



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Управление качеством»

Комплекс методических указаний для практических и контрольных работ по дисциплине

"Поверка средств измерений"

Авторы:

Димитров В.П.,

Макарченко С.А.

Ростов-на-Дону, 2011



Оглавление

Практическая работа «ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИК ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ»	4
Аннотация	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКАМ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	5
2 СОСТАВЛЕНИЕ ИНСТРУКЦИИ ПО ПОВЕРКЕ	6
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	7
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	8
Рекомендуемая литература.....	9
Практическая работа «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ».....	10
Аннотация	10
1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	11
2 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	11
3 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ	12
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАБОТЫ.....	13
5 ЗАДАНИЯ	15
Рекомендуемая литература.....	17
Практическая работа «ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ»	19
Аннотация	19
ВВЕДЕНИЕ	20
1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ	22
2. ЛОКАЛЬНЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ.....	24
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	27
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	28
Рекомендуемая литература.....	29
Контрольная работа	30
Аннотация	30
1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	31



Поверка средств измерений

2 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	31
3 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ	32
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАБОТЫ.....	33
5 ЗАДАНИЯ	35
Рекомендуемая литература.....	37



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

«ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИК ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ»

Аннотация

Методические указания предназначены для проведения практических работ по дисциплине «Поверка средств измерений». Содержат методику решения задачи и варианты индивидуальных заданий. Предназначена для студентов специальностей 200501 «Метрология и метрологическое обеспечение» и 200503 «Стандартизация и сертификация»





ВВЕДЕНИЕ

Цель работы состоит в изучении порядка проведения поверки независимо от вида измерений физической величины, приобретении навыков практического применения методик поверки.

Задачи:

- изучить требования к нормативным документам на методику поверки;
- разработать инструкцию по поверке для заданного средства измерений.

Средства измерений, предназначенные для применения в сферах государственного регулирования в области обеспечения единства измерений, подлежат поверке в соответствии с порядком, установленным Законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» и правилами по метрологии ПР 50.2.006-94 «ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений» с изменениями от 2002 г.

Статья 13 «Поверка средств измерений» Закона «Об обеспечении единства измерений» 2008 года устанавливает: «Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку».

Поверка средств измерений (СИ) осуществляется в соответствии с требованиями документов на методики поверки. Классификация, правила построения, содержание и порядок создания документов на методики поверки СИ установлены инструкцией МИ 2526-99 «ГСИ. Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения».

1 ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКАМ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

В настоящее время документы на методики поверки СИ можно разделить на две группы:

- методики, включенные в Указатель нормативных документов в области метрологии (национальные стандарты, рекомендации метрологических институтов);
- методики, включенные в состав эксплуатационной



Поверка средств измерений

документации (инструкции по поверке), утвержденные по результатам испытаний с целью утверждения типа СИ.

Документам по поверке присваивают наименование поверяемых средств измерений и наименование объекта стандартизации, а также наименование системы ГСИ.

Документы по поверке должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующем порядке: операции поверки; средства поверки; требования безопасности; условия поверки; подготовка к поверке; проведение поверки; обработка результатов измерений; оформление результатов поверки.

Раздел "Проведение поверки" содержит подразделы: внешний осмотр, опробование, определение метрологических характеристик.

В документах по поверке могут содержаться следующие приложения: программа обработки результатов измерений на ЭВМ, методика расчета погрешности поверки, форма протокола записи результатов измерений, примеры расчетов по обработке результатов измерений, таблицы и графики, пояснения терминов, технические описания вспомогательных устройств и т. п.

2 СОСТАВЛЕНИЕ ИНСТРУКЦИИ ПО ПОВЕРКЕ

Рассмотрим пример составления инструкции по поверке для штангенциркуля ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, находящегося в эксплуатации.

До составления инструкции по поверке необходимо изучить конструкцию СИ, его технические и метрологические характеристики. Особенности поверки заданного типа штангенциркуля определяются его конструкцией (наличие глубиномера, расположение и конструкция измерительных губок, отсутствие механизма микроподдачи рамки) и метрологическими характеристиками (диапазон измерений, значение отсчета по нониусу и предел допускаемой погрешности). Поверка выполняется в объеме периодической поверки, т.к. по условиям задания штангенциркуль находится в эксплуатации.

Для составления инструкции воспользуемся документом ГОСТ 8.113-85 "ГСИ. Штангенциркули. Методика поверки". При изложении материала не будем воспроизводить текст нормативного документа, а лишь выделим и изложим основные особенности поверки приборов данного типа и приведем описание разделов "Операции и средства поверки" и "Проведение поверки" для заданного рабочего СИ.

Исходя из вышесказанного, в разделы "Операции и средств-



Поверка средств измерений

ва поверки" и "Проведение поверки" из всех перечисленных в методике операций включим следующие:

- внешний осмотр (за исключением требований к другим типам штангенциркулей);
- опробование (за исключением требований к другим типам);
- определение длины вылета губок (за исключением требований к штангенциркулям, выпускаемым из производства);
- определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок;
- определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок (за исключением требований к штангенциркулям других типов и выпускаемым из производства);
- определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений и определение расстояния между ними;
- определение погрешности при измерении глубины;
- определение погрешности (за исключением требований к штангенциркулям других типов и выпускаемым из производства).

Средства поверки, необходимые для определения метрологических характеристик, выбирают из рекомендованных. Допускается, в случае необходимости, применение других средств поверки с аналогичными характеристиками, их следует указать в разделе "Операции и средства поверки".

