

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 / Соловьев Д.А./

« 15 » / 07 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина	ПОВЕРКА И СЕРТИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ
Направление подготовки	23.04.02 Наземные транспортно- технологические комплексы
Магистерская программа	Инновационная техника для природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях
Квалификация (степень) выпускника	Магистр
Нормативный срок обучения	2 года
Кафедра-разработчик	Техносферная безопасность и транспортно- технологические машины
Ведущий преподаватель	Русинов А.В., доцент

Разработчик: доцент, Русинов А.В.



(подпись)

Саратов 2016

№	Содержание	Стр.
1	Введение	3
2	Темы, выносимые на самостоятельное изучения.....	5
2.1	Тема 1 «Физические величины и передача их размеров».....	6
2.2	Тема 2 «Метрологическая надежность средств измерения.....	23

1. Введение

В качестве самостоятельной подготовки студентов в вузе конечным результатом является выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Поверка и сертификация средств измерения для производства и эксплуатации машин и оборудования».

Целью самостоятельной работы является научить студента: изучать выбранный материал; производить анализ полученной информации; осваивать, расширять и закреплять знания по конкретному предмету. Для достижения указанной цели студенту предлагается: освоить один из разделов дисциплины; выявить ключевые понятия, характеризующие материал; подготовить реферат или доклад; представить материал в виде оформленного реферата или доклада сделанного с использованием мультимедийного приложения.

Критерии оценки устного ответа

Оценка «5» - отлично – ставиться, если студент при ответе на поставленный вопрос:

- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок;
- свободно оперирует основными положениями по данному вопросу;
- исчерпавшие последовательно грамотно и логически стройно излагает основные положения вопроса и участвует в обсуждении других вопросов.

Оценка «4» - хорошо – ставиться, если студент:

- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок;
- демонстрирует достаточные знания изучаемого материала;
- грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей при ответе на вопросы.

Оценка «3» - удовлетворительно – ставиться, если студент:

- излагает основной материал, но не знает отдельных деталей;
- допускает неточности, некорректные формулировки, нарушает последовательность в изложении данного вопроса;
- испытывает трудности при ответах на задаваемые вопросы.

Оценка «2» - неудовлетворительно – ставиться, если студент:

- не знает значительной части изучаемого материала;
- допускает грубые ошибки при ответах на задаваемые вопросы.

Требования к написанию реферата.

Реферат объемом 10 – 15 страниц состоит из оформленных по установленным правилам и нормативам следующих структурных элементов:

- титульного листа;
- оглавления;
- введения;
- основного текста;
- заключения;
- библиографического списка;
- приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем (необязательная часть реферата).

Реферат оформляется в программном продукте Microsoft Word.

Параметры страницы. *Поля*: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см. *Размер бумаги* – А4, ширина – 21 см, высота – 29,7 см.

Формат. *Шрифт* – Times New Roman, кегль – 14.

Абзац. *Выравнивание* – по ширине. *Отступ*: слева – 0 см, справа – 0 см, *первая строка* на 1 см. *Интервал*: перед – 0 пт., после – 0 пт., *междустрочный* – одинарный.

Номера страниц. *Положение* – внизу страницы, *выравнивание* – от центра, кегль – На титульном листе номер не проставляется. Нумерация начинается со страницы оглавления с номера 2.

Заголовки печатаются по центру полужирным шрифтом без переносов и точки на конце. Название раздела – все прописные. Названия подраздела, пунктов и подпунктов – строчные. Отступы сверху и снизу названия заголовка – 2 интервала. Для изменения уровней заголовков используется команда Вид – Структура и выполняются установки: *название раздела* – уровень 1; *название подраздела* – уровень 2; *название пункта* – уровень 3; *название подпункта* – уровень 4. Нумерация заголовков многоуровневая.

Иллюстрации. Рисунки в тексте размещаются ближе к первой ссылке. Подрисуночные подписи набираются кеглем 13, без точки на конце подписи. Нумерация иллюстраций пораздельная и состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (например, Рисунок 2.11). Подпись к иллюстрации может содержать *экспликацию* (расшифровку условных обозначений).

Таблицы. Заголовки и текст таблиц – кегль. Нумерационный заголовок с пораздельной нумерацией (например, Таблица 1.2) располагается по правому краю. Тематический заголовок (название таблицы) размещается под нумерационным заголовком, полужирным, по центру. Заголовки граф печатаются горизонтально и пишутся в именительном падеже единственного числа без сокращения слов, кроме общепринятых. Множественное число используется только тогда, когда среди текстовых показателей графы есть стоящие во множественном числе. В работе все таблицы должны иметь название или все быть без названия. Сноски и примечания к таблице располагают под таблицей.

Литература. Перечень источников, первая строка с абзацным отступом 1 см, последующие – без абзаца. Оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Критерии и показатели, используемые при оценивании реферата

Критерии	Показатели
1	2
1. Новизна реферированного текста Макс. - 20 баллов	- актуальность проблемы и темы; - новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; - наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.
2. Степень раскрытия сущности проблемы Макс. - 30 баллов	- соответствие плана теме реферата; - соответствие содержания теме и плану реферата; - полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; - обоснованность способов и методов работы с

	материалом; - умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.
3. Обоснованность выбора источников Макс. - 20 баллов	- круг, полнота использования литературных источников по проблеме; - привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).
4. Соблюдение требований к оформлению Макс. - 15 баллов	- правильное оформление ссылок на используемую литературу; - грамотность и культура изложения; - владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы; - соблюдение требований к объему реферата; - культура оформления: выделение абзацев.
5. Грамотность Макс. - 15 баллов	- отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей; - отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых; - стиль изложения.

Критерии оценки реферата.

Реферат оценивается по 100 балльной шкале (что соответствует максимальному количеству 4 баллов указанных в рабочей программе), баллы переводятся в оценки успеваемости следующим образом:

- 86 – 100 баллов – «отлично»;
- 70 – 75 баллов – «хорошо»;
- 51 – 69 баллов – «удовлетворительно»;
- мене 51 балла – «неудовлетворительно».

Наглядный материал, сопровождающий реферат, подготавливается в программном продукте Microsoft PowerPoint в виде презентации. Количество слайдов ограничивается необходимостью раскрытия темы реферата. На первом слайде указывается тема реферата (доклада), ФИО разработчика, группа, курс. На последующих слайдах указывается поясняющая информация в виде рисунков, схем, таблиц и т.д. На слайдах помещается минимальное количество текста, только в виде поясняющих предложений или основной применяемой терминологии. На последнем слайде указывается список использованных источников. На презентации полностью исключается анимация за исключением динамических картинок или видеоматериала.

2. Темы, выносимые на самостоятельное изучение

Тема 1 «Физические величины и передача их размеров»

1.1 Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение по теме «Физические величины и передача их размеров»

1. Понятие о единстве измерений.
2. Эталоны, единиц физических величин.
3. Способы поверки средств измерений.
4. Поверочные схемы.
5. Стандартные образцы.
6. Эталоны единиц системы СИ.

1.2 Методические рекомендации

Понятие о единстве измерений

При проведении измерений необходимо обеспечить их единство. Под *единством измерений* понимается характеристика качества измерений, заключающаяся в том, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам воспроизведенных величин, а погрешности результатов измерений известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы. Понятие "единство измерений" довольно емкое. Оно охватывает важнейшие задачи метрологии: унификацию единиц ФВ, разработку систем воспроизведения величин и передачи их размеров рабочим средствам измерений с установленной точностью и ряд других вопросов. Единство должно обеспечиваться при любой точности, необходимой науке и технике. На достижение и поддержание на должном уровне единства измерений направлена деятельность государственных и ведомственных метрологических служб, проводимая в соответствии с установленными правилами, требованиями и нормами. На государственном уровне деятельность по обеспечению единства измерений регламентируется стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) или нормативными документами органов метрологической службы.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц ФВ и передачи их размеров применяемым СИ.

Воспроизведение единицы физической величины — это совокупность операций по материализации единицы ФВ с наивысшей в стране точностью посредством государственного эталона или исходного образцового СИ. Различают воспроизведение основной и производной единиц.

Воспроизведение основной единицы — это воспроизведение единицы путем создания фиксированной по размеру ФВ в соответствии с определением единицы. Оно осуществляется с помощью государственных первичных эталонов. Например, единица массы — 1 килограмм (точно) воспроизведена в виде

платиноиридиевой гири, хранимой в Международном бюро мер и весов в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг. На основании последних международных сличений (1979) платиноиридиевая гиря, входящая в состав Государственного эталона РФ, имеет массу 1,000000087 кг.

Воспроизведение производной единицы — это определение значения ФВ в указанных единицах на основании косвенных измерений других величин, функционально связанных с измеряемой. Так, воспроизведение единицы силы — Ньютона — осуществляется на основании известного уравнения механики $F = mg$, где m — масса тела; g — ускорение свободного падения.

Передача размера единицы — это приведение размера единицы ФВ, хранимой поверяемым средством измерений, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке. Размер единицы передается "сверху вниз" — от более точных СИ к менее точным.

Хранение единицы — совокупность операций, обеспечивающая неизменность во времени размера единицы, присущего данному СИ. Хранение эталона единицы ФВ предполагает проведение взаимосвязанных операций, позволяющих поддерживать метрологические характеристики эталона в установленных пределах. При хранении первичного эталона выполняются регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.

Эталоны, единиц физических величин

Эталон — средство измерений (или комплекс СИ), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке. Классификация, назначение и общие требования к созданию, хранению и применению эталонов устанавливает ГОСТ 8.057-80 "ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения".

Перечень эталонов не повторяет перечня ФВ. Для ряда единиц эталоны не создаются из-за того, что нет возможности непосредственно сравнивать соответствующие ФВ, например нет эталона площади. Не создаются эталоны и в том случае, когда единица ФВ воспроизводится с достаточной точностью на основе сравнительно простых средств измерений других ФВ.

Конструкция эталона, его физические свойства и способ воспроизведения единицы определяются ФВ, единица которой воспроизводится, и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений. Эталон должен обладать по крайней мере тремя взаимосвязанными свойствами: неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

Неизменность — свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени, при этом все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация

этих требований привела к идее создания "естественных" эталонов различных величин, основанных на физических постоянных.

Воспроизводимость — возможность воспроизведения единицы ФВ (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники. Это достигается путем постоянного исследования эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения путем введения соответствующих поправок.

Сличаемость — возможность обеспечения сличения с эталоном других СИ, нижестоящих по поверочной схеме, в первую очередь вторичных эталонов, с наивысшей точностью для существующего уровня развития техники измерения. Это свойство предполагает, что эталоны по своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений при проведении сличений.

Различают следующие виды эталонов:

- *первичный* — обеспечивает воспроизведение и хранение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же величины) точностью. Первичные эталоны — это уникальные СИ, часто представляющие собой сложнейшие измерительные комплексы, созданные с учетом новейших достижений науки и техники. Они составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений;

- *специальный* — обеспечивает воспроизведение единицы в особых условиях, в которых прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью не осуществима, и служит для этих условий первичным эталоном;

- *государственный* — это первичный или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны. Утверждение проводит главный метрологический орган страны. Государственные эталоны создаются, хранятся и применяются центральными метрологическими научными институтами страны. Точность воспроизведения единицы должна соответствовать уровню лучших мировых достижений и удовлетворять потребностям науки и техники. В состав государственных эталонов включаются СИ, с помощью которых воспроизводят и (или) хранят единицу ФВ, контролируют условия измерений и неизменность воспроизводимого или хранимого размера единицы, осуществляют передачу размера единицы. Государственные эталоны подлежат периодическим сличениями с государственными эталонами других стран;

- *вторичный* — хранит размер единицы, полученной путем сличения с первичным эталоном соответствующей ФВ. Вторичные эталоны являются частью подчиненных средств хранения единиц и передали их размеров, создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона. В состав вторичных эталонов включаются СИ, с помощью которых хранят единицу ФВ, контролируют условия хранения и передают размер единицы.

