измерений** – изменение метрологических характеристик средства измерений за установленный интервал времени.

Примечания:

- Для ряда средств измерений, особенно некоторых мер, нестабильность является одной из важнейших точностных характеристик. Для нормальных элементов обычно нестабильность устанавливается за год.

- Нестабильность определяют на основании длительных исследований средства измерений, при этом полезны периодические сличения с более стабильными средствами измерений.

**Нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений** – совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

Эффективность использования измерительной информации зависит от точности измерений — свойства, отражающего близость результатов измерений к истинным значениям измеренных величин. Точность измерений может быть большей или меньшей, в зависимости от выделенных ресурсов (затрат на средства измерений, проведение измерений, стабилизацию внешних условий и т.д.). Очевидно, что она должна быть оптимальной: достаточной для выполнения поставленной задачи, но не более, ибо дальнейшее повышение точности приведет к неоправданным финансовым затратам. Поэтому наряду с точностью часто употребляют понятие **достоверность результатов измерений**, под которой понимают то, что результаты измерений имеют точность, достаточную для решения поставленной задачи (погрешность измерений).

**Точность средства измерений**– характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю. Примечание. Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений.

**Класс точности средств измерений**– обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Примечания:

- Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средства измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Это важно при выборе средств измерений в зависимости от заданной точности измерений.

- Класс точности средств измерений конкретного типа устанавливают в стандартах технических требований (условий) или в других нормативных документах.

**Предел допускаемой погрешности средства измерений** – наибольшее значение погрешности средств измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного

типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.  
Примечания:

- При превышении установленного предела погрешности средство измерений признается негодным для применения (в данном классе точности).
- Обычно устанавливаются пределы допускаемой погрешности, то есть границы зоны, за которую не должна выходить погрешность.

Пример. Для 100-миллиметровой концевой меры длины 1-го класса точности пределы допускаемой погрешности  $\pm 50$  мкм.

**Точностные характеристики средства измерений** – совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на погрешность измерения. Примечание. К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, порог чувствительности, дрейф нуля и др.

## 1.2 Технические характеристики средства измерений

**Вольтметр** — измерительный прибор непосредственного отсчёта для определения напряжения или ЭДС в электрических цепях. Подключается параллельно нагрузке или источнику электрической энергии.

### Классификация:

- По принципу действия вольтметры разделяются на:
  - электромеханические — магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, электростатические, выпрямительные, термоэлектрические;
  - электронные — аналоговые и цифровые
- По назначению:
  - постоянного тока;
  - переменного тока;
  - импульсные;
  - фазочувствительные;
  - селективные;
  - универсальные
- По конструкции и способу применения:
  - щитовые;
  - переносные;
  - стационарные

### Аналоговые электромеханические вольтметры:



- Магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и электростатические вольтметры представляют собой измерительные механизмы соответствующих типов с показывающими устройствами.

- Для увеличения предела измерений используются добавочные сопротивления.

### Цифровые электронные вольтметры общего назначения:

- Принцип работы вольтметров дискретного действия состоит в преобразовании измеряемого постоянного или медленно меняющегося напряжения в электрический код с помощью аналого-цифрового преобразователя, который отображается на табло в

цифровой форме.

Импульсные вольтметры:

- 1. Импульсные вольтметры предназначены для измерения амплитуд периодических импульсных сигналов с большой скважностью и амплитуд одиночных импульсов.

Видовые наименования:

- Нановольтметр — вольтметр с возможностью измерения очень малых напряжений (менее 1 мкВ)

- Микровольтметр — вольтметр с возможностью измерения очень малых напряжений (менее 1 мВ)

- Милливольтметр — вольтметр для измерения малых напряжений (единицы — сотни милливольт)

- Киловольтметр — вольтметр для измерения больших напряжений (более 1 кВ)

Векторметр — фазочувствительный вольтметр

### 1.3 Решение задачи

С какой минимальной погрешностью будет измерено напряжение 5В, многопредельным вольтметром 8-го класса точности (2,5%) с пределами измерения 7,5-15-75-150В?

**Определим действительную погрешность по формуле:**

$$Y_d = Y_{пр} * U_n / U$$

Подставляем полученные выше значения в формулу и получаем:

$$Y_d = 2,5 * \left(\frac{7,5}{5}\right) = 3,75$$

$$Y_d = 2,5 * \left(\frac{15}{5}\right) = 7,5$$

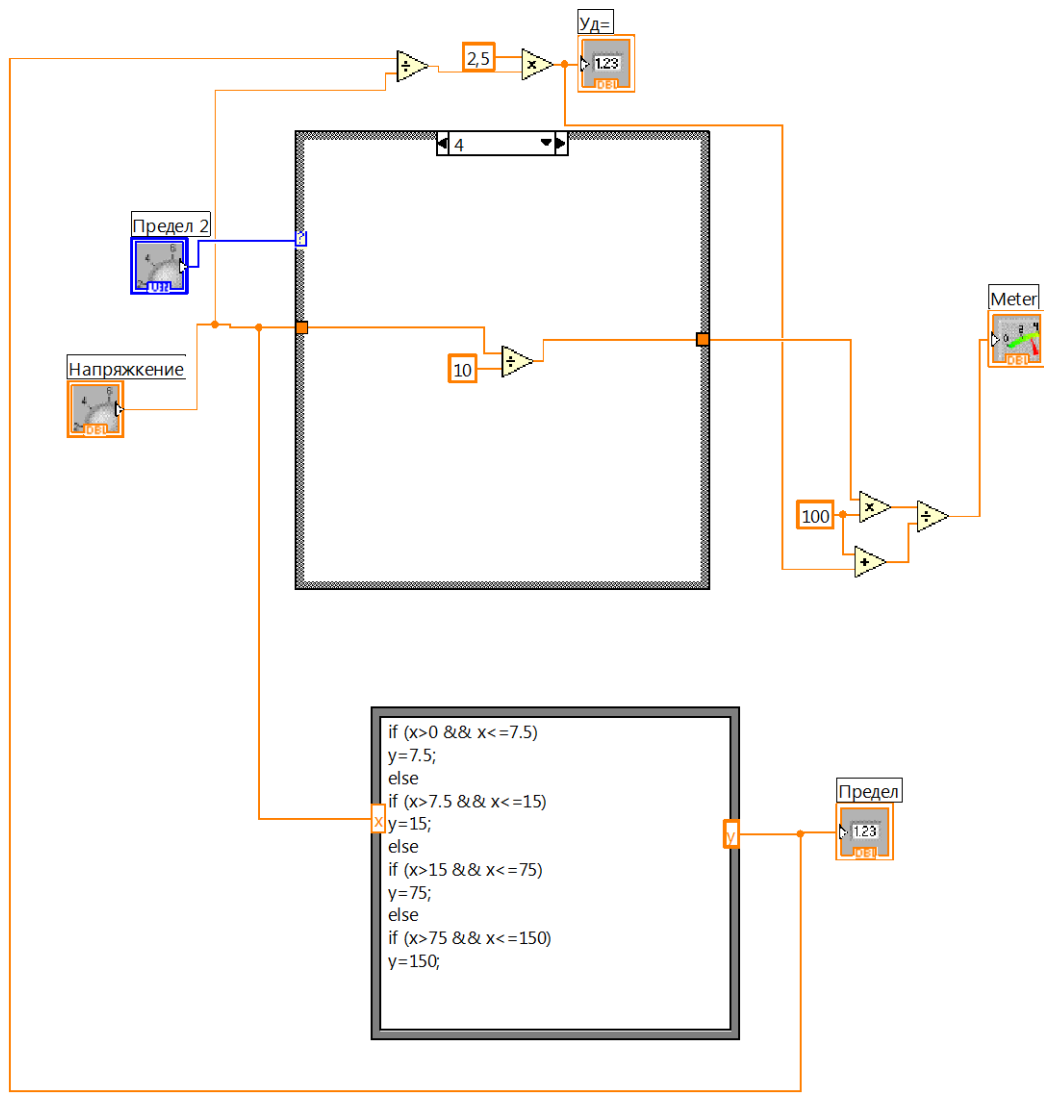
$$Y_d = 2,5 * \left(\frac{75}{5}\right) = 37,5$$

$$Y_d = 2,5 * \left(\frac{150}{5}\right) = 75$$

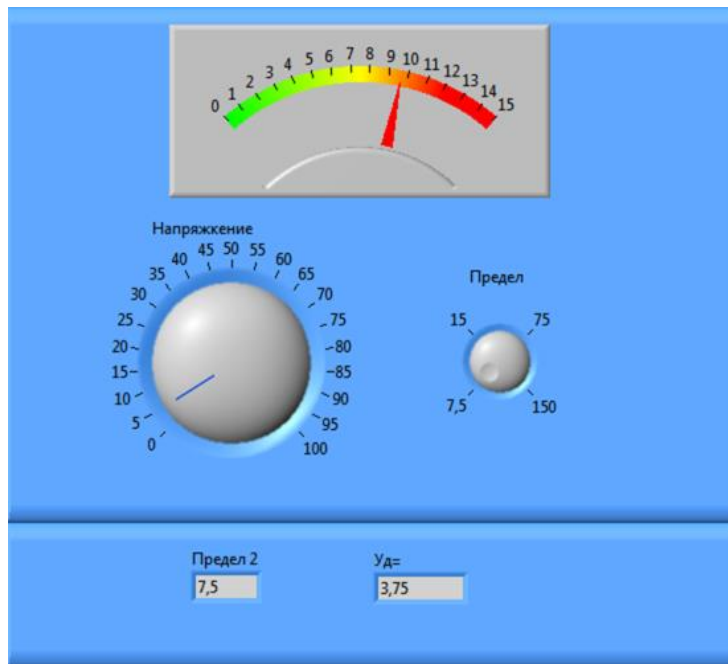
**Вывод:**

С минимальной погрешностью 3,75% будет измерено напряжение многопредельным вольтметром с напряжением 5В и пределом 7,5

### 1.4 Реализация виртуального прибора в среде National Instruments, Labview

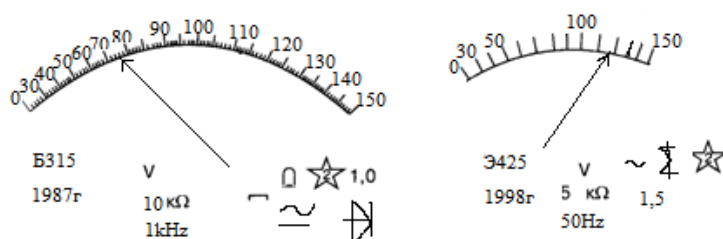


Далее оформляем нашу переднюю панель, используя элементы из вкладки Decorations



метрологический погрешность электротехнический измерение

## 2. Определение метрологических характеристик средств измерения



### 2.1 Перечень основных метрологических характеристик средства измерений

- 1) Э - прибор электромагнитной системы, В- выпрямительной системы с выпрямителем
- 2) 425,315 – номер модели
- 3) 1998г, 1987г – год выпуска
- 4) - постоянный ток, ~- переменный ток
- 5) 1,0; 1,5 – класс точности
- 6) ∩ - Подвижная рамка
- 7) □ - применять при горизонтальном расположении шкалы
- 8) [i] – прибор защищён от влияния внешнего магнитного поля
- 9) ☆ - испытательное напряжение
- 10) Номинальное значение напряжения
- 11) Приведённая погрешность(класс точности)

- 12) Внутренне сопротивление вольтметра
- 13) Цена деления шкалы
- 14) Чувствительность прибора
- 15) Мощность, потребляемая вольтметром
- 16) Сила тока, потребляемая вольтметром
- 17) Частотный диапазон вольтметра
- 18) Диапазон измерения напряжения

## 2.2 Метрологические характеристики средств измерений

а) Номинальное значение напряжения отслеживается по максимальным отметкам на шкалах приборов: для вольтметра Э425  $U_n = 150\text{В}$ , для вольтметра В315  $U_n = 150\text{В}$

б) Приведенная погрешность нормируется классом точности, который: для вольтметра Э425  $Y_{пр} = 1,5\%$ , для вольтметра В315  $Y_{пр} = 1\%$ .