По своему метрологическому назначению вторичные эталоны делятся на следующие:

- *эталон-копия* — предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Он создается в случае необходимости проведения большого числа поверочных работ с целью предохранения первичного или специального эталона от преждевременного износа. Эталон-копия представляют собой копию государственного эталона только по метрологическому назначению, поэтому он не всегда является его физической копией;

- *эталон сравнения* — применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом;

- *эталон-свидетель* — предназначен для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты. В настоящее время только эталон килограмма имеет эталон-свидетель. Его основное назначение — обеспечивать возможность контроля постоянства основного эталона;

- *рабочий эталон* — применяется для передачи размера единицы рабочим средствам измерений. Это самые распространенные эталоны. С целью повышения точности измерений ФВ рабочие эталоны применяются во многих территориальных метрологических органах и лабораториях министерств и ведомств.

Способы выражения погрешностей эталонов устанавливает ГОСТ 8.381-80 "ГСИ. Эталоны, Способы выражения погрешностей". Погрешности государственных первичных и специальных эталонов характеризуются неисключенной систематической погрешностью, случайной погрешностью и нестабильностью. Неисключенная систематическая погрешность описывается границами, в которых она находится. Случайная погрешность определяется средним квадратическим отклонением (СКО) результата измерений при воспроизведении единицы с указанием числа независимых измерений. Нестабильность эталона задается изменением размера единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, за определенный промежуток времени.

Оценки погрешностей вторичных эталонов характеризуются отклонением размеров хранимых ими единиц от размера единицы, воспроизводимой первичным эталоном. Для вторичного эталона указывается суммарная погрешность, включающая случайные погрешности сличаемых эталонов и погрешности передачи размеров единицы от первичного (или более точного) эталона, а также нестабильность самого вторичного эталона. Суммарная погрешность вторичного эталона характеризуется либо СКО результата измерений при его сличении с первичным эталоном или вышестоящим по поверочной схеме вторичным эталоном, либо доверительной границей погрешности с доверительной вероятностью 0,99.

Передача размеров единиц ФВ от эталонов рабочим мерам и измерительным приборам осуществляется с помощью рабочих эталонов. До недавнего времени в нашей стране вместо термина "рабочие эталоны" использовался термин "образцовые средства измерений", который в большинстве других стран не применяется.

Рабочие эталоны при необходимости подразделяются на разряды 1, 2 и т.д., определяющие порядок их соподчинения в соответствии с поверочной схемой. Для различных видов измерений устанавливается, исходя из требований

практики, различное число разрядов рабочих эталонов, определяемых стандартами на поверочные схемы для данного вида измерений.

Поверочные схемы

Обеспечение правильной передачи размера единиц ФВ во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством поверочных схем. *Поверочная схема* — это нормативный документ, который устанавливает соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона к рабочим СИ с указанием методов и погрешности, и утвержден в установленном порядке. Основные положения о поверочных схемах приведены в ГОСТ 8.061-80 "ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение". Поверочные схемы делятся на государственные, ведомственные и локальные.

- *Государственная поверочная схема* распространяется на все СИ данной ФВ, имеющиеся в стране. Она разрабатывается в виде государственного стандарта, состоящего из чертежа поверочной схемы и текстовой части, содержащей пояснения к чертежу.

- *Ведомственная поверочная схема* распространяется на СИ данной ФВ, подлежащие ведомственной поверке.

- *Локальная поверочная схема* распространяется на СИ данной ФВ, подлежащие поверке в отдельном органе метрологической службы.

Ведомственные поверочные схемы не должны противоречить государственным поверочным схемам для СИ одних и тех же ФВ. Они могут быть составлены при отсутствии государственной поверочной схемы. В них допускается указывать конкретные типы (экземпляры) СИ. Ведомственная и локальная поверочные схемы оформляют в виде чертежа, элементы которого приведены на рис. 1.

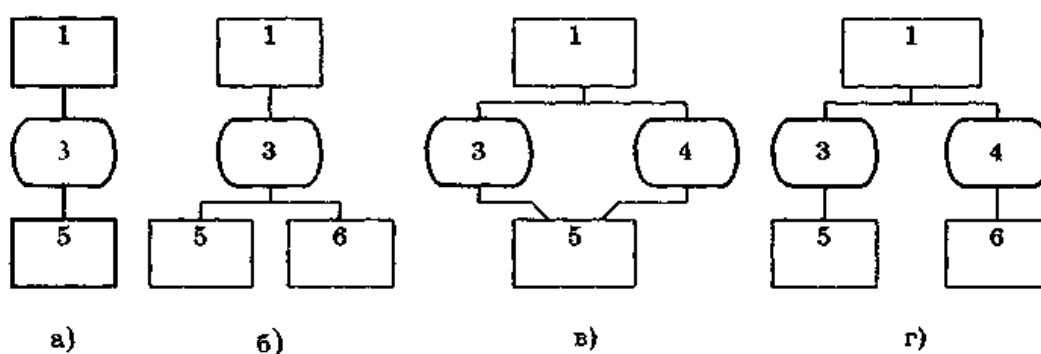


Рис. 1. Элементы графического изображения поверочных схем:

передача размера: а) от эталона 1 к объекту 5 методом 3; б) от эталона 1 к объектам поверки 5 и 6 методом 3; в) от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 или 4; г) от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 и объекту поверки 6 методом 4

Поверочная схема устанавливает передачу размера единиц одной или нескольких взаимосвязанных величин. Она должна включать не менее двух ступеней передачи размера. Поверочную схему для СИ одной и той же величины, существенно отличающихся по диапазонам измерений, условиям применения и

методам поверки, а также для СИ нескольких ФВ допускается подразделять на части. На чертежах поверочной схемы должны быть указаны:

- наименования СИ и методов поверки;
- номинальные значения ФВ или их диапазоны;
- допускаемые значения погрешностей СИ;
- допускаемые значения погрешностей методов поверки. Правила расчета параметров поверочных схем и оформления чертежей поверочных схем приведены в ГОСТ 8.061-80 "ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение" и в рекомендациях МИ 83—76 "Методика определения параметров поверочных схем".

Способы поверки средств измерений

Поверка — это операция, заключающаяся в установлении пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и контроля их соответствия предъявляемым требованиям. Основной метрологической характеристикой, определяемой при поверке СИ, является его погрешность. Она находится на основании сравнения поверяемого СИ с более точным СИ — рабочим эталоном. Различают поверки: государственную и ведомственную, периодическую и независимую, внеочередную и инспекционную, комплексную, поэлементную и др.

Основные требования к организации и порядку проведения поверки СИ приведены в правилах по метрологии ПР 50.2.006-94 "ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения", а также в рекомендациях МИ 187—86 "ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки" и МИ 188—86 "ГСИ. Установление значений методик поверки".

Поверка выполняется метрологическими службами, которым дано на это право. Средство измерений, признанное годным к применению, оформляется выдачей свидетельства о поверке, нанесением поверительного клейма или иными способами, устанавливаемыми нормативно-техническими документами.

Меры могут быть поверены путем:

- сличения с более точной мерой посредством компарирующего прибора. Сличение мер с помощью компаратора осуществляется методами противопоставления или замещения. Общим для этих методов поверки СИ является выработка сигнала о наличии разности размеров сравниваемых величин. Если подбором образцовой меры этот сигнал будет сведен к нулю, то реализуется нулевой метод измерения;

- измерения воспроизводимой мерой величины измерительными приборами соответствующего класса точности. В этом случае поверка часто называется градуировкой. *Градуировка* — нанесение отметок на шкалу, соответствующих показаниям образцового СИ или же определение по его показаниям уточненных значений величины, соответствующих нанесенным отметкам на шкале рабочего СИ;

- калибровки, когда с более точной мерой сличается лишь одна мера набора или одна из отметок шкалы многозначной меры, а действительные размеры других мер определяются их взаимным сравнением в различных сочетаниях на приборах сравнения и при дальнейшей обработке результатов измерений.

Поверка измерительных приборов проводится методом:

- непосредственного сравнения измеряемых величин и величин, воспроизводимых образцовыми мерами соответствующего класса точности. Значения величин на выходе мер выбираются равными оцифрованным отметкам шкалы прибора. Наибольшая разность между результатами измерения и соответствующими им размерами мер является в этом случае основной погрешностью прибора;

- непосредственного сличения показаний поверяемого и некоторого образцового прибора при измерении одной и той же величины. Основой данного метода служит одновременное измерение одного и того же значения ФВ поверяемым и образцовым СИ. Разность показаний этих приборов равна абсолютной погрешности поверяемого средства измерений.

Существуют и другие методы поверки, которые, однако, используются гораздо реже. Они рассмотрены в [9, 55].

Важным при поверке является выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями образцового и поверяемого СИ. Обычно, когда при поверке вводят поправки на показания образцовых средств измерений, это соотношение принимается равным 1:3 (исходя из критерия ничтожно малой погрешности). Если же поправки не вводят, то образцовые СИ выбираются из соотношения 1:5. Соотношение допускаемых погрешностей поверяемых и образцовых СИ устанавливается с учетом принятого метода поверки, характера погрешностей, допускаемых значений ошибок I и II родов и иногда может значительно отличаться от указанных ранее цифр. f

Стандартные образцы

Для ряда областей измерений и в первую очередь для физико-химических измерений чрезвычайно перспективным средством повышения эффективности поверочных работ является применение стандартных образцов (СО). Правила работы с СО устанавливает ГОСТ 8.315—97 "ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения". Согласно этому документу, стандартный *образец состава и свойств веществ и материалов* — это средство измерений в виде вещества (материала), состав или свойства которого установлены аттестацией. Можно дать и другое определение: *стандартный образец* — образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Стандартные образцы предназначены для обеспечения единства и требуемой точности измерений посредством:

- градуировки, метрологической аттестации и поверки СИ;
- метрологической аттестации методик выполнения измерений;
- контроля показателей точности измерений;
- измерения ФВ, характеризующих состав или свойства веществ и материалов, методами сравнения.

По своему назначению СО исполняют роль мер, однако в отличие от "классических" мер они имеют ряд особенностей. Например, образцы состава воспроизводят значения ФВ, характеризующих состав или свойства именно того

материала (вещества), из которого они изготовлены. Стандартные образцы, как правило, не являются изделиями, они реализованы обычно в виде части или порции однородного вещества (материала), причем эта часть является полноценным носителем воспроизводимой единицы ФВ, а не ее части. Эта особенность образцов отражена в требованиях к их однородности по составу и свойствам. Однородность материала, из которого сделан образец, имеет принципиальное значение, в то время как для меры такая характеристика часто является второстепенной.

Стандартные образцы состава и свойств в отличие от мер характеризуются значительным влиянием неинформативных параметров (примесей, структуры материала и др.). При использовании СО очень часто необходимо учитывать функции влияния таких параметров

В связи с многообразием задач, решаемых с СО, их можно разделить на группы по ряду классификационных признаков. В зависимости от вида аттестуемой характеристики различают:

- *стандартные образцы состава* — воспроизводят значения величин, характеризующих содержание определенных компонентов (химические элементы, их изотопы и др.);

- *стандартные образцы свойств* — воспроизводят значения величин, характеризующих физические, химические, технические или другие свойства вещества, за исключением величин, характеризующих состав.

В зависимости от сферы действия и области применения определяется уровень утверждения стандартных образцов. По этому признаку они делятся на *государственные, отраслевые* и *стандартные образцы предприятий*. Тем СО, которые включены в поверочные схемы, присваиваются разряды.

Стандартные образцы объединяются в типы. *Тип* — это классификационная группировка образцов, определяющими признаками которых являются одно и то же вещество, из которого они изготовлены, и единая документация, по которой они выполнены. Типы СО допускаются к применению при условии их утверждения и регистрации в соответствующем реестре. Для каждого типа СО при их аттестации устанавливается срок действия (не более 10 лет) и определяются метрологические характеристики, которые нормируются в документации на их разработку и выпуск. К ним относятся:

- аттестованное значение — значение аттестованной характеристики образца, им воспроизводимое, установленное при его аттестации и приводимое в свидетельстве с указанием погрешности;

- погрешность аттестованного значения — разность между аттестованным и истинными значениями величины, воспроизводимой той частью образца, которая используется при измерении;

- характеристика однородности — характеристика свойства образца, выражающегося в постоянстве значения величины, воспроизводимой его различными частями, используемыми при измерениях;

- характеристика стабильности — характеристика свойства образца сохранять значения метрологических характеристик в установленных пределах в течение указанного в свидетельстве срока годности при соблюдении заданных условий хранения и применения;

- функции влияния — зависимость метрологических характеристик образца от изменения внешних влияющих величин в заданных условиях применения.

Возможно использование и других метрологических характеристик.

Применение СО должно осуществляться в соответствии с требованиями: нормативно-технических документов на методы измерений, испытаний, контроля, поверки и градуировки средств измерений; аттестованных методик выполнения измерений; государственных, ведомственных и локальных поверочных схем.

Пример 1. В измерениях широко используются СО магнитных свойств различных магнитных материалов. Особенность магнитных материалов состоит в том, что их свойства описываются главным образом функциональными зависимостями одной магнитной величины от другой. Например, петля гистерезиса — зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля. С помощью стандартных образцов воспроизводят и отдельные точки и функциональные зависимости в целом.

Рассмотрим СО статических свойств магнитомягких материалов 3-го разряда марки МС-5 [63]. Он состоит из трех сердечников кольцевой формы с наружным диаметром 50 мм, внутренним 40 мм и высотой 7 мм, уложенных в специальный футляр. Сердечники изготовлены из прецизионного магнитомягкого материала — пермаллоя марок 79НМ и 50Н по ГОСТ 10160-75 и электротехнической стали марки 20 895 по ГОСТ 11036 75. Магнитные свойства этих материалов отличаются высокой стабильностью. Данный СО воспроизводит значения относительной максимальной магнитной проницаемости в диапазоне от 47 000 до 190 000 с относительной погрешностью не более 3%, коэрцитивной силы от 1,2 до 88 А/м с погрешностью не более 1 %.

Свойства СО магнитных свойств подтверждаются свидетельством о государственной поверке, выдаваемым государственными метрологическими органами. В нем указываются:

- наименование образца, например СО электротехнической стали, и его номер;
- срок действия свидетельства;
- тип первичного преобразователя магнитных свойств, для которого предназначен образец, например аппарат Эпштейна для испытания образцов массой не более 1 кг;
- организация-владелец стандартного образца;
- класс или разряд СО, устанавливаемый в зависимости от погрешности приведенных в нем результатов измерения магнитных величин;
- зависимости магнитных величин, которые воспроизводит образец, например амплитуды магнитной индукции от амплитуды напряженности магнитного поля;
- вспомогательные параметры СО, необходимые для его использования, например масса, плотность, длина средней силовой магнитной линии и др.

Эталоны единиц системы СИ

Эталонная база России имеет в своем составе 114 государственных эталонов (ГЭ) и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин. Из них 52 находятся во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ, Санкт-Петербург), в том числе эталоны метра, килограмма, ампера, кельвина и радиана; 25 — во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ, Москва), в том числе эталоны единиц времени и частоты; 13 — во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений, в том числе эталон канделлы; соответственно 5 и 6 — в Уральском и Сибирском научно-исследовательских институтах метрологии.

В области механики в стране созданы и используются 38 ГЭ, в том числе первичные эталоны метра, килограмма и секунды, точность которых имеет чрезвычайно большое значение, поскольку эти единицы участвуют в образовании производных единиц всех научных направлений.

Единица времени — *секунда* впервые определялась через период вращения Земли вокруг оси или Солнца. До недавнего времени секунда равнялась $1/86400$ части солнечных средних суток. За средние солнечные сутки принимался интервал времени между двумя последовательными кульминациями "среднего" Солнца. Однако продолжительные наблюдения показали, что вращение Земли подвержено нерегулярным колебаниям, которые не позволяют рассматривать его в качестве достаточно стабильной естественной основы для определения единицы времени. Средние солнечные сутки определяются с погрешностью до 10^{-7} с. Эта точность совершенно недостаточна при нынешнем состоянии техники.

Проведенные исследования позволили создать новый эталон секунды, основанный на способности атомов излучать и поглощать энергию во время перехода между двумя энергетическими состояниями в области радиочастот. С появлением высокоточных кварцевых генераторов и развитием дальней радиосвязи появилась возможность реализации нового эталона секунды и единой шкалы мирового времени. В 1967 г. XIII Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое определение секунды как интервала времени, в течение которого совершается 9 192 631 770 колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения внешними полями. Данное определение реализуется с помощью цезиевых реперов частоты. *Репер*, или *квантовый стандарт частоты*, представляет собой устройство для точного воспроизведения частоты электромагнитных колебаний в сверхвысокочастотных и оптических спектрах, основанное на измерении частоты квантовых переходов атомов, ионов или молекул. В пассивных квантовых стандартах используются частоты спектральных линий поглощения, в активных — вынужденное испускание фотонов частицами. Применяются активные квантовые стандарты частоты на пучке молекул аммиака (так называемые молекулярные генераторы) и атомов водорода (водородные генераторы). Пассивные стандарты частоты выполняются на пучке атомов цезия (це-зиевые реперы частоты).

До июля 1997 г. государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения времени и частоты определялись ГОСТ 8.129-83. С 1997 г. он заменен правилами межгосударственной стандартизации ПМГ 18-96 "Межгосударственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты". Государственный первичный эталон единицы времени состоит из комплекса следующих средств измерений:

- метрологических цезиевых реперов частоты, предназначенных для воспроизведения размеров единицы времени и частоты в международной системе единиц;

- водородных стандартов частоты, предназначенных для хранения размеров единиц времени и частоты и одновременно выполняющих функцию хранителей шкал времени. Использование водородных реперов позволяет повысить стабильность эталонов. В настоящее время за период времени от 100 с до нескольких суток она не превышает $(1-5) \cdot 10^{-14}$;

- группы квантовых часов, предназначенных для хранения шкал времени. *Квантовые часы* — это устройство для измерения времени, содержащее генератор, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором, и управляемое квантовыми стандартами частоты;

- аппаратуры для передачи размера единицы частоты в оптический диапазон, состоящей из группы синхронизированных лазеров и сверхвысокочастотных генераторов;

- аппаратуры внутренних и внешних сличений, включающей перевозимые квантовые часы и перевозимые лазеры;

- аппаратуры средств обеспечения.

Диапазон значений интервалов времени, воспроизводимых эталоном, составляет $1 \cdot 10^{-10}$ — $1 \cdot 10^8$ с, диапазон значений частоты — $1-1 \cdot 10^{14}$ Гц. Воспроизведение единиц времени обеспечивается со средним квадратическим отклонением результата измерений, не превышающим $1 \cdot 10^{-14}$ за три месяца, неисключенная систематическая погрешность не превышает $5 \cdot 10^{-14}$. Нестабильность частоты эталона за интервал времени от 1000 с до 10 суток не превышает $5 \cdot 10^{-15}$.

Метр был в числе первых единиц, для которых были введены эталоны. Первоначально в период введения метрической системы мер за первый эталон метра была принята одна десятимиллионная часть четверти длины Парижского меридиана. В 1799 г. на основе ее измерения изготовили эталон метра в виде платиновой концевой меры (метр Архива), представлявший собой линейку шириной около 25 мм, толщиной около 4 мм с расстоянием между концами 1 м.

До середины XX века проводились неоднократные уточнения принятого эталона. Так, в 1889 г. был принят эталон в виде штриховой меры из сплава платины и иридия. Он представлял собой платиноиридиевый брусок длиной 102 мм, имеющий в поперечном сечении форму буквы X, как бы вписанную в воображаемый квадрат, сторона которого равна 20 мм.

Требования к повышению точности эталона длины (платиноиридиевый прототип метра не может дать точности воспроизведения выше 0,1—0,2 мкм), а также целесообразность установления естественного и неразрушимого эталона привели к принятию (1960) в качестве эталона метра длины, равной 1 650 763,73

длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86 (криптоновый метр). Этот эталон мог воспроизводиться в отдельных метрологических лабораториях, точность его по сравнению с платиноиридиевым прототипом была на порядок выше.

Дальнейшие исследования позволили создать более точный эталон метра, основанный на длине волны в вакууме монохроматического излучения, генерируемого стабилизированным лазером. За эталон метра в 1983 г. было принято расстояние, проходимое светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долей секунды. Данное определение метра было законодательно закреплено в декабре 1985 г. после утверждения единых эталонов времени, частоты и длины.

Метр может быть реализован одним из следующих способов [38, 37], рекомендованных Международным комитетом мер и весов:

1) через длину пути L , проходимого в вакууме плоской электромагнитной волной за измеренный промежуток времени t . Длина L определяется по формуле $L = c_0 t$, где $c_0 = 299\,792\,458$ м/с — скорость света в вакууме. При этом необходимо вносить поправки, учитывающие реальные условия (дифракцию, гравитацию и неидеальность вакуума). Этот вариант используется в государственном первичном эталоне единиц времени, частоты и длины, воспроизводящем метр в диапазоне от нуля до 1 м со средним квадратическим отклонением не более $5 \cdot 10^{-9}$ м;

2) через длину волны λ , в вакууме плоской электромагнитной волны с известной частотой ν . Эта длина получается из соотношения $\lambda = c_0/\nu$;

3) через длину волн в вакууме излучений ряда источников, включенных в специальный список. В нем перечислены рекомендованные источники излучения, указаны частоты и длины волн в вакууме, а также перечислены технические требования, которые необходимо выполнить при создании этих источников, приведены погрешности воспроизведения длин волн и частот.

Во вторичных эталонах и образцовых средствах измерений метр реализуется третьим способом, а именно путем создания He-Ne и аргоновых лазеров, стабилизированных по резонансам насыщенного поглощения в йоде или метане [36].

Государственная поверочная схема для СИ длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ – 50 м определяется рекомендациями МИ 2060-90.

Другой важной основной единицей в механике является *килограмм*. При становлении метрической системы мер в качестве единицы массы приняли массу одного кубического дециметра чистой воды при температуре ее наибольшей плотности (4°C). Изготовленный при этом первый прототип килограмма представляет собой платиноиридиевую цилиндрическую гирю высотой 39 мм, равной его диаметру. Данное определение эталона килограмма действует до сих пор.

Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения массы определяются ГОСТ 8.021-84. Государственный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

- национального прототипа килограмма — копии № 12 международного прототипа килограмма, представляющего собой гирю из платиноиридиевого сплава и предназначенного для передачи размера единицы массы гире R1;

- национального прототипа килограмма — копии № 26 международного прототипа килограмма, представляющего собой гирию из платиноиридиевого сплава и предназначенного для проверки неизменности размера единицы массы, воспроизводимой национальным прототипом килограмма — копией № 12, и замены последнего в период его сличений в Международном бюро мер и весов;
- гири R_1 и набора гирь, изготовленных из платиноиридиевого сплава и предназначенных для передачи размера единицы массы эталонам-копиям;
- эталонных весов.

Номинальное значение массы, воспроизводимое эталоном, составляет 1 кг. Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы массы со средним квадратическим отклонением результата измерений при сличении с международным прототипом килограмма, не превышающим $2 \cdot 10^{-3}$ мг.

Эталонные весы, с помощью которых производится сличение эталона массы, с пределами взвешивания от $2 \cdot 10^{-3}$ до 1 кг имеют среднее квадратическое отклонение результата наблюдения на весах от $5 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ мг.

С развитием работ по созданию новых эталонов единиц физических величин, основанных на атомных постоянных, возник вопрос и о связи единицы массы с атомными константами. Следует отметить, что масса любого стабильного атома (например, атома углерода) может быть принята в качестве естественной единицы массы. Все такие атомы (в отличие от изготовленных человеком эталонных гирь) абсолютно идентичны, а время их существования практически совпадает со временем существования Вселенной. Массы макроскопических объектов порядка килограмма могут быть измерены в атомных единицах массы (а.е.м.), если принять во внимание соотношение $1 \text{ кг} = (10^3 \text{ моль}) \cdot N_A \cdot 1 \text{ а.е.м.}$, где N_A — постоянная Авогадро. Для измерения масс порядка килограмма в а.е.м. с погрешностью не более 10^{-8} необходимо с такой же точностью измерять постоянную Авогадро. Однако достигнутая погрешность составляет не менее 10^{-6} и пока не может быть уменьшена доступными способами.