в) Внутреннее сопротивление находим на лицевой панели приборов: для вольтметра Э425  $R_v = 5\text{кОм}$ , для вольтметра В315  $R_v = 10\text{кОм}$ .

г) Цена деления находится по формуле

$$C = \frac{I_2 - I_1}{n_{\text{дел}}}$$

где  $n_{\text{дел}}$  - количество делений между соседними отметками шкалы. Для вольтметра Э425  $C_1 = (150 - 100) / 5 = 10\text{В/дел.}$ ; для вольтметра В315  $C_2 = (110 - 100) / 10 = 1\text{В/дел.}$

д) Чувствительность определяется по формуле  $S = \frac{1}{C}$ . Для вольтметра Э425  $S_1 = 1/10 = 0,1\text{дел/В}$ ; для вольтметра В315  $S_2 = 1/1 = 1\text{дел/В}$

е) Мощность, потребляемая вольтметром, рассчитывается по формуле

$$P_v = \frac{U^2}{R_v}$$

Для вольтметра Э425  $P_{v1} = 450\text{мВт}$ ; для вольтметра В315  $P_{v2} = 225\text{мВт}$ .

ж) Падение напряжения на вольтметре, находится по равенству

$$I_v = U_n * R_v$$

Для вольтметра Э425  $I_{v1} = 2,5\text{мА}$ ; для вольтметра В315  $I_{v2} = 1,5\text{мА}$ .

з) Диапазон измерения напряжения, рассчитывается по формуле

$$D_u = U_{\text{min}} - U_{\text{max}}$$

Для вольтметра Э425  $U = 30 \dots 150\text{В}$ , для вольтметра В315  $U = 30 \dots 150\text{В}$

и) Частотный диапазон средства измерения рассчитывается по формуле

$$D_f = F_{\text{min}} - F_{\text{max}}. Df_1 = Df_2 = 0\text{ Гц}$$

Все полученные результаты заносим в сводную таблицу:

	Шифр	$U_n, \text{В}$	$Y_{пр}, \%$	$R_v, \text{Ом}$	$C, \text{В/дел}$	$S, \text{дел/В}$	$P_v, \text{МВт}$	$I_v, \text{мА}$	$Df, \text{Гц}$	$D_u, \text{В}$
1	Э425	150	1,5	5кОм	10	0,1	100	450	0	30...15

										0
2	V315	150	1	10КОм	1	0,5	400	225	0	30...15 0

### 2.3 Сравнительный анализ метрологических характеристик прибора

Прибор В315 по сравнению с прибором Э425 имеет след преимущества:

- а) У обоих неравномерная шкала
- б) Подвижная рамка
- в) ток постоянный и переменный
- г) большой диапазон измерений

#### **Недостатки:**

- а) Высокое внутренне сопротивление
- б) рабочее положение только горизонтальное
- в) Класс точности
- г) Более старый год выпуска

### 2.4 Определение значения параметра измеренного средством измерений

Для вольтметра Э425  $U=119В$ , для вольтметра В315  $U=76В$ .

## 3. Моделирование виртуального прибора средства измерений

### 3.1 Технические характеристики средства измерений

0,3мВ-300В, 20Гц-10МГц,  $R_{вх}-4М\Omega$ ,  $C_{вх}-35пФ$ , вес 6 кг.

#### **Милливольтметр ВЗ-42**

Назначением вольтметров является измерение напряжения в электрических цепях. Вольтметр ВЗ-42 имеет ряд преимуществ перед другими приборами подобного класса. В частности, он выполняет целый ряд измерений основных физических величин — напряжение, сила, сопротивление постоянного и переменного. Данный прибор удобен при настройке и проверке разнообразного электротехнического и радиотехнического оборудования. Устройство отличается прочностью, что позволяет применять его в производственных условиях, и обладает очень высокой точностью, что делает его востребованным также и в лабораториях. Прибор ВЗ-42 имеет небольшой вес и компактные габариты, это позволяет легко переносить и устанавливать его. Основной причиной искажения показателей приборов подобного типа являются нестабильные сигналы, помехи.

Подобные факторы часто встречаются при практическом использовании вольтметров. Они способны серьезно повлиять на показатели. Конструкторы вольтметра ВЗ-42 это учли. Прибор особо устойчив к нестабильным сигналам и помехам. Поэтому выбор данного прибора является оптимальным решением для тех, кто регулярно имеет дело с ремонтом и проверкой оборудования.

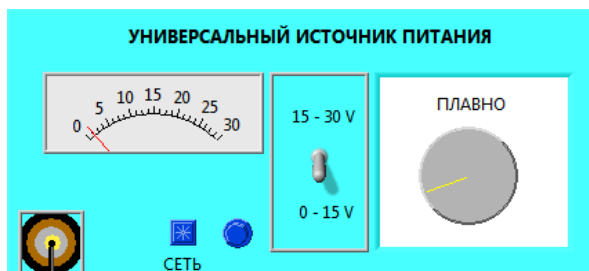
Также ВЗ-42 очень удобен в использовании. По сравнению с более ранними моделями, этот прибор дает меньшую погрешность. Вольтметр ВЗ-42 позволяет быстро считывать показатели даже в условиях недостаточного освещения. Управление разработано так, чтобы можно было снимать показания без лишних движений и дополнительных настроек. ВЗ-42 универсален в данной типовой категории приборов. Он находит применение во многих сферах работ с техникой



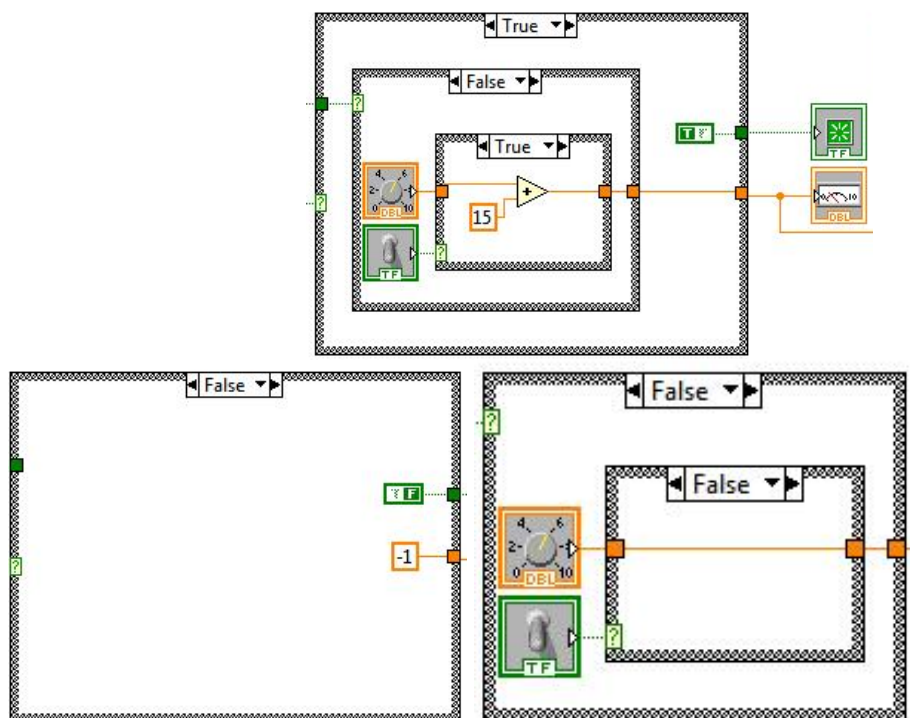


### 3.2 Модель прибора БЗ-42 в программе Labview

Начнём с универсального источника питания (УИП)

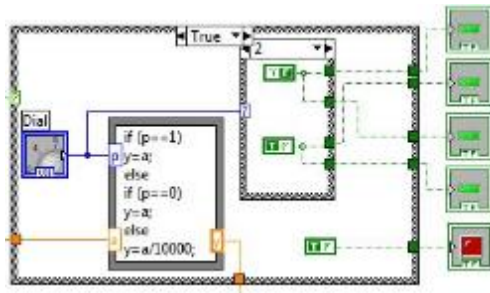


Используя элементы Meter, Case Structure, Dial, Toggle Switch, Round Push Button2, Add, True Constant, False Constant соберём схему показанную на рисунке.

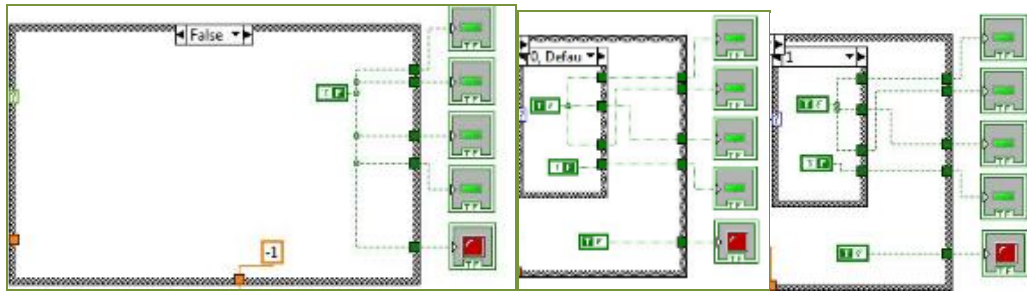


Универсальный источник питания служит для подачи напряжения для работы нашего вольтметра.

Далее соберём схему делителя (он делит значение поступающее с УИП на 10000) и коммутационного устройства(КУ). Оно позволяет провести сигнал с нашего УИП на прямую или через делитель.



Возьмём элементы Case Structure, Formula Node, Dial, Square Push Button, True Constant, False Constant и соберём схему изображённую на рисунке.



Элемент Dial служит для регулировки направления движения напряжения путь 1 или 2.