В области термодинамических величин действуют:

- два первичных и один специальный эталоны, воспроизводящие единицу температуры — *Кельвин* в различных диапазонах: сверхнизкие гелиевые температуры, температуры по инфракрасному и ультрафиолетовому излучениям и переменные температуры водной среды;
- 11 государственных эталонов теплофизики — количества теплоты, удельной теплоемкости, теплопроводности и др.

Измерение температуры с момента изобретения Галилеем в 1598 г. термометра основывались на применении того или иного термометрического вещества, изменяющего свой объем или давление при изменении температуры. Показания термометров такого типа зависели от рода применяемого термометрического вещества и от особенностей и условий его теплового расширения. В середине прошлого века Томсон (Кельвин) показал, что можно установить термодинамическую шкалу, не зависящую от рода термометрического вещества. Данная шкала Кельвина построена на цикле Карно и двух реперных точках. При установлении этой шкалы для сохранения преемственности числового выражения ее со стоградусной шкалой Цельсия (1742 г.) промежуток между точками таяния льда и кипения воды был принят равным 100°C .

Кельвин и независимо от него Менделеев высказали предложение о целесообразности построения термодинамической шкалы по одной реперной точке. Такая шкала имеет значительные преимущества и позволяет определять температуру точнее. В такой шкале необходимо придать определенное числовое значение единственной экспериментально определяемой точке. Нижней границей температурного интервала будет служить точка абсолютного нуля.

Погрешность воспроизведения точки кипения воды составляет 0,002-0,01°C, точки таяния льда — 0,0002-0,001°C. Тройная точка воды, являющаяся точкой равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах, может быть воспроизведена в специальных сосудах с погрешностью не более 0,0002°C. В 1954 г. было принято решение о переходе к определению термодинамической температуры T по одной реперной точке — тройной точке воды, равной 273,16 К. Таким образом, единицей термодинамической температуры служит кельвин, определяемый как $1/273,16$ часть тройной точки воды. Температура в градусах Цельсия t определяется как $t = T - 273,15$ К. Единицей в этом случае является градус Цельсия, который равен кельвину:

Измерения температуры по термодинамической шкале при ее прямой реализации с помощью газовой термометрии связаны с серьезными трудностями. Поэтому после проведения подготовительных работ в 1968 г. была введена международная практическая температурная шкала (МПТШ—68) [41]. Расхождение между температурой, измеренной по этой шкале, и термодинамической температурой находится в пределах существующей в настоящее время точности измерений. Единицами МПТШ—68 являются кельвин и градус Цельсия. Шкала построена на основании ряда воспроизводимых равновесных состояний, которым приписаны определенные значения температур (основные реперные точки), и на эталонных приборах, проградуированных при этих температурах. Эти равновесные состояния и приписанные им значения международной практической температуры являются исходными для воспроизведения кельвина в различных температурных диапазонах. В интервалах между температурами реперных точек интерполяция осуществляется по формулам, устанавливающим связь между показаниями эталонных приборов и значениями МПТШ-68. Основные реперные точки реализуются как определенные состояния фазовых равновесий некоторых чистых веществ: водорода, неона, кислорода, воды, цинка, серебра и золота. Эталонным прибором, используемым в области температур от 13,81 до 630,74°C, является платиновый термометр сопротивления. Для температур 630,74—1064,43°C эталонным прибором является термопара с электродами из платинородия — платины.

В сентябре 1989 г. на 17-й сессии Консультативного комитета по термометрии была принята международная практическая температурная шкала МТШ-90, которая с 1990 г. заменила МПТШ--68 и предварительную температурную шкалу ПТШ~76. Она определяет кельвин так же, как и МПТШ-68, и сохраняет принцип построения шкалы на основе реперных точек с приписанными им новыми значениями температур, максимально приближенных к термодинамическим. Государственные эталоны единицы температуры соответствуют принципам, заложенным в МПТШ—68 и МТШ-90.

Государственная поверочная схема для средств измерения температуры устанавливается ГОСТ 8.558-93.

Введение новой шкалы позволило решить следующие проблемы:

- расширить действие МТШ-90 в области низких температур от 13,8 до 0,65 К;

- существенно приблизить МТШ-90 к термодинамической температурной шкале в сравнении с МПТШ-68. Это достигается тем, что при температурах выше 0°C дополнительно введены новые реперные точки плавления (точка галлия) и затвердевания (точки индия, алюминия и меди);

- новая температурная шкала стала достаточно гладкой, что достигается за счет использования платинового термометра сопротивления в качестве интерполяционного прибора в диапазоне температур от 13,8 до 1235 К.

Во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева созданы государственные первичные эталоны и специальные эталоны, обеспечивающие единство измерений температуры в диапазоне от 273,15 до 6300 К. Погрешность воспроизведения единицы температуры составляет 0,2 мК в тройной точке воды и 1,5 К при температуре 2800 К. Погрешности воспроизведения единиц теплофизических величин находятся на уровне 10^{-4} – 10^{-2} .

В области измерений электрических и магнитных величин (включая радиотехнические) созданы и функционируют 32 эталона. Они перекрывают не только большой диапазон значений измеряемых величин, но и широкий спектр условий их измерений, прежде всего частоты, доходящей до десятков гигагерц. Основу составляют эталоны, которые наиболее точно воспроизводят единицы и определяют размеры остальных производных единиц. Это государственные первичные эталоны единиц ЭДС, сопротивления и электрической емкости. Первые два из них разработаны недавно и основаны на квантовых эффектах Джозефсона и Холла соответственно.

До последнего времени единицу силы электрического тока — *ампер* на практике приходилось определять по тем действиям, которые ток оказывал в окружающей среде, например выделение теплоты при прохождении тока через проводник, осаждение вещества на электродах при прохождении тока через электролит, механические действия тока на магнит или проводник с током. Последнее и было положено в основу эталона ампера (1948 г.), реализованного на токовых весах. Последние представляют собой рычажные равноплечие весы, в которых подвешенная слева подвижная катушка уравнивается грузом, положенным на правую чашку весов. Подвижная катушка входит во вторую неподвижную коаксиально расположенную катушку. При прохождении по этим последовательно соединенным катушкам постоянного электрического тока подвижная катушка опускается, поэтому на правую чашку весов следует положить добавочный груз. По его массе и судят о силе электрического тока, проходящего по катушкам. Погрешность воспроизведения размера единицы электрического тока таким эталоном ампера не превышала 10^{-3} %.

В связи с введением в метрологическую практику эталона вольта на основе эффекта Джозефсона (ГОСТ 8.027-89) и эталона ома на основе эффекта Холла [45] назначение ампер-весов как средства, необходимого для представления единицы напряжения, утратило смысл, поскольку применение эффекта

Джозефсона для аппаратурной реализации, а константы Джозефсона — для воспроизведения единицы напряжения позволили повысить точность воспроизведения единицы тока примерно на два порядка. Новый эталон ампера состоит из двух комплексов. В первом из них заложен принцип установления размера ампера через вольт и ом с использованием квантовых эффектов Джозефсона и Холла, а в другом — через фараду, вольт и секунду с использованием методов электротметрии.

Государственный первичный эталон ампера состоит из аппаратуры, выполненной на основе:

- квантовых эффектов Джозефсона и квантования магнитного потока (эффект Холла), включая меру напряжения, меру электрического сопротивления, сверхпроводящий компаратор тока и регулируемые источники тока;
- использования методов электротметрии, включая входной блок с набором мер постоянной емкости, интегратор, измерительный блок с частотомером, цифровым вольтметром и компаратором.

Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения силы постоянного электрического тока в диапазоне

$1 \cdot 10^{-16}$ - 30 А установлены ГОСТ 8.022—91. Современный государственный эталон ампера имеет следующие диапазоны воспроизводимых значений силы тока: $1 \cdot 10^{-3}$; 1 (посредством квантовых эффектов) и $1 \cdot 10^{-16}$ — $1 \cdot 10^{-9}$ А (при использовании методов электротметрии). Он обеспечивает воспроизведение единицы тока со средним квадратическим отклонением результата измерений, не превышающим $5 \cdot 10^{-8}$ А при номинальных значениях силы тока $1 \cdot 10^{-3}$; 1 и $10 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-4}$ А. Неисключенная систематическая погрешность не должна превышать $2 \cdot 10^{-8}$ А при номинальных значениях силы постоянного тока $1 \cdot 10^{-3}$; 1 А.

Основу единства измерений оптико-физических единиц создает государственный первичный эталон единицы силы света — *канделлы*. Кроме него имеется еще 12 ГЭ оптико-физических величин.

Первоначально эталоны единицы силы света представляли собой свечи, изготавливаемые из определенных материалов. Затем на смену им пришли лампы с жидким горючим, которые обладали лучшими метрологическими характеристиками. В 1921 г. был создан международный эталон силы света — группа постоянно возобновляемых электрических ламп накаливания с угольной нитью. Дальнейшее развитие науки и техники позволило создать (1937) эталон силы света в виде полных излучателей (моделей черного тела) с приписанной яркостью 60 кд/м^2 при температуре затвердевания расплавленной платины.

При таком определении канделлы оставалась неоднозначной связь между световыми и энергетическими величинами. Поэтому в 1979 г. на XVI Генеральной конференции мер и весов было принято новое определение, по которому она воспроизводится путем косвенных измерений.

Единство измерений световых величин обеспечивает ГОСТ 8.023-90 ГСИ "Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений".

Современный государственный эталон канделлы имеет диапазон номинальных значений 30 — 110 кд, среднее квадратическое отклонение

результата измерений — $1 \cdot 10^{-3}$ кд; неисключенная систематическая погрешность составляет $2,5 \cdot 10^{-3}$ кд.

Эталонная база в области измерений параметров ионизирующих излучений насчитывает 14 ГЭ и обеспечивает воспроизведение таких величин, как активность радионуклидов и масса радия, экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы, поток энергии излучения и др. Погрешность воспроизведения единиц в этой области составляет доли — единицы процента.

Эталонная база физико-химических измерений состоит из трех государственных эталонов, воспроизводящих единицы молярной доли компонентов в газовых средах, объемного влагосодержания нефти и нефтепродуктов, относительной влажности газов. Система эталонов в этой области наименее развита. Точность измерений также не очень велика и составляет доли процентов.

Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для измерения плоского угла устанавливаются ГОСТ 8.016—81. Первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

- интерференционного экзаменатора для воспроизведения единицы и передачи ее размера в область малых углов;
- угломерной автоколлимационной установки для передачи размера единицы;
- 12-гранной кварцевой призмы для контроля стабильности эталона.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение *градуса* со среднеквадратическим отклонением результата измерений, не превышающим 0,01" при 132 совокупных относительных измерениях 12-гранной призмы. Неисключенная систематическая погрешность не превышает 0,02"

1.3 Список литературы:

Основная литература:

1. **Метрология, стандартизация и сертификация** : учебное пособие для студ. вузов по спец. напр. подг. "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" и "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования"; доп. УМО / А. И. Аристов [и др.]. - М. : Инфра-М, 20 - 256 с. : ил. - (Высшее образование) (Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-004750-8
2. **Метрология, стандартизация и сертификация** : учебник для студ. вузов по машиностроительным напр.; доп. УМО / А. И. Аристов [и др.]. - 5-е изд., перераб. - М. : Академия, 20 - 416 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение) (Бакалавриат). – ISBN 978-5-7695-8597-5
3. **Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении** : учебник для ср. проф. образования; рек. ФИРО / С. А. Зайцев [и др.]. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2012. - 288 с. : ил. - (Среднее проф. образование. Машиностроение). – ISBN 978-5-7695-9476-2
4. **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2011. - 820 с. - (Основы наук). – ISBN 978-5-9916-1233-3

Дополнительная литература:

1. **Метрология, стандартизация и сертификация** [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря ; СГАУ. - Электрон. текстовые дан. - М. : Юрайт, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (Учебник для вузов. Электронная версия). – ISBN 978-5-9916-1233-3.
2. **Марусина, М. Я.** Основы метрологии, стандартизации и сертификации». Учебное пособие / М. Я. Марусина, В. Л. Ткалич, Е. А. Воронцов, Н. Д. Скалецкая. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.
3. **Методы и средства измерений**, испытаний и контроля: учебное пособие. В 5 ч. / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 104 с.