В Formula Node записано условие работы нашего делителя напряжения:

```

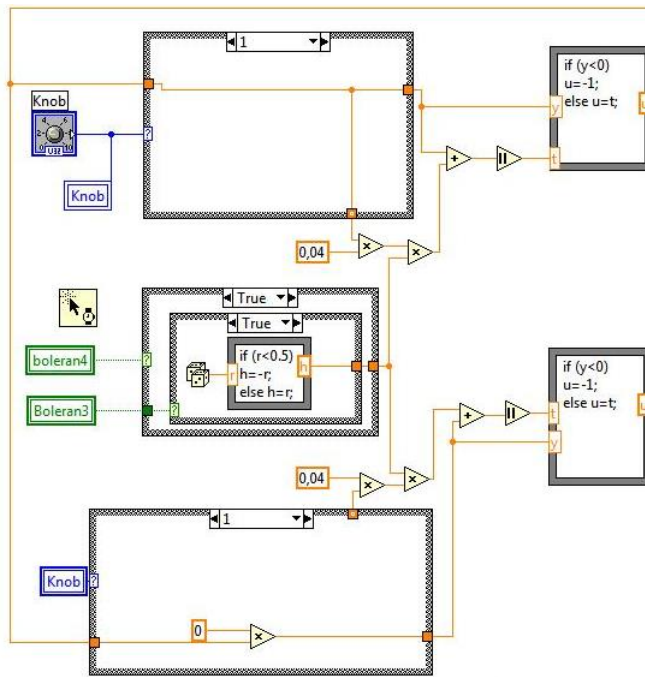
if (p==1)
y=a;
else
if (p==0)
y=a;
else
y=a/10000;

```

Цветные индикаторы служат для показания направления нашего напряжения(путь 1 или 2)и показывают включен наш прибор или нет.

Всего на нашем милливольтметре 6 пределов, 3 предела с мВ и 3 предела с В.

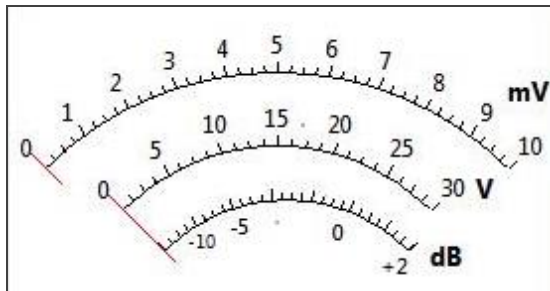
Используем элементы Knob(Classic Numeric), Case Structure, Formula Node, Multiply, Divide, Wait For Front Panel Activity, Random Number, Equal?. Соберём схему, показанную на рисунке.



0,04 – погрешность измерений нашего вольтметра.

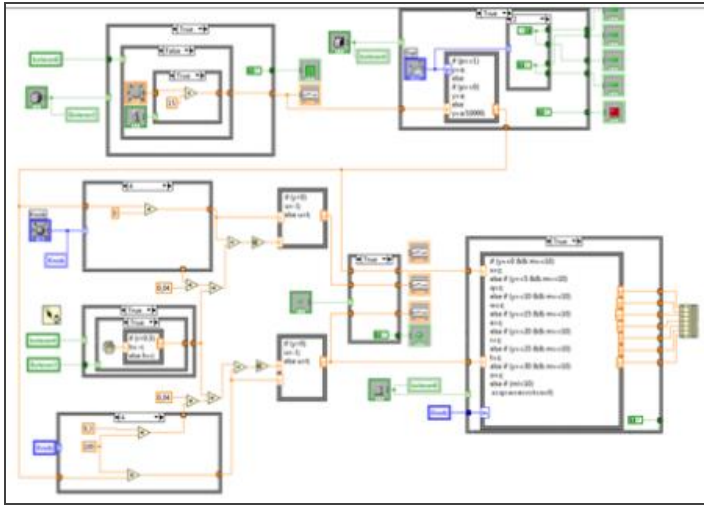
Элемент Wait For Front Panel Activity(начинает работу при активности лицевой панели).

Создадим шкалы вольтметра используя элемент Meter. Редактируем их используя вкладки Properties и Costumize



Добавим элемент Case Structure, заполним вкладки True и False согласно рисункам.





## V. БАНК КЕЙСОВ

### КЕЙС 1.

Фирма-изготовитель продала через посредника 150 штук геодезических приборов для строительства по цене 450 миллионов сума. Определить чистый доход фирмы-изготовителя, если себестоимость производства одного прибора составляет 3000 сум, а вознаграждение посредника – 15% от объёма продаж.



### КЕЙС 2.

При исследовании микроклиматических условий в 3-кочной палате площадью 21 м<sup>2</sup> (при глубине 5,5 м и высоте 3,5 м) терапевтического отделения больницы получены следующие данные: - показания термометра, размещённого на светонесущей (наружной) стене, равнялись 20,5<sup>0</sup>С, размещённого на противоположной (внутренней) стене 22<sup>0</sup>С, на внутренней боковой стене (на расстоянии 3 м от светонесущей стены) - 21,5<sup>0</sup>С. Все измерения производили на высоте 1 м от пола. Перепады температуры по вертикали составили 1<sup>0</sup>С на каждый метр высоты палаты. Относительная влажность воздуха, измеренная аспирационным психрометром, составила 20%, скорость движения воздуха в центре палаты - 0,05 м/с.

(Нормативные документы: СанПиН 2.1.3.1375 - 03 «Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров».)

#### Задание

**А. Дайте заключение по приведенной ситуации.**

**Б. Ответьте на следующие вопросы:**

Правильно ли производили измерения микроклиматических параметров?

Если есть ошибки, отметить их. Какие показатели термометрии следует использовать для оценки средней температуры воздуха в палате?

Определить и оценить перепады температуры воздуха в палате по горизонтали и вертикали. Какая физиологическая функция организма в наибольшей степени зависит от микроклиматических условий?

Какие теплоощущения будут преобладать при данных параметрах микроклимата?

Какой из способов теплоотдачи будет преобладать при данном микроклимате?

Какую роль играет влажность воздуха в процессах теплоотдачи?

Какое значение имеет скорость движения воздуха в помещении?

Какими способами можно регулировать микроклиматические условия в помещениях?

Какие варианты микроклиматических условий предпочтительнее для больных со склонностью к повышенному артериальному давлению (тёплые или прохладные)?

Какие варианты микроклиматических условий предпочтительнее для больных со склонностью к пониженному артериальному давлению (тёплые или прохладные)?

Какой способ теплоотдачи будет преобладать при комфортных условиях микроклимата?



Дайте рекомендации по улучшению микроклиматических условий в данной палате.

### **КЕЙС 3.**

Специалист отдела метрологии не в состоянии обслужить себя, так как в течение недели наблюдалась заболевание и температура тела достигала 38,8-39,6°C.

На данное время состояние стабилизировалось, температура постепенно снижается.

Специалист изменил термометра и повторно проводил исследований, получил разные результаты. Он думал, что случилось термометра, но у нее было современный термометра.

Задание:

1. Укажите, какие потребности не заметил у принципа работы термометра.
2. Сформулируйте проблемы измерений.
3. Составьте порядок проведение измерений

### **КЕЙС 4.**

#### **Основные проблемы измерения**

1. Что такое измерение в науке
2. Объясните номинальная шкала; Порядковая шкала; Шкала интервалов и Шкала отношений



**Задание**

1. Что представляет собой измерение в номинальной шкале (шкале наименований)?
2. Каковы условия для применения порядковой (ранговой, ординальной) шкалы?
3. Чем характеризуется шкала интервалов?
4. Каковы необходимы условия для измерения в шкале отношений (пропорций)?

## VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данной дисциплине должен:

- изучить главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

Рекомендуемые темы самостоятельных работ:

1. Единство измерений. Понятие единства измерений в стране.
2. Государственная метрологическая служба и основные задачи.
3. Нормативная база метрологии и её состав.
4. Виды государственного метрологического контроля.
5. Типы СИ, подвергаемые обязательному утверждению в ГМС.
6. Поверка средств измерений. Основные виды поверок средств измерений и их периодичность.
7. Основные требования к организации и порядку проведения поверки средств измерений.
8. Нормативно-техническая база поверки. Протокол как основной юридический документ поверки, поверочное клеймо.
9. Порядок проведения аккредитации метрологических служб, юридических лиц на право проведения поверки СИ. 20. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
10. Классы точности измерительных приборов, их связь с приведенной погрешностью.
11. Обработка результатов косвенных измерений.
12. Виды средств измерений. Понятия – меры, эталоны, меры с постоянным и переменным значением, калибры, универсальные измерительные средства.
13. Основные метрологические показатели средств измерения. Цена деления, интервал деления, пределы измерения по шкале прибора и прибора в целом, погрешность показаний, погрешность обратного хода, вариация, измерительное усилие.
14. Методы измерений. Абсолютный метод измерений, относительный, прямой и косвенный методы измерений, комплексный и дифференцированный, контактный и бесконтактный методы.
15. Суммарная погрешность показаний. Назвать основные составляющие.
16. Выбор организационно-технических форм и средств контроля размеров.
17. Применение теории вероятности при повторных измерениях.
18. Порядок аккредитации ИЛ и КЛ
19. Область знаний, деятельности, охватываемая метрологией.
20. Единство измерений. Понятие единства измерений в стране.
21. Государственная метрологическая служба и основные задачи.
22. Метрологические службы и их краткая характеристика.
23. Основная деятельность метрологической Государственной службы времени и частоты
24. Нормативная база метрологии и её состав.
25. Виды государственного метрологического контроля.
26. Виды государственного метрологического надзора.
27. Типы СИ, подвергаемые обязательному утверждению в ГМС.



28. Структуры ГМС, имеющие право проводить работы по утверждению типа средств измерений.
29. Поверка средств измерений. Основные виды поверок средств измерений и их периодичность.
30. Основные требования к организации и порядку проведения поверки средств измерений.
31. Нормативно-техническая база поверки. Протокол как основной юридический документ поверки, поверочное клеймо.
32. Порядок проведения аккредитации метрологических служб, юридических лиц на право проведения поверки СИ. 20. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
33. Государственная система измерений (ГСИ). Порядок определения стоимости метрологических работ.
34. Классы точности измерительных приборов, их связь с приведенной погрешностью. 23. Обработка результатов косвенных измерений.
35. Виды средств измерений. Понятия – меры, эталоны, меры с постоянным и переменным значением, калибры, универсальные измерительные средства.
36. Основные метрологические показатели средств измерения. Цена деления, интервал деления, пределы измерения по шкале прибора и прибора в целом, погрешность показаний, погрешность обратного хода, вариация, измерительное усилие.
37. Методы измерений. Абсолютный метод измерений, относительный, прямой и косвенный методы измерений, комплексный и дифференцированный, контактный и бесконтактный методы.
38. Суммарная погрешность показаний. Назвать основные составляющие.
39. Выбор организационно-технических форм и средств контроля размеров.
40. Применение теории вероятности при повторных измерениях.
41. Суммирование погрешностей измерений. Суммирование случайных погрешностей. Смещение центра группирования.
42. Разработка аттестация и контроль соблюдения методик выполнения измерений (МВИ)

## VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Инглиз тилидаги шарҳи	Рус тилидаги шарҳи
<b>Absolute pressure sensor</b> Датчик абсолютного давления	A sensor that measures the input pressure in relation to zero pressure (a total vacuum on one side of the diaphragm).	датчик, который измеряет входное давление по отношению к нулевому давлению (в общей сложности вакуума с одной стороны диафрагмы).
<b>Accuracy</b> Точность	The degree of conformity of a measured or calculated value to its definition or with respect to a standard reference (see uncertainty). (2) The maximum error of a measured value with respect to its true theoretical value.	Степень соответствия измеренного или вычисленного значения к его определению или по отношению к стандартной ссылке (с неопределенностью). (2) Максимальная погрешность измеренной величины относительно ее истинной теоретической величины.
<b>Acceleration</b> Ускорение	The rate of change of velocity. Acceleration has two characteristics: magnitude and direction.	Скорость изменения скорости. Ускорение имеет две характеристики: величину и направление.
<b>Acquisition time</b> Время сбора данных	The time required for the front end of a DAQ board to capture an input signal and hold it to within a specified error band after a sample command is received.	Время, необходимое для переднего конца доски DAQ для захвата входного сигнала и удерживать его в пределах заданного диапазона ошибки после того, как команда получения образца.
<b>A/D</b> А / Д	Analog-to-digital	аналого-цифровой преобразователь
<b>ADC Analog-to-digital converter</b> АЦП аналого-цифровой преобразователь	An electronic device, often an integrated circuit that converts an analog voltage to a digital number.	электронное устройство, часто интегральная схема, которая преобразует аналоговое напряжение в цифровой сигнал.
<b>Analog-to-digital (A/D) conversion</b> Аналого-цифровой (А / Д) преобразование	The process of converting a continuous analog signal to a digital value that represents that signal at the instant at which it was sampled.	Процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в цифровое значение, которое представляет этот сигнал в тот момент, на котором она была отобранного.
<b>Algorithm</b> Алгоритм	A well-defined procedure that transforms one or more given input variables into one or more output variables in finite numbers of steps.	четко определенная процедура, которая преобразует один или несколько заданных входных переменных в один или более выходных переменных в конечный

		числа шагов.
<b>Biosensor</b> <b>Биосенсор</b>	A sensor that either detects a biological substance or incorporates biological materials to accomplish sensing.	датчик, который обнаруживает либо биологическое вещество, или включает в себя биологические материалы для выполнения зондирования.
<b>Calibration</b> <b>Калибровка</b>	A test during which known values of a measurand are applied to the device under test and corresponding output readings are recorded under specified conditions.	испытание, во время которого известные значения измеряемой величины применяются тестируемому устройству соответствующие показания выходных записываются при определенных условиях.
<b>CAN</b>	Controller Area Network—A serial bus that finds increasing use as a devicelevel network for industrial automation. CAN was developed by Bosch to address the needs of in-vehicle automotive communications.	Controller Area Network Последовательная шина, которая находит все более широкое применение в качестве devicelevel сети для промышленной автоматизации. CAN была разработана Bosch для удовлетворения потребностей транспортных средств автомобильных коммуникаций.
<b>Compensation</b> <b>Компенсация</b>	The technique of modifying data from a source to correct the influence of additional environmental effects.	Методика модификации данных из источника, чтобы устранить влияние дополнительных воздействий окружающей среды.
<b>Conversion rate</b> <b>Коэффициент конверсии</b>	The speed of a data acquisition system expressed in a number of conversions or samples per second.	Скорость системы сбора данных выражается в ряде преобразований или выборок в секунду.
<b>Conversion time</b> <b>Время преобразования</b>	The time required, in an analog input or output system, from the moment a channel is interrogated (like in a read instruction) to the moment that accurate data are available.	Время, необходимое, в аналоговой входе или выходе системы, с того момента канал опрашивается (например, в инструкции для чтения) до момента, что точные данные доступны.
<b>Counter/Timer</b> <b>Таймер / счетчик</b>	A circuit that counts external pulses or clock pulses (timing) and can either operate as an event counter or measure the time between two events.	схема, которая подсчитывает внешние импульсы или тактовые импульсы (синхронизации) может работать либо как счетчик событий или измерить время между двумя событиями.
<b>D/A</b> <b>D / A</b>	Digital-to-Analog	цифро-аналоговый

<b>DAC</b> <b>ЦАП</b>	Digital-to-analog converter—An electronic device, often an integrated circuit that converts a digital number into a corresponding analog voltage or current.	цифро-аналоговый преобразователь-электронное устройство, часто интегральная схема, которая преобразует цифровой код в соответствующее аналоговое напряжение или ток.
<b>DAQ Data acquisition</b> <b>Сбор данных DAQ</b>	Collecting and measuring electrical signals from sensors, transducers, and test probes or fixtures and inputting them into a computer for processing; (2) Collecting and measuring the same kinds of electrical signals with A/D and/or DIO boards plugged into a PC, and possibly generating control signals with D/A and/or DIO boards in the same PC.	Сбор и измерения электрических сигналов от датчиков преобразователей и испытательных зондов или приспособлений и ввод их в компьютер для обработки; (2) Сбор и измерения одних и тех же видов электрических сигналов с А / D и / или DIO плат, подключенных к ПК и, возможно, формирование управляющих сигналов с D / A и / или DIO плат в одном компьютере.
<b>Data acquisition board</b> <b>Плата сбора данных</b>	A data acquisition system incorporated on a PCB that is electrically and mechanically compatible with a particular computer system.	Система сбора данных включено на печатной плате, которая электрически и механически совместима с конкретной компьютерной системой.
<b>Data acquisition system</b> <b>Система сбора данных</b>	A system that processes one or more analog or quasi-digital signals and converts them into a digital form for the use by a computer system.	Система, которая обрабатывает один или более аналоговых или квази-цифровые сигналы преобразует их в цифровую форму для использования в компьютерной системе.
<b>Data logger</b> <b>Регистратор данных</b>	A data acquisition system that incorporates a small computer, is typically portable, and is intended to collect data autonomously for extended periods of time. The data are afterwards downloaded into another computer for processing and analysis.	Система сбора данных, которая включает в себя небольшой компьютер, как правило портативным, и предназначен для сбора данных автономно в течение длительных периодов времени. Данные затем загружены в другой компьютер для обработки анализа.
<b>Differential pressure sensor Датчик перепада давления</b>	A sensor, which is designed to accept simultaneously two independent pressure sources. The output is proportional to the pressure difference between the two sources.	датчик, который предназначен для приема одновременно двух независимых источников давления. Выходной сигнал пропорционален разности давлений между этими двумя источниками.
<b>Digital-to-analog (D/A) conversion</b> <b>Цифро-аналоговый (D / A)</b>	The process of converting a digital signal or a code into an analog or quasi-digital signal.	процесс преобразования цифрового сигнала или кода в аналоговый или квази-цифрового сигнала.

<b>преобразования</b>		
<b>Digital-to-analog converter (DAC)</b> <b>Цифро-аналогового преобразователя (ЦАП)</b>	A device that converts a digital value or code into an analog or quasi-digital signal.	устройство, которое преобразует цифровое значение или код аналоговый или квази-цифровой сигнала.
<b>Digital output</b> <b>Цифровой выход</b>	Output that is of only two stable states, appearing in the manner of a switch; that is, it is either On or Off or High or Low (i.e., high voltage or low voltage).	выход, который только из двух устойчивых состояний возникающих в виде переключателя; то есть, он включен или выключен или высокой или низкой (то есть, высокое напряжение или низкое напряжение).
<b>Discrete Fourier transform</b> <b>Дискретное преобразование Фурье</b>	A version of the Fourier transform that operates on data that have been sampled at discrete, uniformly spaced points in time.	Вариант преобразования Фурье который работает на данных которые были отобраны образцы на дискретных, равномерно отстоящих друг от друга моменты времени.
<b>DMA</b>	Direct Memory Access – A method by which data can be transferred to/from a computer memory from/to a device or memory on the bus while the processor does something else. A DMA is the fastest method of transferring data to/from a computer memory.	прямой доступ к памяти метод, помощью которого данные могут быть переданы в / из памяти компьютера от / к устройству или памяти на шине в то время как процессор делает что то другое. ОУД это самый быстрый способ передачи данных в / из памяти компьютера.
<b>Drift (frequency)</b> <b>Дрейф (частота)</b>	The linear (first-order) component of a systematic change in frequency of an oscillator over time. Drift occurs due to ageing plus changes in the environment and other factors external to the oscillator.	линейная (первого порядка) компонент систематического изменения частоты осциллятора течением времени. Дрейф происходит из за старения плюс изменения в окружающей среде других факторов, внешних по отношению к осциллятора.
<b>DSP</b> <b>ЦОС</b>	(Digital signal processing) – (1) the science concerned with representation of signals by sequences of numbers and the subsequent processing of these number sequences. (2) Techniques for modifying and analysing a signal after it has been sampled and converted into the digital domain by an ADC.	(цифровая обработка сигнала) (1) наука о представлении сигналов последовательностями чисел последующей обработке эти числовых последовательностей. (2) Способы модификации и анализ сигнала после того, как он был дискретизируется и преобразуется в цифровую область с помощью АЦП.

<p><b>Dynamic error</b> Динамическая ошибка</p>	<p>The error which occurs because the sensor's output does not precisely follow the variations in time of the measurand.</p>	<p>ошибка, которая возникает из-за того, что выход сенсора не точно проследит изменение во времени измеряемой величины.</p>
<p><b>Dynamic range</b> Динамический диапазон</p>	<p>The ratio of the largest signal a system can handle to the smallest signal it can reliably resolve. A dynamic range is typically expressed in decibels for analog systems and bits (N) for digital systems, where <math>\text{dB} = 6.02 N = 20 \log</math> (the largest signal/the smallest signal resolved).</p>	<p>Отношение наибольшего сигнала, который система может работать с, к наименьшему сигналу, который она может надежно решить. Динамический диапазон, как правило, выражается в децибелах для аналоговых систем и биты (N) для цифровых систем, где <math>\text{дБ} = 6,02 N = 20 \log</math> (наибольший сигнал / наименьший сигнал разрешенных).</p>
<p><b>Encoder</b> Кодер</p>	<p>A device that converts the linear or rotary displacement into digital or pulse signals. The most popular type of encoder is the optical encoder, which uses a rotating disk with alternating opaque areas, a light source and a photodetector.</p>	<p>устройство, которое преобразует линейное или вращательное перемещение в цифровой или импульсных сигналов. Самый популярный тип энкодера является оптический датчик, который использует вращающийся диск с чередующимися непрозрачными областями, источник света и фотодетектор.</p>
<p><b>Error</b> Ошибка</p>	<p>The difference of a measured value from its known true or correct value (or sometimes from its predicted value).</p>	<p>Отличие измеряемой величины от ее известного истинного или правильного значения (или иногда от ее прогнозируемого значения).</p>
<p><b>Wire resistance measurement</b> Измерение сопротивления</p>	<p>A way to measure the values of a resistor while avoiding errors caused by the wire runs. Two wires carry a current to the resistor, and two wires measure the voltage generated. Commonly used with resistance temperature detectors (RTDs).</p>	<p><b>Wire</b> Способ измерения значения резистора, избегая ошибок вызванных прогонов проволоки. Два провода пропускать ток к резистору, а два провода измерять напряжение, генерируемое. Обычно используется с термометрами сопротивления (RTD).</p>
<p><b>Fourier transform</b> Преобразование Фурье</p>	<p>A mathematical technique that transforms a continuous function from its time-domain representation to its frequency-domain representation. The discrete Fourier transform performs the analogous function on discretely sampled data.</p>	<p>математический метод, который преобразует непрерывную функцию от своего временного представления к ее частотной области представления. Дискретное преобразование Фурье выполняет аналогичную функцию на дискретно оцифрованных данных.</p>
<p><b>Frequency</b> Частота</p>	<p>The rate at which a periodic phenomenon occurs over time.</p>	<p>Скорость, с которой периодическое явление происходит с течением времени.</p>