1.4 Темы рефератов (докладов)

Перечень тем для докладов

1. Особенности измерения в машиностроении.
2. Особенности измерения в научных исследованиях.
3. Приборы и средства измерения.
4. Эталонные величины необходимые для поверки средств измерения при проведении ваших исследований.
5. Развитие стандартизации и сертификации в России.

Тема 2 «Метрологическая надежность средств измерения»

1.1 Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение по теме «Метрологическая надежность средств измерения»

1. Основные понятия теории метрологической надежности.
2. Изменение метрологических характеристик средств измерений в процессе эксплуатации.
3. Линейная модель изменения погрешности.
4. Экспоненциальная модель изменения погрешности.
5. Логистическая модель изменения погрешности.
6. Показатели метрологической надежности средств измерений.
7. Метрологическая надежность и межповерочные интервалы.

1.2 Методические рекомендации

Основные понятия теории метрологической надежности

В процессе эксплуатации метрологические характеристики и параметры средства измерений претерпевают изменения. Эти изменения носят случайный монотонный или флуктуирующий характер и приводят к отказам, т.е. к невозможности СИ выполнять свои функции. Отказы делятся на неметрологические и метрологические.

Неметрологическим называется отказ, обусловленный причинами, не связанными с изменением МХ средства измерений. Они носят главным образом явный характер, проявляются внезапно и могут быть обнаружены без проведения поверки.

Метрологическим называется отказ, вызванный выходом МХ из установленных допустимых границ. Как показывают проведенные исследования, метрологические отказы происходят значительно чаще, чем неметрологические. Это обуславливает необходимость разработки специальных методов их прогнозирования и обнаружения. Метрологические отказы подразделяются на внезапные и постепенные.

Внезапным называется отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одной или нескольких МХ. Эти отказы в силу их случайности невозможно прогнозировать. Их последствия (сбой показаний, потеря чувствительности и т.п.) легко обнаруживаются в ходе эксплуатации прибора, т.е. по характеру проявления они являются явными. Особенностью внезапных отказов является постоянство во времени их интенсивности. Это дает возможность применять для анализа этих отказов классическую теорию надежности. В связи с этим в дальнейшем отказы такого рода не рассматриваются.

Постепенным называется отказ, характеризующийся монотонным изменением одной или нескольких МХ. По характеру проявления постепенные отказы являются скрытыми и могут быть выявлены только по результатам периодического контроля СИ. В дальнейшем рассматриваются именно такие отказы.

С понятием "метрологический отказ" тесно связано понятие *метрологической исправности* средства измерений. Под ней понимается состояние СИ, при котором все нормируемые МХ соответствуют установленным требованиям. Способность СИ сохранять установленные значения метрологических характеристик в течение заданного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации называется *метрологической надежностью*. Специфика проблемы метрологической надежности состоит в том, что для нее основное положение классической теории надежности о постоянстве во времени интенсивности отказов оказывается неправомерным. Современная теория надежности ориентирована на изделия, обладающие двумя характерными состояниями: работоспособное и неработоспособное. Постепенное изменение погрешности СИ позволяет ввести сколь угодно много работоспособных состояний с различным уровнем эффективности функционирования, определяемым степенью приближения погрешности к допустимым граничным значениям.

Понятие метрологического отказа является в известной степени условным, поскольку определяется допуском на МХ, который в общем случае может меняться в зависимости от конкретных условий. Важно и то, что зафиксировать точное время наступления метрологического отказа ввиду скрытого характера его проявления невозможно, в то время как явные отказы, с которыми оперирует классическая теория надежности, могут быть обнаружены в момент их возникновения. Все это потребовало разработки специальных методов анализа метрологической надежности СИ.

Надежность СИ характеризует его поведение с течением времени и является обобщенным понятием, включающим в себя стабильность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность (для восстанавливаемых СИ) и сохраняемость.

Стабильность СИ является качественной характеристикой, отражающей неизменность во времени его МХ. Она описывается временными зависимостями параметров закона распределения погрешности. Метрологические надежность и стабильность являются различными свойствами одного и того процесса старения СИ. Стабильность несет больше информации о постоянстве метрологических свойств средства измерений. Это как бы его "внутреннее" свойство. Надежность, наоборот, является "внешним" свойством, поскольку зависит как от стабильности, так и от точности измерений и значений используемых допусков.

Безотказностью называется свойство СИ непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени. Она характеризуется двумя состояниями: работоспособным и неработоспособным. Однако для сложных измерительных систем может иметь место и большее число состояний, поскольку не всякий отказ приводит к полному прекращению их функционирования. Отказ является случайным событием, связанным с нарушением или прекращением работоспособности СИ. Это обуславливает случайную природу показателей безотказности, главным из которых является распределение времени безотказной работы СИ.

Долговечностью называется свойство СИ сохранять свое работоспособное состояние до наступления предельного состояния. *Работоспособное состояние* — это такое состояние СИ, при котором все его МХ соответствуют нормированным значениям. *Предельным* называется состояние СИ, при котором его применение недопустимо.

После метрологического отказа характеристики СИ путем соответствующих регулировок могут быть возвращены в допустимые диапазоны. Процесс проведения регулировок может быть более или менее длительным в зависимости от характера метрологического отказа, конструкции СИ и ряда других причин. Поэтому в характеристику надежности введено понятие "ремонтпригодность". *Ремонтпригодность* — свойство СИ, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, восстановлению и поддержанию его работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта. Оно характеризуется затратами времени и средств на восстановление СИ после метрологического отказа и поддержание его в работоспособном состоянии.

Как будет показано далее, процесс изменения МХ идет непрерывно независимо от того, используется ли СИ или оно хранится на складе. Свойство СИ сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и транспортирования называется его *сохраняемостью*.

Прежде чем перейти к рассмотрению показателей, характеризующих метрологическую надежность СИ, необходимо выяснить характер изменения во времени его МХ.

Изменение метрологических характеристик средств измерений в процессе эксплуатации

Метрологические характеристики СИ могут изменяться в процессе эксплуатации. В дальнейшем будем говорить о изменениях погрешности $A(t)$,

подразумевая, что вместо нее может быть аналогичным образом рассмотрена любая другая МХ.

Следует отметить, что не все составляющие погрешности подвержены изменению во времени. Например, методические погрешности зависят только от используемой методики измерения. Среди инструментальных погрешностей есть много составляющих, практически не подверженных старению, например размер кванта в цифровых приборах и определяемая им погрешность квантования.

Изменение МХ средств измерений во времени обусловлено процессами старения в его узлах и элементах, вызванными взаимодействием с внешней окружающей средой. Эти процессы протекают в основном на молекулярном уровне и не зависят от того, находится ли СИ в эксплуатации или хранится на консервации. Следовательно, основным фактором, определяющим старение СИ, является календарное время, прошедшее с момента их изготовления, т.е. возраст. Скорость старения зависит прежде всего от используемых материалов и технологий. Исследования показали, что необратимые процессы, изменяющие погрешность, протекают очень медленно и зафиксировать эти изменения в ходе эксперимента в большинстве случаев невозможно. В связи с этим большое значение приобретают различные математические методы, на основе которых строятся модели изменения погрешностей и производится прогнозирование метрологических отказов.

Задача, решаемая при определении метрологической надежности СИ, состоит в нахождении начальных изменений МХ и построении математической модели, экстраполирующей полученные результаты на большой интервал времени. Поскольку изменение МХ во времени — случайный процесс, то основным инструментом построения математических моделей является теория случайных процессов.

Изменение погрешности СИ во времени представляет собой нестационарный случайный процесс. Множество его реализаций показаны на рис. 1 в виде кривых Δ_i модулей погрешности. В каждый момент t_i они характеризуются некоторыми законами распределения плотности вероятности $p(\Delta, t_i)$ (кривые 1 и 2 на рис. 1,а). В центре полосы (кривая $\Delta_{cp}(t)$) наблюдается наибольшая плотность появления погрешностей, которая постепенно уменьшается к границам полосы, теоретически стремясь к нулю при бесконечном удалении от центра. Верхняя и нижняя границы полосы погрешностей СИ могут быть представлены лишь в виде некоторых квантильных границ, внутри которых заключена большая часть погрешностей, реализуемых с доверительной вероятностью P . За пределами границ с вероятностью $(1 - P)/2$ находятся погрешности наиболее удаленные от центра реализации.

Для применения квантильного описания границ полосы погрешностей в каждом ее сечении t_i необходимо знать оценки математического ожидания $\Delta_{cp}(t_i)$ и СКО $\sigma_{\Delta}(t_i)$ отдельных реализаций Δ_i . Значение погрешности на границах в каждом сечении t_i равно $\Delta_r(t_i) = \Delta_{cp}(t_i) \pm k\sigma_{\Delta}(t_i)$, где k — квантильный множитель, соответствующий заданной доверительной вероятности P , значение которого существенно зависит от вида закона распределения погрешностей по сечениям. Определить вид этого закона при исследовании процессов старения СИ

практически не представляется возможным. Это связано с тем, что законы распределения могут претерпевать значительные изменения с течением времени.

Для решения данной проблемы предлагается использовать общее для высокоэнтропийных симметричных законов распределения (см. разд. 9,1) свойство, состоящее в том, что при доверительной вероятности $P = 0,95$ - и 95% -ный квантили отстоят от центра распределения $\Delta_{cp}(t)$ на $\pm 1,6\sigma_{\Delta}(t)$. Если предположить, что закон распределения погрешностей, деформируясь со временем, остается высоко-энтронкйным и симметричным, то 95% -ный квантиль нестационарного случайного процесса изменения погрешности во времени может быть описана уравнением $\Delta_{0,95}(t) = \Delta_{cp}(t) + 1,6\sigma_{\Delta}(t)$.

Метрологический отказ наступает при пересечении кривой Δ_i прямых $\pm\Delta_{пр}$. Отказы могут наступать в различные моменты времени в диапазоне от t_{min} до t_{max} (см. рис. 1, а), причем эти точки являются точками пересечения 5% - и 95% -ного квантилей с линией допустимого значения погрешности. При достижении кривой $\Delta_{0,95}(t)$ допустимого предела $\Delta_{пр}$ у 5% приборов наступает метрологический отказ. Распределение моментов наступления таких отказов будет характеризоваться плотностью вероятности $p_n(t)$, показанной на рис. 1, б. Таким образом, в качестве модели нестационарного случайного процесса изменения во времени модуля погрешности СИ целесообразно использовать зависимость изменения во времени 95% -ного квантиля этого процесса.

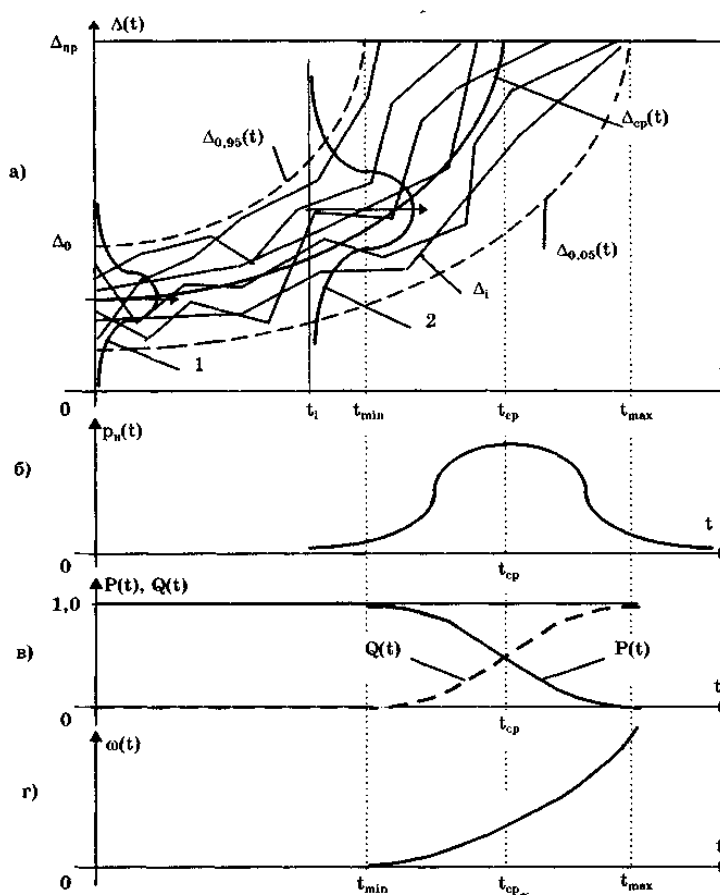


Рис. 1. Модель изменения погрешности во времени (а), плотность распределения времени наступления метрологических отказов (б), вероятность безотказной работы (в) и зависимость интенсивности метрологических отказов от времени (г)

Показатели точности, метрологической надежности и стабильности СИ соответствуют различным функционалам, построенным на траекториях изменения его МХ $A_s(t)$. Точность СИ характеризуется значением МХ в рассматриваемый момент времени, а по совокупности средств измерений — распределением этих значений, представленных кривой 1 для начального момента и кривой 2 для момента t_j . Метрологическая надежность характеризуется распределением моментов времени наступления метрологических отказов (см. рис. 1,б). Стабильность СИ характеризуется распределением приращений МХ за заданное время.