<b>Frequency deviation</b> <b>Отклонение частоты</b>	The difference between frequency values of the same signal at two different times or the difference between the instantaneous signal frequency and the average signal frequency.	разность между значениями частот того же сигнала в два разных момента времени, или разность между мгновенной частотой сигнала и средней частоты сигнала.
<b>Frequency difference</b> <b>Разность частот</b>	Difference between the frequencies of two different signals.	разность частот двух различных сигналов.
<b>Frequency output</b> <b>Частотный выход</b>	An output in the form of frequency, which varies as a function of the applied measurand.	Выход в виде частоты, которая изменяется в зависимости от приложенного измеряемого величины.
<b>Full scale (FS)</b> <b>Полная шкала</b>	The maximum specified range of a data acquisition system.	Максимальный заданный диапазон системы сбора данных.
<b>Full-scale range (FSR)</b> <b>Полный диапазон измерения (FSR)</b>	The difference between minimum and maximum allowable input or output values for a data acquisition system.	разница между минимальным максимальным допустимыми входных и выходных значений для системы сбора данных.
<b>General-Purpose Interface Bus (GPIB)</b> <b>Универсальный интерфейс шины (GPIB)</b>	IEEE-488 standard interface connecting peripheral devices, often sensors and programmable instruments, to a computer.	IEEE-488 Стандартный интерфейс подключения периферийных устройств, часто датчики программируемые приборы, к компьютер.
<b>GUI</b>	graphical user interface – An intuitive, easy-to-use means of communicating information to and from a computer program by means of graphical screen displays. GUIs can resemble front panels of instruments or other objects associated with a computer program.	графический пользовательский интерфейс интуитивно понятный простой в использовании средств передачи информации и и компьютерной программы, помощью графических дисплеев экрана.ГПИ могут походить на передние панели инструментов или других объектов, связанных с компьютерной программой.
<b>Hall effect</b> <b>Эффект Холла</b>	When a semiconductor, through which a current is flowing, is placed in a magnetic field, a difference in potential (voltage) is generated between the two opposed edges of the conductor in the direction mutually perpendicular to both the field and the conductor. Typically used in sensing magnetic fields.	Когда полупроводник, через который протекает ток, помещается в магнитное поле, разность потенциалов (напряжения) формируется между двумя противоположными краями проводника в направлении взаимно перпендикулярно как поля проводника, Обычно используется чувствительных магнитных полей.
<b>Hysteresis</b>	The measure of a sensor's ability to represent changes in the input	мера способности датчика для автомобиля приводят к смен

<b>Гистерезис</b>	parameter, regardless of whether the input is increasing or decreasing.	входных параметров, независимо от того, является увеличение входного или уменьшения.
<b>Intelligent sensor</b> <b>Интеллектуальный датчик</b>	See smart sensor Integrating ADC An ADC in which the input voltage is integrated over time. Different types of ADCs include a single slope, a dual slope, a quad slope, and a charge balancing.	См Интеллектуальный датчик Интеграция АЦП АЦП, в котором входное напряжение интегрируется с течением времени. Различные типы АЦП включать один склон, склон дуэль, наклон четверной балансирующего заряд.
<b>Integrated circuit (IC)</b> <b>Интегральная схема</b>	An interconnected array of active and passive elements integrated within a single semiconductor substrate or other compatible material, and capable of performing one complete electronic function.	взаимосвязанная массив активных пассивных элементов интегрированных в рамках однополупроводниковой подложки или другого совместимого материала, способен выполнять одну полную электронную функцию.
<b>Interface</b> <b>Интерфейс</b>	A common boundary between electronic systems, or parts of a single system.	общая граница между электронными системами или частями единой системы.
<b>Interface circuit</b> <b>Интерфейсная схема</b>	A circuit that links one type of a device with another. Its function is to produce the required current and voltage levels for the next stage of the circuitry from the previous stage.	схема, которая связывает один тип устройства с другим. Его функция заключается в подготовке требуемых уровней тока напряжения для следующего этапа схемы от предыдущей стадии.
<b>Linearity (linearity error)</b> <b>Линейность (нелинейность)</b>	The deviation of the sensor output curve from a specified straight line. A linearity error is usually expressed as a percent of the full-scale output.	Отклонение выходного датчик кривой от заданной прямой. Погрешность линейности обычно выражается как процент выходной полной шкалы.
<b>Linearization</b> <b>Линеаризация</b>	The process of modifying a signal, either analog or digital, to compensate for the nonlinearities present in the source or previous signal processing.	Процесс модификации сигнала, либо аналоговый или цифровой, для компенсации нелинейностей присутствующих в источнике или предыдущей обработки сигналов.
<b>Measurand</b> <b>Измеряемая</b>	A physical quantity, property or condition, which is measured (e.g., pressure, acceleration).	физическая величина, свойство или состояние, которое измеряется (например, давление, ускорение).
<b>Modulating Sensor</b> <b>Плавное датчик</b>	See parametric sensor. MEMS— An IC chip that provides sensing and/or actuation functions in addition to electronic ones.	Увидимся параметрический датчик Чип MEMS- ИС, который обеспечивает зондирования и / или приведения в действие функции дополнение к электронным.
<b>Noise</b>	An output signal of the random	Выходной сигнал случайной амплитуды и частоты случайной



<b>Шум</b>	amplitude and random frequency not present in the measurand.	нет в измеряемую.
<b>Offset</b> <b>Смещение</b>	The difference between the realized value and the reference value.	Разница между стоимостью реализованной и опорным значением.
<b>Parametric (modulating) sensor</b> <b>Параметрический (модулирующий) датчик</b>	A device producing the primary information by way of respective alterations of any electrical parameters of some electrical circuit (inductance, capacity, resistance, etc.), the measuring of which it is necessary to have an external auxiliary power supply. Examples of such types of sensors are pressure sensors based on the piezoresistive effect and photodetectors based on the photoelectric effect. Sometimes the modulating sensor is called the 'passive' sensor.	устройство получения первичной информации путем соответствующих изменений любых электрических параметров некоторой электрической цепи (индуктивности, емкости, сопротивления и т.д.), измерение которого необходимо имеет внешнее вспомогательное питание. Примерами таких типов датчиков являются датчики давления на основе пьезоэлектрических эффекта и фотодетекторы на основе фотоэлектрического эффекта. Иногда модулирующий датчик называется "пассивным" датчик.
<b>PCM (Program-oriented conversion method)</b> <b>PCM (программно-ориентированный метод преобразования)</b>	The processor algorithm of measurement, incarnated in the functional-logic structure of a computer or a microcontroller through the software.	Процессор алгоритм измерения, воплощенный в функционально-логической структуре компьютера или микроконтроллера с помощью программного обеспечения.
<b>Piezoelectric effect</b> <b>Пьезоэлектрический эффект</b>	The property of certain materials that allows them to develop a voltage when deformed by stress, or to become strained when subjected to the application of a voltage.	свойство некоторых материалов, которое позволяет им развивать напряжение при деформации в результате стресса, или становиться напряженными при воздействии приложения напряжения.
<b>Piezoresistive effect</b> <b>Пьезорезистивный эффект</b>	The property of a resistor that produces a change in resistance in response to the applied strain.	Свойство резистора, которое вызывает изменение сопротивления в ответ на приложенное напряжение.
<b>Precision</b> <b>Точность</b>	The degree of mutual agreement among a series of individual measurements. Precision is often, but not necessarily, expressed by the standard deviation of measurements.	степень взаимного согласия между сериями отдельных измерений. Точность часто, но не обязательно, выражена стандартным отклонением измерений.
<b>Pressure sensor</b> <b>Датчик давления</b>	A device that converts an input pressure into an electrical output.	устройство, которое преобразует входное давление в электрический сигнал.

		ВЫХОД.
<b>Proximity sensor</b> <b>Датчик близости</b>	A device that detects the presence of an object without physical contact. Most proximity sensors provide a digital on/off relay or a digital output signal.	Устройство, которое обнаруживает присутствие объекта без физического контакта. Большинство датчики обеспечивают цифровой включения / выключения реле или цифровой выходной сигнал.
<b>PWM</b> <b>ШИМ</b>	Pulse-width modulation—Generation of a pulse waveform with a fixed frequency and variable pulse width (the duty-cycle). PWM is used to control discrete devices such as DC motors and heaters by varying the pulse width (the ratio of on time to off time).	широтно-импульсной модуляции. Генерация импульса сигнала фиксированной частотой переменной ширины импульса (нагрузочный цикл). ШИМ используется для управления дискретных устройств, таких как электродвигатели постоянного тока и нагреватели путем изменения ширины импульса (соотношение времени к времени выключения).
<b>Quantization error</b> <b>Ошибка</b> <b>Квантование</b>	The inherent uncertainty in digitizing an analog value due to the finite resolution of the conversion process.	присущая неопределенность оцифровке аналогового значения из-за конечного разрешения процесса преобразования.
<b>Quasi-digital sensor</b> <b>Квази-цифровой датчик</b>	The discrete frequency-time domain sensor with the frequency, the period, the duty-cycle, the time interval, the pulse number or the phase shift output.	дискретная частота времени датчика домена с частотой, периодом, нагрузочный цикл, интервал времени, число импульсов или выход фазового сдвига.
<b>Range</b> Диапазон	The measurand values over which the sensor is intended to measure, specified by the upper and lower limits.	значения измеряемой величины, на которой датчик предназначен для измерения, определяется верхним и нижним пределами.
<b>Real-time processing</b> <b>Обработка в режиме реального времени</b>	A procedure in which results of an acquired and computed value can be used to control a related physical process in real time.	процедура, в которой результаты приобретенной и вычисленной значения могут быть использованы для управления связанным физический процесс в режиме реального времени.
<b>Reference</b> <b>Ссылка</b>	A stable source for a physical quantity, such as voltage, frequency, etc. used in a measuring device to maintain measurement stability and repeatability.	стабильный источник для физической величины, например напряжения, частоты и т.д. используемые в измерительном устройстве для поддержания стабильности измерений воспроизводимости результатов.
<b>Relative accuracy</b> <b>Относительная</b>	A measure in LSB of the accuracy of an ADC. It includes all nonlinearity	Мера в LSB точности АЦП. Она включает в себя все нелинейности квантования ошибки. Она н

<b>погрешность</b>	and quantization errors. It does not include offset and gain errors of the circuitry feeding the ADC.	включает смещения и усиления ошибки схемы подачи АЦП.
<b>Reliability</b> <b>Надежность</b>	The measure of a sensor's ability to maintain both accuracy and precision under conditions for which it is designed to perform for the expected life of the device.	мера способности датчик поддерживать и точность точность в условиях, для которых он предназначен для выполнения течение ожидаемого срока службы устройства.
<b>Resolution</b> <b>Разрешение</b>	The smallest significant difference that can be measured with a given instrument. Resolution can be expressed in bits, in proportions, or in a percent of a full scale. For example, a system has a 12-bit resolution, one part in 4.096 resolution, and 0.0244 percent of a full scale; a measurement made with a time interval counter might have a resolution of 10 ns.	Наименьшее существенно различие, которое может быть измерено с помощью данного инструмента. Разрешение может быть выражен в битах, соотношениях, или в процентах от полной шкалы. Например, система имеет разрешение 12 бит, одна часть в разрешении 4,096 и 0,0244 процента от полной шкалы измерение производится с помощью счетчика временного интервала может иметь разрешение 10 нс.
<b>Response time</b> <b>Время отклика</b>	The time needed for a sensor to register a change (within a tolerance of an error) in the parameter it is measuring.	время, необходимое для датчика чтобы зарегистрировать изменения в пределах допуска ошибки) параметре его измерения.
<b>Self-calibration</b> <b>Автоматическая калибровка</b>	A property of a sensor that has an extremely stable reference and calibrates its own ADC without manual adjustments by the user.	Свойство датчика, который имеет чрезвычайно стабильный источник опорного сигнала и калибрует свой собственный АЦП без ручных настроек пользователем.
<b>Self-generating sensor</b> <b>Самогенерирующего датчик</b>	The device permitting to receive a signal immediately by the way of a current $i(t)$ or voltage $V(t)$ and which does not require any source of power other than the signal being measured. Examples of such types of sensors are Seebeck-effect based thermocouples and photo-effect based solar cells. Selfgenerating sensors are also called 'active' sensors.	устройство позволяет немедленно получать сигнал по пути тока $I$ ( $T$ ) или напряжения $V$ ( $T$ ) и который не требует какой либо источник питания, отличный от измеряемого сигнала. Примерами таких типов датчиков Зеебека-эффекта термоэлементы на основе солнечных батареи на основе фотоэффекта. Selfgenerating датчик также называются «активными датчики».
<b>Sensitivity</b> <b>Чувствительность</b>	The minimum change in the parameter being measured that will produce a detectable change in a sensor's output.	минимальное изменение измеряемого параметра, которое будет производить обнаруживаемое изменение выводите

		соответствующее датчика.
<b>Sensor</b> <b>Датчик</b>	The basic element that usually changes some physical parameter (heat, light, sound, pressure, motion, flow, etc.) to a corresponding electrical signal.	Базовый элемент, который обычно изменяет некоторый физический параметр (тепло, свет, звук, давление, движение, поток и т.д.) соответствующий электрически сигнал.
<b>Sensing element</b> <b>Чувствительный элемент</b>	That part of a sensor which responds directly to changes in the input pressure.	Та часть датчика, которая реагирует непосредственно на изменения входного давления.
<b>Signal conditioning</b> <b>Устройство формирования сигнала</b>	The processing of the form or mode of a signal so as to make it intelligible to or compatible with a given device, including such manipulation as pulse shaping, pulse clipping, digitizing and linearizing.	Обработка формы или способа сигнала таким образом, чтобы сделать его понятным и совместимым с данным устройством, в том числе такие манипуляции, как формирование импульсов, импульсный вырезку, оцифровку и линеаризуя.
<b>Smart sensor</b> <b>Интеллектуальный датчик</b>	One chip, without external components, including the sensing, interfacing, signal processing and intelligence (self-testing, self-identification or selfadaptation) functions.	один чип, без внешних компонентов, в том числе зондирования, интерфейсов, обработки сигналов и интеллектуальных (самотестирования, самоидентификационных и selfadaptation) функций.
<b>SS</b>	Simultaneous Sampling – A property of a system in which each input or output channel is digitized or updated at the same instant.	Одновременная выборка свойств системы, в которой каждый канал ввода или вывода оцифровывается или обновлен в тот же момент.
<b>Strain guage</b> <b>Штамм GAUGE</b>	A piezoresistive sensing device providing a change in the electrical resistance proportional to the level of the applied stress.	Пьезорезистивный измерительное устройство обеспечивает изменение электрического сопротивления пропорционального уровню приложенного напряжения.
<b>Synchronous</b> <b>Синхронный</b>	Hardware – A property of an event that is synchronized to a reference clock. (2) Software – A property of a function that begins an operation and returns only when the operation is complete.	Оборудование Свойство события, которое синхронизируется опорного тактового сигнала. (2) Программное обеспечение свойство функции, которая начинает операцию и возвращается только тогда, когда операция завершена.
<b>Thermistor</b> <b>Термистор</b>	A device that measures temperature-induced changes in resistance of a resistor or a semiconductor.	устройство, которое измеряет температурные изменения сопротивления резистора или полупроводника.

<p><b>Thermocouple</b> <b>Термопара</b></p>	<p>A temperature-measuring device made of two dissimilar conductors joined together at their ends. The unit generates the thermoelectric voltage between the junctions that represents their temperature difference.</p>	<p>Устройство измерения температуры состоит из двух неодинаковых проводников соединены друг другом на их концах. Устройство генерирует термоэлектрическое напряжение между контактами, которая представляет и разность температур.</p>
<p><b>Telemetry</b> <b>Телеметрия</b></p>	<p>Transmission—via radio waves, wires, etc.—of the instrument reading across distances. Also called telemetering or remote metering.</p>	<p>трансмиссионные с помощью радиоволн, провода и т.д. показания прибора на расстоянии. Также называется телеметрической или дистанционного замера.</p>
<p><b>Transducer</b> <b>Преобразователь</b></p>	<p>A fully packaged, signal-conditioned, compensated and calibrated sensor.</p>	<p>Полностью упакованный, сигнал-кондиционером, компенсируются откалиброван датчик.</p>
<p><b>Transfer function</b> <b>Функция передачи</b></p>	<p>The input-to-output response characteristics of a device.</p>	<p>Частотные характеристики ввода-выходом устройства.</p>
<p><b>Transmitter</b> <b>Передатчик</b></p>	<p>A device that converts the output of a sensor into a form more suitable for communication to another system.</p>	<p>устройство, которое преобразует выходной сигнал датчика в форму более пригодной для передачи другую систему.</p>
<p><b>Uncertainty</b> <b>Неопределенность</b></p>	<p>Limits of the confidence interval of a measured or calculated quantity. Note: The probability of the confidence limits should be specified, preferably as one standard deviation.</p>	<p>Пределы доверительного интервала измеренной или вычисленной величины. Примечание: Вероятность доверительными пределами должно быть указано предпочтительно в качестве одного стандартного отклонения.</p>
<p><b>Virtual instrument</b> <b>Виртуальный инструмент</b></p>	<p>A measuring instrument composed of a general-purpose computer equipped with cost-effective measurement hardware blocks (internal and/or external) and software, that performs functions of a traditional instrument determined both by the hardware and the software, and operated by means of specialized graphics on a computer screen. The necessary condition of a virtual instrument existing is the software realization of the user interface, performed by a general-purpose computer and the sufficient condition is that a hardware and a software part of the virtual instrument do not exist separately as an</p>	<p>Измерительный прибор, состоящий из компьютера общего назначения оборудованного рентабельными аппаратных измерений блоками (внутреннего и / или внешнего), также программное обеспечение которое выполняет функции традиционного инструмент определяется как аппаратными средствами и программным обеспечением, и управляется помощью специализированными графических изображений на экран компьютера. Необходимым условием виртуального инструмента существующего является реализация программного обеспечения пользовательского интерфейса, выполняемые</p>

	instrument.	компьютером общего назначения достаточным условием является то что аппаратные средства программное обеспечение является частью виртуального инструмента не существует отдельно в качестве инструмента.
<b>Voltage-to-frequency converter (VFC)</b> <b>Напряжение-частота преобразователя (VFC)</b>	A device that converts an input voltage into a periodic waveform output with the frequency proportional to the input voltage.	Устройство, которое преобразует входное напряжение в периодическом выходе сигнала частотой, пропорционально входному напряжению.
<b>Wiegand-effect sensor</b> <b>Датчик Wiegand-эффект</b>	The generation of an electrical pulse in a coil wrapped around or located near a Wiegand (a specially processed ferromagnetic) wire that is subjected to a changing magnetic field. The effect is proprietary and patented.	генерация электрического импульса в катушке, намотанной или находящегося вблизи Wiegand (специально обработанной ферромагнитной) провод, который подвергается воздействию переменного магнитного поля. Эффект является собственностью и запатентованы.
<b>Accreditation</b> <b>Аккредитация</b>	A voluntary, non-governmental system of evaluation used to protect the public interest and to verify the quality of service provided by member institutions.	добровольный, неправительственная система оценки используется для защиты общественных интересов и для проверки качества услуг предоставляемых организациями членами.
<b>Accreditation actions</b> <b>Аккредитация действия</b>	Any COA decision affecting the accreditation status of a program. These actions are: 1) grant precandidacy, 2) grant candidacy, 3) initially accredit, 4) continue accreditation, 5) conditionally accredit, 6) withdraw accreditation, or 7) deny initial accreditation.	Любое решение COA влияет на статус аккредитации программы. Эти действия являются: 1) грант precandidacy, 2) предоставление кандидатуры, 3) изначальное аккредитовать, 4) продолжить аккредитацию, 5) условно аккредитовать, 6) отозвать аккредитацию, или 7) отказать начальной аккредитации.
<b>ASPA</b> <b>ООРА</b>	Association of Specialized and Professional Accreditors. ASPA-member accreditors set national educational standards for entry into approximately 40 specialized disciplines or professions. ALA/COA is a member of ASPA and follows its Code of Good Practice.	Ассоциация специализированных профессиональных аккредитующими. Аккредитующие ООРА-члены установили национальные образовательные стандарты для вступления приблизительно 40 специализированных дисциплин или профессий. ALA / COA является членом ООРА и следуе

		его Кодекса надлежащей практики.
<b>Assessment</b> <b>Оценка</b>	Identification, collection, and preparation of data to evaluate the attainment of student learning outcomes. Effective assessment uses relevant direct, indirect, qualitative and quantitative measures appropriate to the outcome being measured.	выявление, сбор и подготовка данных для оценки достижения результатов обучения студента. Эффективная оценка использует соответствующие прямые, косвенные, качественные количественные меры соответствующие результаты измерения.
<b>CHEA</b>	Council for Higher Education Accreditation. A private, nonprofit national organization that coordinates accreditation activity and recognizes regional, institutional, and professional accrediting agencies in the United States. ALA/COA is recognized by CHEA.	Совет по аккредитации высшего образования. Частная некоммерческая национальная организация, которая координирует деятельность по аккредитации и признает региональные институциональные профессиональные агентства аккредитации в Соединенных Штатах. ALA / COA признается CHEA.
<b>COA</b>	Committee on Accreditation, a standing committee of the American Library Association responsible for the implementation of the accreditation of master's programs in library and information studies. The COA develops and formulates standards of education for library and information studies, as well as policies and procedures for ALA accreditation.	Комитет по аккредитации постоянный комитет Американской библиотечной ассоциации отвечает за осуществление аккредитации магистерских программ библиотечных и информационных исследований. COA разрабатывает формулирует стандарты образования для библиотечных информационных исследований, также политики и процедуры аккредитации АЛК.
<b>Comprehensive review process</b> <b>Комплексный процесс обзора</b>	Periodic review of a program by the COA to evaluate a program's compliance with the Standards. The process includes submitting a Self-Study document, a two-day on-site review by an External Review Panel, and a COA accreditation decision.	Периодический обзор программ Счетной палатой для оценки соблюдения этой программы с стандартами. Процесс включает себя представления самообучения документа, двухдневный обзор с н месте Группой по обзору внешней и решение COA аккредитации.
<b>Conditional accreditation</b> <b>Условная аккредитация</b>	Accreditation status indicating the program's need for significant and immediate improvement to come into compliance with the Standards.	аккредитация статус указывает на необходимость программы для значительного улучшения немедленного, чтобы прийти соответствие со стандартами.
<b>Conflict of interest</b>	Disclosure of any personal, financial,	Раскрытие информации о како