Линейная модель изменения погрешности

В общем виде модель погрешности $\Delta_{0,95}(t)$ может быть представлена в виде $\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + F(t)$, где Δ_0 — начальная погрешность СИ; $F(t)$ — случайная для совокупности СИ данного типа функция времени, обусловленная физико-химическими процессами постепенного износа и старения элементов и блоков. Получить точное выражение для функции $F(t)$ исходя из физических моделей процессов старения практически не представляется возможным. Поэтому, основываясь на данных экспериментальных исследований изменения погрешностей во времени, функцию $F(t)$ аппроксимируют той или иной математической зависимостью.

Простейшей моделью изменения погрешности является линейная:

$$\Delta_{0,95}(t) \approx \Delta_0 + vt, \quad (1)$$

где v скорость изменения погрешности. Как показали проведенные исследования, данная модель удовлетворительно описывает старение СИ в возрасте от одного до пяти лет. Использование ее в других диапазонах времени невозможно ввиду явного противоречия между определенными по этой формуле и экспериментальными значениями частоты отказов.

Метрологические отказы возникают периодически. Механизм их периодичности иллюстрирует рис.2, а, где прямой линией 1 показано изменение 95%-ного квантиля при линейном законе.

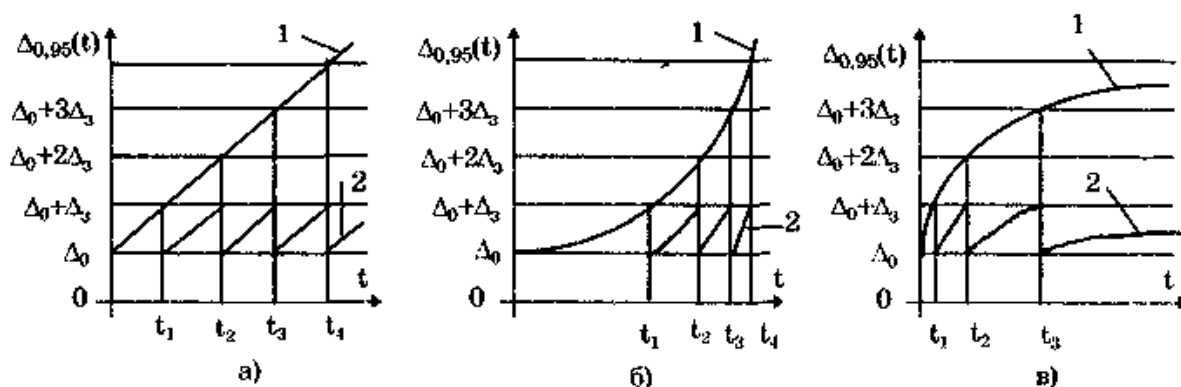


Рис. 2. Линейный (а) и экспоненциальный (б, в) законы изменения погрешности

При метрологическом отказе погрешность $\Delta_{0,95}(t)$ превышает значение $\Delta_{пр} = \Delta_0 + n\Delta_3$, где Δ_3 — значение запаса нормируемого предела погрешности, необходимого для обеспечения долговременной работоспособности СИ. При каждом таком отказе производится ремонт прибора и его погрешность возвращается к исходному значению Δ_0 . По прошествии времени $T_p = t_i - t_{i-1}$ опять происходит отказ (моменты t_1, t_2, t_3 и т.д.), после которого вновь производится ремонт. Следовательно, процесс изменения погрешности СИ описывается ломаной линией 2 на рис. 2, а, которая может быть представлена уравнением

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n\Delta_3, \quad (2)$$

где n — число отказов (или ремонтов) СИ. Если число отказов считать целым, то это уравнение описывает дискретные точки на прямой 1 (рис. 2, а). Если же условно принять, что n может принимать и дробные значения, то формула (2) будет описывать всю прямую 1 изменения погрешности $\Delta_{0,95}(t)$ при отсутствии отказов.

Частота метрологических отказов увеличивается с ростом скорости v . Она столь же сильно зависит от запаса нормируемого значения погрешности Δ_3 по отношению к фактическому значению погрешности средства измерений Δ_0 на момент изготовления или окончания ремонта прибора. Практические возможности воздействия на скорость изменения v и запас погрешности Δ_3 совершенно различны. Скорость старения определяется существующей технологией производства. Запас погрешности для первого межремонтного интервала определяется решениями, принятыми производителем СИ, а для всех последующих межремонтных интервалов — уровнем культуры ремонтной службы пользователя.

Если метрологическая служба предприятия обеспечивает при ремонте погрешность СИ, равную погрешности Δ_0 на момент изготовления, то частота метрологических отказов будет малой. Если же при ремонте лишь обеспечивается выполнение условия $\Delta_0 \approx (0,9 \dots 0,95) \Delta_{пр}$, то погрешность может выйти за пределы допустимых значений уже в ближайшие месяцы эксплуатации СИ и большую часть межповерочного интервала оно будет эксплуатироваться с погрешностью, превышающей его класс точности. Поэтому основным практическим средством достижения долговременной метрологической исправности средства измерений является обеспечение достаточно большого запаса Δ_3 , нормируемого по отношению к пределу $\Delta_{пр}$.

Постепенное непрерывное расходование этого запаса обеспечивает на некоторый определенный период времени метрологически исправное состояние СИ. Ведущие приборостроительные заводы обеспечивают $\Delta_3 = (0,4 \dots 0,5) \Delta_{пр}$, что при средней скорости старения $v = 0,05 \Delta_{пр} / \text{год}$ позволяет получать межремонтный интервал $T_p = \Delta_3 / v = 8 \dots 10$ лет и частоту отказов $\omega = 1/T_p = 0,1 \dots 0,125 \text{ год}^{-1}$.

При изменении погрешности СИ в соответствии с формулой (1) все межремонтные интервалы T_p будут равны между собой, а частота метрологических отказов $\omega = 1/T_p$ будет постоянной в течение всего срока

эксплуатации. Однако проведенные экспериментальные исследования показали, что на практике это не выполняется.

Экспоненциальная модель изменения погрешности

В реальности для одних приборов межремонтные интервалы уменьшаются, для других — увеличиваются. Это может быть объяснено тем, что погрешность СИ с течением времени экспоненциально возрастает или убывает. При ускоряющемся возрастании погрешности (рис. 2,б) каждый последующий межремонтный интервал короче предыдущего, и частота метрологических отказов $\omega(t)$ с течением времени возрастает. При замедленном возрастании погрешности (рис. 2,в) каждый последующий межремонтный интервал длиннее предыдущего и частота метрологических отказов $\omega(t)$ с течением времени убывает вплоть до нуля.

Для рассмотренных случаев изменения погрешности во времени описываются на основе экспоненциальной модели. В ней частота метрологических отказов

$$\omega(t) = \omega_0 e^{at}, \quad (3)$$

где ω_0 — частота метрологических отказов на момент изготовления средства измерений (т.е. при $t = 0$), год⁻¹; и a — положительное или отрицательное ускорение процесса метрологического старения, год⁻¹. Число отказов $n(t)$ определяется через частоту отказов $\omega(t)$ и при ее экспоненциальном изменении согласно формуле (3), рассчитывается как

$$n(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau = \int_0^t \omega_0 e^{a\tau} d\tau = \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1).$$

Тогда изменение во времени погрешности СИ с учетом формулы (2) имеет вид

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n(t)\Delta_3 = \Delta_0 + \Delta_3 \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1). \quad (4)$$

Указанная зависимость показана кривыми 1 на рис. 2, б и в.

Практическое использование формулы (4) требует знания четырех параметров: начального значения погрешности (Δ_0), абсолютного запаса погрешности (Δ_3), начальной частоты метрологических отказов (ω_0) при $t = 0$ и ускорения (a) процесса старения. Уравнения для определения названных параметров, получаемые из (4), оказываются трансцендентными, что существенно затрудняет их применение.

С целью упрощения использования уравнения (4) необходимо разложить в ряд экспоненциальную функцию и* взять три первых члена этого разложения, В результате зависимость погрешности СИ от времени будет представлена в виде

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + \Delta_3 \omega_0 t + \Delta_3 \omega_0 a t^2 / 2 = \Delta_0 + vt + a_{\Delta} t^2 / 2. \quad (5)$$

где v — начальная скорость возрастания погрешности, %; a_{Δ} — абсолютное значение ускорения изменения погрешности, %. В частном случае, когда $a = 0$, (5) превращается в линейное уравнение вида (1).

Выражение (5) имеет ясный физический смысл и позволяет путем аппроксимации экспериментальных данных о погрешностях СИ за 10-15 лет получить оценки коэффициентов v и a_{Δ} , а по ним рассчитать параметры уравнения (4) в виде $\omega_0 = v/\Delta_3$ и $a = a_{\Delta}/(\Delta_3\omega_0)$.

Расчет времени наступления метрологического отказа сводится к определению моментов пересечения кривой $\Delta_{0695}(t)$ постоянных уровней $\Delta_0 + \Delta_3$, $\Delta_0 + 2\Delta_3$, ..., $\Delta_0 + n\Delta_3$. Они могут быть найдены путем совместного решения уравнений (2) и (4). Момент наступления n -го отказа и соответственно длительность межремонтных периодов можно определить по формулам

$$t_n = \frac{1}{a} \ln\left(\frac{an}{\omega_0} + 1\right); \quad T_n = \frac{1}{a} \ln\left(1 - \frac{1}{\omega_0/a + n}\right). \quad (6)$$

Срок службы СИ — это календарное время, прошедшее с момента его изготовления до конца эксплуатации. При положительном ускорении процесса старения (см. рис. 2,б) частота отказов с увеличением срока службы возрастает и по истечении времени $T_{сл}$ его приходится настолько часто ремонтировать, что эксплуатация становится экономически невыгодной, так как дешевле купить новый прибор. Экономическая целесообразность ремонта определяется отношением средней стоимости одного ремонта c_p к стоимости c_n нового средства измерений, названного относительной глубиной ремонта $s = c_p/c_n$. Срок службы СИ

$$T_{сл} = 1/\sqrt{sc\omega_0 a}. \quad (7)$$

Решая полученное уравнение совместно с первым выражением из (6), можно рассчитать общее число отказов (ремонтов) СИ в течение срока эксплуатации.

Пример 1. Для электромеханических измерительных приборов магнитоэлектрической системы класса точности 0,5 глубина ремонта составляет $s = 0,3 \dots 0,4$; частота метрологических отказов на момент изготовления СИ $\omega_0 \approx 0,11$ год⁻¹, ускорение процесса старения $a \approx 0,19$ год⁻¹. Определите срок службы таких приборов и общее число отказов.

Срок службы прибора рассчитывается по формуле (7):

$$T_{сл} = 1/\sqrt{0,3 \cdot 0,11 \cdot 0,19} \approx 12,63 \text{ года}$$

Уравнение для расчета общего числа отказов имеет вид

$$n_{\Sigma} = \frac{\omega_0}{a} \left[\exp(a/\sqrt{ac\omega_0}) - 1 \right].$$

Подставив в него все числовые данные, получим

$$n_{\Sigma} = \frac{0,11}{0,19} [\exp(0,19/\sqrt{0,19 \cdot 0,3 \cdot 0,11}) - 1] = 0,579(e^{5,8} - 1) = 5,8.$$

Данные расчета соответствуют экспериментальным данным, согласно которым средний срок службы рассматриваемых приборов составляет 11-12 лет, в течение которых они имеют по 4-6 ремонтов.