<b>Конфликт интересов</b>	and/or professional interest that might create a conflict with the ability to fairly and objectively carry out one's responsibilities as an ERP or COA member.	либо личной, финансовой и / или профессиональных интересов, которые могли бы вызвать конфликт с возможностью справедливо и объективно выполнять свои обязанности как ERP или членом COA.
<b>Continued accreditation</b> <b>Продолжение аккредитации</b>	Accreditation status granted to programs that continuously demonstrate evidence of their conformity to the Standards. Also known as accredited.	статус аккредитации предоставляется программам, которые постоянно демонстрируют доказательства их соответствия стандартам. Также известный как аккредитованные.
<b>Decision document</b> <b>Решение документ</b>	The official document sent to a program's dean and to the institution's chief executive officer conveying the COA's accreditation decision following a comprehensive review.	официальный документ, отправленный к Дину программы главного исполнительного директора учреждения транспортирующего решения COA's accreditation следующие всеобъемлющего обзора.
<b>Directory of institutions offering ALA-accredited master's programs</b> <b>Справочник учреждений, предлагающих программы ALA аккредитованного магистра</b>	List of library and information studies programs currently accredited by the American Library Association. The directory is available as a searchable database, in PDF format, as a Google Map, and as a list of institutions with accredited programs.	Перечень библиотечных информационных исследований программ в настоящее время аккредитованы Американской библиотечной ассоциации. Каталог доступен в базе данных для поиска в формате PDF, как Google Map, также перечень учреждений аккредитованными программами.
<b>ERP</b>	External Review Panel. A group of three to six library and information studies educators and practitioners appointed by the COA through the Office for Accreditation to visit a program and verify information in the Self-Study. Panelists are also vetted by the program.	Внешняя панель Обзор. Группа от трех до шести библиотеку информационных исследований преподавателей и специалистов практиков, назначенных COA через Бюро по аккредитации, чтобы посетить программу и проверить информации в самообучении. Оценщиков также проверен программой.
<b>Evaluation</b> <b>Оценка</b>	One or more processes for interpreting the data and evidence accumulated through assessment processes. Evaluation determines the extent to which student learning outcomes are being attained. Evaluation results in decisions and actions regarding	Один или несколько процессов для интерпретации данных фактических данных, накопленных в рамках процессов оценки. Оценка определяет степень, в которой студент результаты обучения не достигнуты. Результаты оценки решениях и действиях, касающихся



	program improvement.	совершенствования программ.
<b>Initial accreditation</b> <b>Первоначальная аккредитация</b>	Accreditation status granted to a library and information studies program being accredited for the first time.	статус аккредитации предоставляется программ библиотечных и информационных исследований, аккредитованной первый раз.
<b>On-site visit</b> <b>На месте посещения</b>	The part of the comprehensive review in which members of the External Review Panel travel to the program's location to validate the information contained in the Self-Study. Also known as the visit or site visit.	Часть всеобъемлющего обзора, котором члены Группы п внешнему обзору поездки в мест расположения программы дл проверки информации содержащейся в самообучении. Также известен как посещение ил посещения сайта.
<b>Regional accreditor</b> <b>Региональный аккредитуемое</b>	An agency that accredits institutions of higher education in a specific region of the country.	лицо агентство, которое занимается аккредитацией высших учебных заведений в конкретном регионе страны.
<b>Retroactive period of initial accreditation</b> <b>Ретроактивное период первоначальной аккредитации</b>	Period of time that applies to students who graduated from a program before COA granted initial accreditation to the program. Students who complete degree requirements in the 24 months prior to the date that initial accreditation is granted are considered to have graduated from an ALA-accredited program.	Период времени, который относится к студентам, окончившим программу перед COA предоставил первоначальную аккредитацию программы. Студенты, которые полные требования к степени течение 24 месяцев до даты, что первоначальная аккредитация предоставляется считаются окончили в ALA аккредитованно программе.
<b>Schedule of comprehensive reviews</b> <b>Расписание всеобъемлющих обзоров</b>	The calendar of scheduled comprehensive reviews maintained by the Office for Accreditation. The schedule is available on the Office for Accreditation website as an assurance to the public and the profession that the COA regularly reviews LIS programs.	Календарь запланированных всеобъемлющих обзоров поддерживаемой Бюро п аккредитации. Расписание можно найти на Управление п аккредитации сайта в качестве гарантии для общественности профессии, что COA регулярно рассматривает программы LIS.
<b>Standards</b> <b>Стандарты</b>	Standards for Accreditation of Master's Programs in Library and Information Studies. This document identifies the essential features of accredited library and information studies programs.	Стандарты для аккредитации программ магистратуры библиотеке и информационных исследований. Этот документ определяет основные характеристики аккредитованных библиотеки и информационных исследований программ.
<b>Withdrawn</b>	Accreditation status indicating a	статус аккредитации с указанием

<p><b>accreditation</b> <b>Not Withdrawn</b> <b>аккредитация</b></p>	<p>program is no longer accredited by ALA, as of the date specified by the COA. A school and institution may voluntarily withdraw its accredited program from the ALA accreditation process. The COA may withdraw accreditation for serious lack of compliance with the Standards, for failure to participate in the process, or for not meeting financial obligations to the COA.</p>	<p>программы больше не аккредитованы ALA, по состоянию на дату указанную в сертификате подлинности. Школа и учреждение может добровольно отозвать свою аккредитованную программу и процесса аккредитации АЛК. СОА может аннулировать аккредитацию для серьезного несоблюдения Стандартов, за отказ участвовать в процессе, или за невыполнение финансовых обязательств перед СОА.</p>
<p><b>Axial Load</b> <b>Осевая нагрузка</b></p>	<p>The load applied to the length of, or parallel to, the primary axis with which it shares a common axis.</p>	<p>Нагрузка, приложенная к длине или параллельно, главной оси, с которой она разделяет общую ось.</p>
<p><b>Ambient Conditions</b> <b>Условия окружающей среды</b></p>	<p>The conditions (humidity, pressure, temperature, etc.) of the medium surrounding the load cell.</p>	<p>Условия (влажность, давление, температура и т.д.) среды окружающей клетку нагрузки.</p>
<p><b>Angular Load</b> <b>Eccentric</b> <b>Угловая нагрузка</b> <b>Эксцентриковая</b></p>	<p>A load applied eccentric with the primary axis at the point of application and at some angle with respect to the primary axis.</p>	<p>Нагрузка, приложенная эксцентрично с основной осью в точке приложения и под некоторым углом по отношению к первичной оси.</p>
<p><b>Angular Load</b> <b>Concentric</b> <b>Радиально-концентрическая нагрузка</b></p>	<p>A load applied concentric with the Primary axis at the point of application and at some angle with respect to the Primary axis.</p>	<p>Нагрузка, приложенная концентрично с первичной осью в точке приложения и под некоторым углом по отношению к первичной оси.</p>
<p><b>Calibration</b> <b>калибровка</b></p>	<p>Load cell output comparison against standard test loads.</p>	<p>Сравнение выходного Тензодатчика против стандартных тестовых нагрузок.</p>
<p><b>Combined Error</b> <b>Комбинированная Ошибка</b></p>	<p>The maximum deviation from the straight line drawn between original no-load and rated load outputs of a transducer output due to non-linearity (increasing load) and hysteresis (decreasing load). It is expressed as a percentage of the rated output.</p>	<p>Максимальное отклонение от прямой линии, проведенной между оригинальным без нагрузки и номинальной нагрузке выходного преобразователя из-за нелинейности (увеличения нагрузки) и гистерезиса (уменьшающейся нагрузки). Это выражается в процентах от номинальной мощности.</p>
<p><b>Compensation</b> <b>компенсация</b></p>	<p>The utilization of supplementary devices, materials, or process to minimize known sources of error.</p>	<p>Использование дополнительных устройств, материалов или процесса, чтобы минимизировать известные источники ошибок.</p>

<b>Creep</b> Ползать	The output change of a load cell that occurs over time while it is under load, while all environmental conditions and other variables have remained constant.	Выходной сигнал изменения датчика нагрузки, который происходит с течением времени пока он находится под нагрузкой, то время как все условия окружающей среды и другие переменные оставались неизменными.
<b>Creep Recovery</b> <b>Creep</b> Восстановление	The change in no-load output occurring with time after removal of a load which had been applied for a specific period of time. Usually measured over a specific time period immediately following removal of rated load and expressed as a percentage of rated output over a specific period of time.	Изменение величины на выходе без нагрузки происходит с течением времени после снятия нагрузки, которая была нанесена на определенный период времени. Обычно измеряется в течение определенного периода времени непосредственно после снятия номинальной нагрузки и выражается в процентах от номинальной мощности в течение определенного периода времени.
<b>Diaphragm</b> диафрагма	The membrane part of a sensor that changes its value under pressure-induced displacement.	Мембрана часть датчика, которая изменяет свое значение при смещении индуцированном давлением.
<b>Drift</b> дрейф	An unexpected change in output under constant load conditions.	Неожиданное изменение выходного сигнала при постоянных нагрузках.
<b>Driveline Shaft</b> Вал карданной	A steel tube with a u-joint at each end that transfers torque from the output of the transfer case to the axle.	Стальная труба с U сустава на каждом конце, который передает крутящий момент от выходной раздаточной коробки на ось.
<b>Eccentric Load</b> Эксцентричный нагрузки	A load which is applied parallel to, but not having a common axis with, the primary axis.	Нагрузка, которая применяется параллельно, но не имеющая общую ось с, первичной оси.
<b>Electrical Excitation</b> Электрическое возбуждение	The current or voltage that is applied to the input terminals of a transducer.	Ток или напряжение, подаваемое на входные клеммы преобразователя.
<b>Flush Diaphragm</b> фронтальная мембрана	A sensing device that is located on the very end of a transducer with no pressure port.	Измерительное устройство, которое расположено на самом конце датчика, без напорного патрубка.
<b>Frequency Response</b> Частотная характеристика	The range of frequencies over which the load cell output will follow the sinusoidally varying mechanical input within specified Limits.	Диапазон частот, в котором выходной датчик нагрузки будет следовать за синусоидально меняющееся механическое вход заданных пределах.

<b>Full Scale</b> полный масштаб	The amount produced equivalent to the maximum load for a specific application or test.	Объем производства эквивалентной максимальной нагрузки для конкретного применения или испытания.
<b>Full Scale Output</b>	The numerical distinction between the least output and the rated capacity.	Численное различие между наименьшей мощности номинальной мощности.
<b>Hysteresis</b> Гистерезис	The greatest difference between load cell output readings for the same applied load. One reading is obtained by escalating the load from zero, the other by lessening the load from rated output.	Наибольшая разница между выходными тензодатчик показаниями для той же приложенной нагрузки. Одно чтение получается путем наращивания нагрузки от нуля, а другой, уменьшая нагрузку от номинальной мощности.
<b>Input Impedance</b> Входное сопротивление	The resistance measured across the excitation terminals of a transducer at room temperature at the point where there is no load applied and the output terminals are open-circuited.	Измеренное сопротивление между клеммами возбуждения датчика при комнатной температуре в точке, где нет нагрузки не применяется, выходные клеммы разомкнутой.
<b>Insulation Resistance</b> Изоляционное сопротивление	The DC resistance measured between the load cell circuit and the load cell structure. Normally measured at fifty volts and under standard test conditions.	Сопротивление постоянному току измеряется между цепью нагрузки ячейки и клеточной структуры нагрузки. Обычно измеряется пятидесяти вольт и при стандартных условиях испытаний.
<b>Load</b> нагрузка	The force, weight or torque that is applied to the transducer, cell or sensor.	Сила, вес или крутящий момент который подается на преобразователь, ячейки или датчика.
<b>Load Cell</b> Тензодатчики	The round shape of the top surface of a load cell, transducer or load sensor where the load is applied.	Круглая форма верхней поверхности тензодатчика, датчик или нагрузки датчика, где применяется нагрузка.
<b>Measured Media</b> Измеренные СМИ	The physical number, property or circumstance which is measured, such as acceleration, force, mass or torque.	Число, свойство физического или обстоятельство, которое измеряется, например, ускорения, силы, массы или крутящего момента.
<b>Natural Frequency</b> Собственная частота	The frequency of free oscillations under no-load load conditions.	Частота свободных колебаний без нагрузки условиях нагрузки.
<b>Non-Linearity</b> Нелинейность	The maximum deviation of the calibration curve from a straight line drawn between the no-load and rated outputs; expressed as a percentage of the rated output and measured on increasing load only.	Максимальное отклонение калибровочной кривой от прямой линии, проведенной между без нагрузки и номинальных тепловых мощностей; выраженная процентах от номинально

		мощности и измеряется н увеличении только нагрузки.
<b>Output</b> <b>Вывод</b>	The signal (voltage, current, pressure, etc.) produced by the load cell. Where the output is directly proportional to excitation, the signal must be expressed in terms of volts per volt, per ampere, etc, of excitation.	Сигнал (напряжение, ток, давление и т.д.) производится с помощью тензодатчика. В случае, если выход прямо пропорционален возбуждению, сигнал должен быть выражен через вольт на вольт, амперах и т.д., возбуждения.
<b>Piezoresistance</b> <b>пьезосопротивления</b>	The change in resistance caused by an applied strain of the diaphragm.	Изменение сопротивления вызванное приложенным напряжением диафрагмы.
<b>Primary Axis</b> <b>Первичная ось</b>	The geometric centerline (axis) along which the load cell is designed to be loaded.	Геометрическая средняя линия (ось), вдоль которой динамометрический элемент предназначен для загрузки.
<b>Pull Plate</b> <b>Прицепные плиты</b>	An attachment to the load cell which allows tension or compression force to be directed at the center line of a load cell through a threaded center hole.	Приложение к ячейке нагрузки которая позволяет напряжению или сила сжатия должна быть направлена на центральной линии динамометрического элемента через резьбовое центральное отверстие.
<b>Rated Capacity</b> <b>(Rated Load)</b> <b>Номинальная</b> <b>мощность</b> <b>(номинальная</b> <b>нагрузка)</b>	The maximum axial load the load cell is designed to measure within its specifications.	Максимальная осевая нагрузка тензодатчик предназначен для измерения в пределах своих спецификаций.
<b>Rated Output</b> <b>Номинальная</b> <b>мощность</b>	The algebraic difference between the outputs at no-load and at rated load.	Алгебраическая разность между выходами на холостом и при номинальной нагрузке.
<b>Reference Standard</b> <b>Эталонный стандарт</b>	A force measuring device whose characteristics are precisely known in relation to a primary standard.	Измерительное устройство характеристики которого точно известны по отношению к первичному эталону.
<b>Repeatability</b> <b>стабильность</b>	The maximum difference between load cell output readings for repeated loadings under identical loading and environmental conditions.	Максимальная разница между выходными ячейки показаний нагрузки для повторных нагрузок при одинаковой нагрузке и условиях окружающей среды.
<b>Resolution</b> <b>разрешение</b>	The smallest change in mechanical input which produces a change in the output signal.	Минимальное изменение механическом входе, которое производит изменение в выходном сигнале.
<b>Safe Overrange</b>	The maximum pressure or load which	Максимальное давление или

<b>Безопасный Overrange</b>	may be applied to the transducer, load cell or sensor without causing permanent damage or a change in the performance specifications.	нагрузки, которые могут быть применены к преобразователю динамометрического элемента или датчика, не вызывая необратимого повреждения или изменение спецификации рабочих характеристик.
<b>Sensitivity чувствительность</b>	The ratio of the change in output to the mechanical input.	Отношение изменения выходного сигнала, на механическом входе.
<b>Shear ножницы</b>	Force that tends to divide an object along a plane parallel to the opposing stresses.	Сила, которая имеет тенденцию делить объект вдоль плоскости параллельной плоскости противоположных напряжений.
<b>Shunt Calibration шунта Калибровка</b>	Electrical simulation of load cell output by insertion of known shunt resistors between appropriate points within the circuitry.	Электрическое моделирование выходной нагрузки ячейки путем вставки известных шунтирующих резисторов между соответствующими точками внутри схемы.
<b>Shunt-To-Load Correlation Шунт-To-Load Корреляция</b>	The difference in output readings obtained through electrically simulated and actual applied loads.	разница в выходных показаниях полученных с помощью электрически смоделированных реальных нагрузках.
<b>Side Load Боковая нагрузка</b>	Any load acting 90 degrees to the primary axis at the point of axial load application.	Любая нагрузка, действующая на 90 градусов к первичной оси в точке приложения осевого Load.
<b>Stabilisation Period Стабилизационный Период</b>	The time required to insure that any further change in the parameter being measured is tolerable.	Время, необходимое, чтобы гарантировать, что любое дальнейшее изменение измеряемого параметра является допустимым.
<b>Standard Test Conditions Стандартные условия испытания</b>	The environmental conditions under which measurements should be made when measurements under any other condition may result in disagreement between various observers at different times and places. These conditions are as follows: Temperature 23°C ±2°C (73.4 degrees ±3.6°F).	условия окружающей среды, при которых измерения должны проводиться при проведении измерений в соответствии с любыми другим условием может привести разногласия между различными наблюдателями в разные моменты времени и места. Эти условия следующие: температура 23 ° C ± 2 ° C (73,4 градуса ± 3.6°F).
<b>Strain Measurement Измерение давления</b>	The ratio of the change of the length of a structure when force is applied to it to the dimension of the original length.	Отношение изменения длины структуры, когда сила прикладывается к нему размерности исходной длины.
<b>Temperature Effect</b>	The change in rated output due to a	изменение номинальной мощности

<p><b>On Rated Output</b> Влияние температуры на Номинальная мощность</p>	<p>change in ambient temperature.</p>	<p>в связи с изменением температур окружающей среды.</p>
<p><b>Temperature Range (Compensated)</b> Диапазон рабочих температур (компенсированный)</p>	<p>The range of temperature over which the load cell is compensated to maintain rated output and zero balance within specific limits.</p>	<p>Диапазон температур, в котором тензодатчик компенсирует поддерживать номинальную выходную мощность и нулевой баланс в определенных пределах.</p>
<p><b>Temperature Range (Safe)</b> Диапазон рабочих температур (Safe)</p>	<p>The extremes of temperature within which the load cell will operate within permanent adverse change to any of its performance characteristics.</p>	<p>Крайности температуры, в пределах которого датчик нагрузки будет работать в пределах постоянной неблагоприятного изменения любой из его характеристик.</p>
<p><b>Terminal Resistance Corner To Corner</b> Терминал сопротивления от угла к углу</p>	<p>The resistance of the load cell circuit measured at specific adjacent bridge terminals at standard temperature, with no load applied, and with the excitation and output terminals open-circuited.</p>	<p>Сопротивление цепи датчика нагрузки, измеренной при определенных соседних терминалах моста при стандартной температуре при отсутствии нагрузки применяется, и с возбуждением выходные клеммы разомкнутой.</p>
<p><b>Terminal Resistance Input</b> Терминал Входное сопротивление</p>	<p>The resistance of the load cell circuit measured at the excitation terminals at standard temperature, with no load applied and with the output terminals open-circuited.</p>	<p>Сопротивление цепи датчика нагрузки, измеренной на клеммах возбуждения при стандартной температуре, при отсутствии нагрузки применяется и выходные клеммы разомкнутой.</p>
<p><b>Ultimate Overload Rating</b> Избыточная перегрузка Рейтинг</p>	<p>The maximum load in percent of rated capacity which can be applied without producing a structural failure.</p>	<p>Максимальная нагрузка в процентах от номинальной мощности, которые могут быть применены без получения конструкционного провала.</p>
<p><b>Zero Balance</b> Нулевой баланс</p>	<p>The output signal rated excitation of a load cell with no load applied, usually expressed in percent of rated output.</p>	<p>Выходной сигнал номинального возбуждения тензодатчика без нагрузки применяется, как правило, выражается в процентах от номинальной мощности.</p>

## VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Произведения Президента Республики Узбекистан, нормативно-правовые документы

1. Ислом Каримов. Она юртимиз бахту иқболи ва буюк келажаги йўлида хизмат қилиш – энг олий саодатдир. Тошкент, 2015.
2. Ислом Каримов. "Бизнинг йўлимиз-демократик ислохотларни чуқурлаштириш ва модернизация жараёнларини изчил давом эттириш йўлидир". Тўла асарлар тўплами. 20-жилд.
3. Закон Республики Узбекистан: "О метрологии"
4. Закон Республики Узбекистан: "О рациональном использовании энергии"
5. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан №373 от 05.08.2005г. "О совершенствовании структуры и организации деятельности Узбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации"
6. Номенклатурный перечень (2011) средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке их периодичность, в соответствии со статьёй 14 Закона Республики Узбекистан «О метрологии» и периодичность поверки образцовых средств измерений
7. Положение о порядке поверки приборов учета газа (рег. МЮ от 30.07.2014 г. N2604)
8. Положение о порядке поверки приборов учета электрической энергии бытовых потребителей. (рег. МЮ от 09.12.2015 г. N2736)

### Основная литература

2. Mukhopadhyay, Subhas Chandra. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, Sprenger , 2012
3. Subhas Chandra Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements (Smart Sensors, Measurement and Instrumentation) 2013th Edition, Sprenger , 2013
4. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Laboratory quality management system: handbook. WHO, 2011. 248 p.

### Дополнительная литература

1. Исмагуллаев П.Р., Кодирова Ш.А. Метрология асослари. Укув кулланма. Тошкент, 2012.
2. Абдувалиев А.А. и др. Основы обеспечения единства измерений. Учебное пособие. Т. СМСИТИ, 2005.
3. Абдувалиев А.А. и др. Основы стандартизации, метрологии и управление качеством. Ташкент «Узстандарт». 2005.
4. А.А. Абдувалиев ва бошқалар. "Стандартлаштириш, метрология, сертификатлаштириш, сифат", Дарслик, Тошкент 2008.
5. Исмагуллаев П.Р., Матякубова П.М, Тураев Ш.А. Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш. Дарслик. Тошкент, «Lesson-press», 2015. – 423 б.
6. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2006. – 799 с.
7. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2013. - 432 с.

### ИНТЕРНЕТ-САЙТЫ:

1. <http://www.sensor.ru>
2. <http://www.uzstandart.uz>
3. <http://www.metrob.ru>
4. <http://www.metrolog.ru>
5. <http://www.stq.ru>.
6. [www.smsiti.ilim.uz](http://www.smsiti.ilim.uz)