При отрицательном ускорении процесса старения СИ межремонтный период увеличивается. После некоторого числа ремонтов n_{Σ} он становится бесконечным, метрологические отказы не возникают и СИ работает до тех пор, пока морально не устареет. В этом случае ($a < 0$) число метрологических отказов

$$n_{\Sigma} = n_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} n(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1) = -\frac{\omega_0}{a}.$$

Погрешность СИ стремится к пределу, равному, согласно (4),

$$\Delta_{0,95}(\infty) = \Delta_0 - \frac{\omega_0}{a} \Delta_3 = \Delta_0 + p_{\infty} \Delta_3. \quad (8)$$

Экспоненциальная модель процесса старения позволяет описать изменения погрешности СИ при увеличении его возраста от, года и практически до бесконечности. Однако данная модель имеет ряд недостатков. Для СИ с отрицательным ускорением процесса старения она прогнозирует при $t \rightarrow \infty$ стремление погрешности к предельному значению (8). В то же время для СИ с положительным ускорением модель прогнозирует неограниченное возрастание погрешности с течением времени, что противоречит практике.

Логистическая модель изменения погрешности

Некоторые из недостатков экспоненциальной модели старения удается устранить при использовании так называемой *логистической модели*. Кривые, описывающие процесс изменения погрешности СИ и частоты отказов, приведены на рис. 3. В области малых значений погрешности (0,2-1%) зависимость $\Delta_{0,95}(t)$ экспоненциально ускоряется, а в области больших значений — экспоненциально замедляется и при очень больших значениях времени выходит на некоторый предельный уровень, выше которого погрешность не возрастает. Кривая частоты метрологических отказов (см. рис. 3) при малых значениях времени возрастает, достигая своего максимума при некотором значении T_c , после которого начинается спад до нуля. Участки кривой $\Delta_{0,95}(t)$, соответствующие диапазонам 1 и 2 изменения времени, не обязательно должны быть симметричны относительно точки (Δ_c, T_c) . Ускорения процесса старения a_1 и a_2 , как правило, имеют разные значения. Частота метрологических отказов на участках 1 и 2 соответственно равна

$$\omega_1(t) = \omega_{01} e^{a_1 t}; \quad \omega_2(t) = \omega_{02} e^{a_2 t}, \quad (9)$$

где ω_{01}, ω_{02} — начальные частоты метрологических отказов на участках 1 и 2. Абсцисса точки, разделяющей два участка,

$$T_c = \frac{\ln(\omega_{02}/\omega_{01})}{a_1 - a_2}. \quad (10)$$

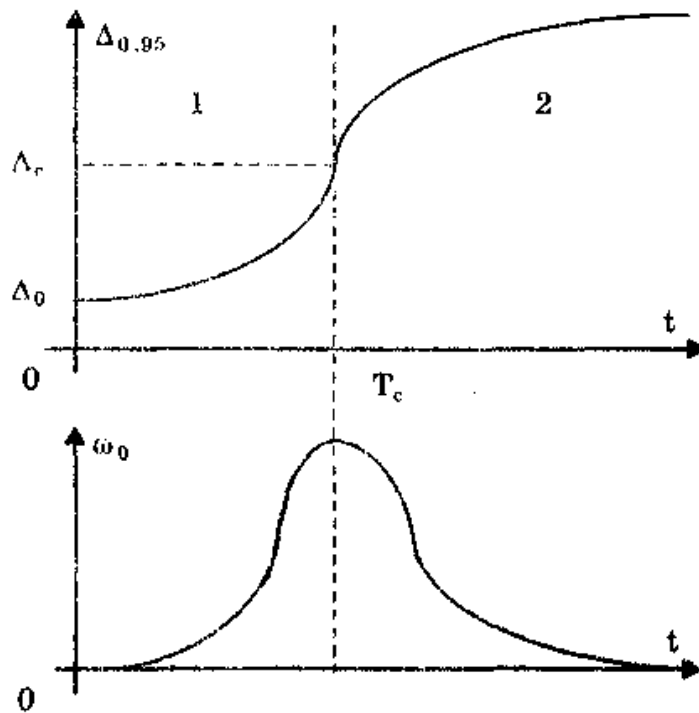


Рис. 3, Логистическая модель временного изменения погрешности

Используя параметры логистической модели процесса старения, можно обоснованно прогнозировать моменты наступления метрологических отказов t_n и изменение с возрастом наработки на отказ T_n . Момент наступления n -го метрологического отказа при $t < T_c$ и $t > T_c$ определяется соответственно по формулам:

$$t_n = \frac{1}{a_1} \ln \left(1 + \frac{a_1}{\omega_{01}} n \right); \quad t_n = \frac{1}{a_2} \ln \frac{a_2(n - n_\infty)}{\omega_{02}}$$

$$\text{при } n_\infty = \frac{\omega_{01}}{a_1} (e^{a_1 T_c} - 1) - \frac{\omega_{02}}{a_2} e^{a_2 T_c}.$$

Длительность межремонтных интервалов при $t < T_c$ и $t > T_c$:

$$T_n = -\frac{1}{a_1} \ln \left(1 - \frac{1}{n - \omega_{01}/a_1} \right); \quad T_n = \frac{1}{a_1} \ln \frac{n_\infty - n}{n_\infty - n + 1},$$

где n — порядковый номер ремонта.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что длительность межремонтных интервалов, начиная со второго, монотонно и ускоренно возрастает. Отличие первого интервала от последующих состоит в том, что на нем СИ работает с запасом нормируемого значения погрешности, обеспеченным изготовителем. На остальных межремонтных интервалах этот запас

обеспечивается ремонтными службами предприятия. Многократное превышение первого интервала по сравнению с остальными указывает на то, что ремонтные запасы погрешности Δ_p предусматриваются во много раз меньшими, чем заводские запасы Δ_3 .

Кривая изменения погрешности $\Delta_{0,95}(t)$ в случае использования логистической модели при $t < T_c$ и $t > T_c$ имеет соответственно вид

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + \Delta_3 \frac{\omega_{01}}{a_1} (e^{a_1 t} - 1);$$

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + \Delta_3 \frac{\omega_{01}}{a_1} (e^{a_1 T_c} - 1) + \Delta_p [n(t) - n(T_c)],$$

где
$$n(t) = n_\infty - \frac{\omega_{02}}{a_2} e^{a_2 t}.$$

При практическом использовании приведенных в этом разделе формул необходимо помнить, что входящие в них параметры являются оценками, которые должны быть получены на основе обработки экспериментальных данных для достаточно представительных выборок однотипных СИ. Поэтому сами оценки параметров имеют определенный разброс, поскольку представляют собой некоторые средние оценки обследованной группы приборов, у отдельных экземпляров которых могут быть весьма существенные индивидуальные отклонения постоянных $\Delta_{0,95}$, Δ_3 , ω_{01} и a_i . В связи с этим все рассчитанные по приведенным формулам показатели должны рассматриваться лишь как средние прогнозируемые величины.

К недостаткам логистической модели следует отнести то, что она не позволяет описывать изменение погрешности СИ от момента изготовления прибора до нескольких месяцев его эксплуатации. Это связано с тем, что как в линейной, так и в экспоненциальной модели значение начальной погрешности считалось постоянной величиной, неизменной с момента изготовления СИ. В действительности указанная погрешность образуется из различных составляющих, возникающих на начальных стадиях эксплуатации СИ.

Одним из вариантов описания изменения погрешности СИ, начиная с первых секунд его эксплуатации, является спектральное описание погрешности. Оно позволяет подробно описать многие особенности изменения погрешности прибора. Главный недостаток спектрального описания состоит в очень большом объеме экспериментальных данных, необходимых для построения спектральных кривых.

Рассмотренные выше модели являются разновидностями модели нестационарного монотонного процесса изменения погрешности во времени. Их общий недостаток — идеализация случайных процессов изменения МХ средства измерений, которые представляются монотонными. При этом не учитываются флуктуационные, обратимые процессы изменения параметров и характеристик приборов. Данный недостаток в той или иной степени устранен в полиномиальной и диффузионной марковской моделях, а также в модели на основе процессов авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего.

Показатели метрологической надежности средств измерений

В технике используется большое число показателей надежности, которые приведены в стандарте ГОСТ 27.002-89 "Надежность в технике. Термины и определения". Рассмотрим основные из них, нашедшие применение в теории метрологической надежности. Знание показателей метрологической надежности позволяет потребителю оптимально использовать СИ, планировать мощности ремонтных участков, размер резервного фонда приборов, обоснованно назначать межповерочные интервалы и грамотно проводить мероприятия по техническому обслуживанию СИ.

Стабильность СИ характеризуется плотностью распределения приращения погрешности Δ [$\Delta(t) = \Delta_{0,95}(t) - \Delta_0$].

Среди показателей безотказности наибольшее распространение получили вероятность безотказной работы, средняя и гамма-процентная наработка до отказа и интенсивность отказов. *Вероятность безотказной работы СИ* $P(t)$ — это вероятность того, что в течение времени t нормированные МХ не выйдут за допустимые пределы, т.е. не наступит метрологический отказ. *Наработкой* называется продолжительность работы СИ, а *наработкой до отказа* — продолжительность работы от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.

Вероятность $P(t)$ является функцией времени и задается аналитически либо таблицей или графиком (см. рис. 1,в). Например, если вероятность безотказной работы в течение 1000 ч составляет $P(t) = 0,97$, то это означает, что в среднем из большого числа СИ данного типа около 97% проработают более 1000 ч. Вероятность $P(t)$ изменяется от нуля до единицы. Чем она ближе к единице, тем выше безотказность работы СИ. На практике допустимым считается значение $P(t) > 0,9$. Вероятность безотказной работы СИ в интервале от 0 до t определяется по формуле

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t p_n(t) dt = \int_t^{\infty} p_n(t) dt ,$$

где $F(t)$, $p_n(t)$ — интегральная и дифференциальная функции распределения наработки на отказ; $Q(t)$ — вероятность отказа.

Средней наработкой до отказа называется математическое ожидание наработки СИ до первого отказа:

$$t_{cp} = \int_0^{\infty} t p_n(t) dt .$$

Гамма-процентная наработка до отказа t_γ — это наработка, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью γ , выраженной в процентах. Она определяется из уравнения

$$P(t_\gamma) = 1 - F(t_\gamma) = 1 - \int_0^{t_\gamma} p_n(t) dt = \gamma / 100 .$$

При $\gamma = 100\%$ гамма-процентная наработка называется установленной безотказной наработкой, а при $\gamma = 50\%$ — медианной наработкой.

Частота (интенсивность) отказов $\omega(t)$ определяется как условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого СИ, которая находится для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник:

$$\omega(t) = -\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt} = \frac{p_H(t)}{P(t)} = p_H(t) / \int_t^{\infty} p_H(t) dt. \quad (11)$$

Вероятность того, что СИ, проработавшее безотказно в течение времени t , откажет в последующий малый промежуток времени dt , равна $\omega(t)dt$. Вероятность безотказной работы выражается через интенсивность отказов следующим образом:

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \omega(t) dt\right).$$

Из теории надежности известно, что при постепенных отказах, к которым относятся и метрологические отказы, плотность распределения наработки на отказ распределяется в основном по одному из четырех законов: экспоненциальному, нормальному, лог-нормальному и закону Вейбулла [96]. Выбор того или иного закона должен производиться только на основе экспериментальных исследований. При нормальном законе

$$p_H(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - T_{cp})^2 / (2\sigma^2)\right],$$

где T_{cp} , σ — параметры распределения. В этом случае

$$P(t) = 1 - \Phi[(t - T_{cp}) / \sigma],$$

где $\Phi(z)$ — функция Лапласа.

Интенсивность отказов описывается выражением, полученным с использованием формулы (11)

$$\omega(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - T_{cp})^2 / (2\sigma^2)\right] / \left\{1 - \Phi[(t - T_{cp}) / \sigma]\right\}.$$

Для использования этих формул необходимо знать средний срок службы T_{cp} и его СКО σ , которые находятся экспериментально при испытаниях СИ на надежность.

Основными показателями долговечности являются средние и гамма-процентные сроки службы и ресурсы. Срок службы — это календарная продолжительность работы СИ от начала его эксплуатации до перехода в предельное состояние. Он изменяется в годах или месяцах. Средним сроком службы называется математическое ожидание срока службы

$$\bar{T}_{\text{сл}} = \int_0^{\infty} t f_{\text{сл}}(t) dt ,$$

где $f_{\text{сл}}(t)$ — плотность распределения срока службы для совокупности СИ данного типа.

Гамма-процентный срок службы — это календарная продолжительность от начала эксплуатации СИ, в течение которой оно не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах. Он определяется из уравнения

$$P(T_{\text{сл}\gamma}) = 1 - \int_0^{T_{\text{сл}\gamma}} f_{\text{сл}\gamma}(t) dt = \frac{\gamma}{100} .$$

Ресурсом называется наработка СИ от начала его эксплуатации до перехода в предельное состояние. Ресурс представляет собой запас возможной наработки СИ. *Средним ресурсом* называется математическое ожидание ресурса

$$\bar{T}_p = \int_0^{\infty} t f_p(t) dt ,$$

где $f_p(t)$ — плотность распределения ресурса для совокупности СИ данного типа.

Гамма-процентный ресурс — это наработка, в течение которой средство измерений не достигнет своего предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах. Он определяется из уравнения

$$P(T_{p\gamma}) = 1 - \int_0^{T_{p\gamma}} f_p(t) dt = \frac{\gamma}{100} .$$

Срок службы (средний или гамма-процентный) акцентирует внимание на календарной продолжительности эксплуатации, включая в себя, помимо времени непосредственной работы СИ, время хранения его на складе, нахождения в выключенном состоянии, транспортировку, ремонт и т.д. При нормировании он задается в годах. Ресурс (средний или гамма-процентный) представляет собой чистую наработку изделия, находящегося во включенном состоянии, и нормируется в часах.

В табл. 1 приведены показатели безотказности и долговечности некоторых электронных СИ по данным заводов-изготовителей. При анализе этих данных следует помнить, что они характеризуют суммарную надежность (метрологическую и неметрологическую). Однако метрологические отказы при эксплуатации СИ составляют более 60% на третьем году эксплуатации и достигают 96% при работе более четырех лет. Поэтому приведенные данные в значительной степени относятся к метрологической надежности.

В качестве показателей ремонтпригодности используются вероятность и среднее время восстановления работоспособности СИ. *Вероятностью восстановления работоспособного состояния* называется вероятность того, что

время восстановления работоспособного состояния СИ не превысит заданное значение $T_{\text{Она}}$ представляет собой значение функции распределения времени восстановления при $t = T_{\text{зад}}$, где $T_{\text{зад}}$ — заданное время восстановления. *Средним временем восстановления работоспособного состояния* называется математическое ожидание времени восстановления, определяемое по его функции распределения.

Таблица 1

Параметры, характеризующие безотказность и долговечность электронных СИ

Средство измерений	Средняя наработка на отказ, ч (год)	Средний (и гамма-процентный) ресурс, ч	Средний (и гамма-процентный) срок службы, год
Установка для поверки вольтметров В1-9	8250 (0,942)	15000	10
Вольтметр универсальный В7-36	1000 (0,114)	500	7
Генератор низкочастотный ГЗ- 109	8000 (0,913)	10000 ($\gamma = 90\%$)	—
Генератор высокочастотный Г4-153	6000 (0,685)	5000	10
Генератор импульсов Г5-75	5000 (0,571)	10000	10
Измеритель иммитанса Е7-14	7000 (0,799)	10000 ($\gamma = 90\%$)	15 ($\gamma = 90\%$)
Осциллограф С1- 1.14/1	5000 (0,571)	10000 ($\gamma = 95\%$)	10 ($\gamma = 80\%$)
Осциллограф запоминающий Ст1-17	-	1000	10
Осциллограф цифровой запоминающий С9-8	6000 (0,685)	—	—
Прибор для измерения параметров АЧХ Х1-40	1000 (0,114)	—	—
Частотомер 43-32	1500(0,171)	5000	7
Частотомер 43-57	3000 (0,342)	10000	10

Таблица 2

Параметры, характеризующие сохраняемость электронных средств измерений

Средства измерений	Срок сохраняемости в отапливаемых (неотапливаемых) помещениях, лет
Источник питания постоянного тока Б5-47	13 (5) при $\gamma = 90\%$
Генератор низкочастотный ГЗ-109	10 при $\gamma = 80\%$
Измеритель нммитанса Е7-14	10 (5) при $\gamma = 90\%$
Осциллограф С1-114/1	10 (о) при $\gamma = 80\%$

Сохраняемость СИ характеризуется *сроком сохраняемости* — календарной продолжительностью его хранения и (или) транспортирования, в течение и после которого значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности сохраняются в установленных пределах. Показателями сохраняемости являются *средний срок сохраняемости* математическое ожидание, определяемое по функции распределения сроков сохраняемости совокупности СИ одного типа, и *гамма-процентный срок сохраняемости*,

В табл. 2 приведены данные, характеризующие сохраняемость некоторых электронных СИ.

Метрологическая надежность и межповерочные интервалы

Одной из основных форм поддержания СИ в метрологически исправном состоянии является его периодическая поверка. Она проводится метрологическими службами согласно правилам, изложенным в специальной нормативно-технической документации. Периодичность поверки должна быть согласована с требованиями к надежности СИ. Поверку необходимо проводить через оптимально выбранные интервалы времени, называемые *межповерочными интервалами* (МПИ).

Момент наступления метрологического отказа может выявить только поверка СИ, результаты которой позволят утверждать, что отказ произошел в период времени между двумя последними поверками. Величина МПИ должна быть оптимальной, поскольку частые поверки приводят к материальным и трудовым затратам на их организацию и проведение, а редкие — могут привести к повышению погрешности измерений из-за метрологических отказов.

Межповерочные интервалы устанавливаются в календарном времени для СИ, изменение метрологических характеристик которых обусловлено старением и не зависит от интенсивности эксплуатации. Значения МПИ рекомендуется выбирать из следующего ряда: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 6К месяцев, где К — целое положительное число. Для СИ, у которых изменение МХ является следствием износа его элементов, зависящего от интенсивности эксплуатации, МПИ назначаются в значениях наработки.

При нахождении МПИ выбирается МХ, определяющая состояние метрологической исправности средства измерений. В качестве таких характеристик, как правило, используются основная погрешность, СКО случайной составляющей погрешности и некоторые другие. Если состояние метрологической исправности определяют несколько МХ, то из них выбирается та, по которой обеспечивается наибольший процент брака при поверках.

Вопросу обоснованного выбора продолжительности МПИ посвящено большое число работ. В настоящее время существуют три основных пути их определения:

- на основе статистики отказов;
- на основе экономического критерия;
- произвольное назначение первоначального МПИ с последующей корректировкой в течение всего срока службы СИ.

Выбор конкретного метода определения продолжительности МПИ зависит от наличия исходной информации о надежности и стабильности СИ. Первый способ является эффективным при условии, что известны показатели метрологической надежности. Наиболее полная информация такого рода содержится в моделях, описывающих изменение во времени МХ средств измерений. Эти модели рассмотрены в разд. 3. При известных параметрах моделей МПИ определяется моментом выхода погрешности за нормируемый для данного СИ допуск. Однако большой разброс параметров и характеристик процессов старения СИ приводит к большой погрешности расчета МПИ с помощью таких моделей.

Применение методов расчета МПИ, основанных на статистике скрытых и явных отказов, требует наличия большого количества экспериментальных данных по процессам изменения во времени МХ средств измерений различных типов. Такого рода исследования весьма трудоемки и занимают значительное время. Этим объясняется тот факт, что опубликованных статистических данных о процессах старения приборов различных типов крайне мало. В технических описаниях СИ, как правило, приводится средняя наработка до отказа, средний или гамма-процентный ресурс и срок службы. Этого явно недостаточно для расчета МПИ.

Определение межповерочного интервала по экономическому критерию состоит в решении задачи по выбору такого интервала, при котором можно минимизировать расходы на эксплуатацию СИ и устранять последствия от возможных ошибок, вызванных погрешностями измерения. Исходной информацией для определения МПИ служат данные о стоимости поверки и ремонта СИ, а также об ущербе от изъятия его из эксплуатации и от использования метрологически неисправного прибора. Основная сложность применения этого метода состоит в следующем. Затраты на ремонт и поверку СИ достаточно легко определяются по нормативным документам, в отличие от них потери из-за использования приборов со скрытым метрологическим отказом на практике, как правило, неизвестны. Приходится прибегать к приближенным моделям» описывающим затраты на эксплуатацию СИ со скрытыми метрологическими отказами в виде функции потерь того или иного вида.

Один из вариантов определения МПИ по экономическому критерию приведен в рекомендации МИ 2187-92 "ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений".

Наиболее универсальным является метод, состоящий в произвольном назначении МПИ с последующей корректировкой его величины. В этом случае при минимальной исходной информации назначается первоначальный интервал, а результаты последующих поверок являются исходными данными для его корректировки.

Основной трудностью данного метода является назначение первого МПИ. Преодолеть ее возможно тремя путями. Во первых, для определения протяженности первого МПИ могут быть использованы показатели метрологической надежности поверяемого СИ. Во-вторых, длительность первого интервала может быть оценена исходя из анализа данных по эксплуатации аналогичных поверяемому по конструкции и технологии производства СИ. В-третьих, первый МПИ выбирается в соответствии с рекомендациями нормативных документов государственных и ведомственных метрологических служб.

Последующие значения МПИ определяются путем корректировки первого интервала с учетом результатов проведенных поверок большого числа однотипных СИ.

1.3 Список литературы:

Основная литература:

1. **Метрология, стандартизация и сертификация** : учебное пособие для студ. вузов по спец. напр. подг. "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" и "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования"; доп. УМО / А. И. Аристов [и др.]. - М. : Инфра-М, 20 - 256 с. : ил. - (Высшее образование) (Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-004750-8
2. **Метрология, стандартизация и сертификация** : учебник для студ. вузов по машиностроительным напр.; доп. УМО / А. И. Аристов [и др.]. - 5-е изд., перераб. - М. : Академия, 20 - 416 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Машиностроение) (Бакалавриат). – ISBN 978-5-7695-8597-5
3. **Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении** : учебник для ср. проф. образования; рек. ФИРО / С. А. Зайцев [и др.]. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2012. - 288 с. : ил. - (Среднее проф. образование. Машиностроение). – ISBN 978-5-7695-9476-2
4. **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2011. - 820 с. - (Основы наук). – ISBN 978-5-9916-1233-3

Дополнительная литература:

1. **Метрология, стандартизация и сертификация** [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря ; СГАУ. - Электрон. текстовые дан. - М. : Юрайт, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (Учебник для вузов. Электронная версия). – ISBN 978-5-9916-1233-3.
2. **Марусина, М. Я.** Основы метрологии, стандартизации и сертификации». Учебное пособие / М. Я. Марусина, В. Л. Ткалич, Е. А. Воронцов, Н. Д. Скалецкая. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.
3. **Методы и средства измерений, испытаний и контроля:** учебное пособие. В 5 ч. / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 104 с.

1.4 Основные понятия / термины

Проверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам.

Сертификация — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

Стандартизация — деятельность по разработке, опубликованию и применению стандартов, по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости и качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии, единства измерений, экономии всех видов ресурсов, безопасности хозяйственных объектов с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций, обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) — региональный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств.

1.5 Темы рефератов (докладов)

Перечень тем для докладов

1. Сертификации в России тенденция развития.
2. Объекты сертификации и требования предъявляемые к ним.
3. Сертификат ИСО что он дает.
4. Отличительные особенности ГОСТа и ТУ.
5. Свободная тема.

Разработчик: доцент, Русинов А.В.



(подпись)