Далее в разделе "Проведение поверки" необходимо описать выполнение всех вышеперечисленных операций и указать предельные значения определяемых характеристик, приведенные в методике проверки и в ГОСТ 166-89.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1.

Составить инструкцию по поверке для заданного рабочего средства измерений, основываясь на соответствующей нормативно-технической документации.

Для выполнения задания преподаватель назначает рабочее СИ из таблицы.



Поверка средств измерений

Таблица – Задания для самостоятельной работы

№ варианта	Наименование, тип СИ	Технические требования	Методика поверки
1	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1	ГОСТ 166-89	ГОСТ 8.113-85
2	Штангенглубиномер ШГ-250-0,05	ГОСТ 162-90	МИ 2196-92
3	Штангенрейсмас ШР- 250-0,05	ГОСТ 164-90	МИ 2190-92
4	Микрометр гладкий МК-25	ГОСТ 6507-90	МИ 782-85
5	Глубиномер микрометрический ГМ50	ГОСТ 7074-92	МИ 2018-89
6	Головка измерит. рычажно-зубчатая 1ИГ	ГОСТ 18833-73	МИ 2195-92
7	Индикатор часового типа ИЧ-10	ГОСТ 577-68	МИ 2132-92
8	Скоба рычажная СР 25	ГОСТ 11098-75	ГОСТ 8.359-79
9	Нутромер индикаторный НИ 10-18	ГОСТ 868-82	МИ 2194-92
10	Глубиномер индикаторный ГИ-100	ГОСТ 7661-67	МИ 2006-89

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях СИ подлежат поверке?
2. Какими документами определен порядок проведения поверки? Перечислите виды документов.
3. Из каких разделов состоит методика поверки СИ?
4. Какие подразделы включает раздел "Проведение поверки"?



Рекомендуемая литература

1. ПР 50.2.006—94 "ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений".
2. МИ 2526-99 "ГСИ. Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения".
3. Б.Г. Артемьев, Ю.Е.Лукашов Поверка и калибровка средств измерений. - М.:ФГУП "Стандартинформ", 2006.- 408 с.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ»

Аннотация

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Проверка средств измерений». Содержат методику выполнения и варианты индивидуальных заданий. Предназначена для студентов 3 и 4 курсов специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»





1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1.1 Цель выполнения контрольной работы:

- закрепление и углубление знаний и навыков, полученных в процессе обучения по дисциплине «Поверка средств измерений»;
- получение дополнительной информации при самостоятельном изучении специальной и справочной литературы, руководящих нормативно-технических материалов;
- самостоятельное обоснование принятых решений и применяемых методов для поверки конкретного вида средств измерений;
- развитие навыков изложения изучаемого материала.

1.2 В соответствии с поставленной целью студенты должны выполнить следующие практические задачи:

- разработать локальную поверочную схему для заданного средства измерений (СИ);
- составить инструкцию по поверке для заданного СИ;
- рассчитать и назначить межповерочный интервал.

2 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

2.1 На основании самостоятельного изучения научно-технической литературы, технических и нормативных документов, конспектов лекций и проведенного анализа студент должен выполнить контрольную работу ориентировочно объемом 20 рукописных страниц.

Контрольная работа оформляется в отдельной тетради с титульным листом типового образца.

Текст работы выполняется в рукописном или машинописном принтерном вариантах на одной стороне листа формата А4 через полуторный межстрочный интервал, Слева и снизу должны быть оставлены поля шириной 2,5 см, сверху - 2 см, справа - 1 см. Страницы нумеруются в нижнем колонтитуле. Формулы допускается вписывать от руки, каждый символ поясняется.

Графический материал (схемы) выполняется на плотной бумаге формата А4.

2.2 Контрольная работа должна содержать титульный лист, техническое задание, и следующие разделы:

- введение;
- специальные разделы;
- заключение;
- список использованной литературы.

2.3 При выполнении контрольной работы студент должен свободно пользоваться компьютером. Рекомендуются следующие уровни применения информационных технологий:



Поверка средств измерений

- использование компьютера для написания и редактирования текста, схем, таблиц при оформлении и распечатке работы;
- использование поисковых, справочных систем и специализированных баз данных, размещенных в сети Интернет.

2.4 Задание для контрольной работы по специальным разделам 1 и 2 определяется преподавателем из примерного перечня СИ (данные для специального раздела 3 приведены в п.5).

3 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ

3.1 Во введении необходимо обосновать значимость поверки СИ и показать ее место и роль в системе передачи размеров единиц физических величин (объем – не более одной рукописной страницы).

3.2 В первом специальном разделе ("Локальная поверочная схема") необходимо осветить основные положения действующих нормативных документов, регламентирующих построение и содержание локальной поверочной схемы, привести назначение СИ, его метрологические характеристики, определить измеряемую данным прибором физическую величину и государственную поверочную схему для СИ данной физической величины. На основе анализа государственной поверочной схемы разработать локальную поверочную схему для заданного конкретного СИ в виде чертежа.

Чертеж локальной поверочной схемы должен содержать не менее двух ступеней передачи размера величины. На чертеже должны быть показаны: рабочее средство измерений и эталоны соответствующих разрядов с указанием их диапазонов и погрешностей измерений; наименования методов поверки с указанием их погрешностей.

В данной части работы должны быть приведены объяснения к элементам схемы и обоснования назначения эталонов и методов поверки. Объем – 30% от общего объема работы.

3.3 Во втором специальном разделе («Инструкция по поверке СИ») необходимо осветить основные положения действующих нормативных документов, регламентирующих требования к документации поверочной лаборатории. В данной части работы должны быть рассмотрены методы, средства, процедуры и операции поверки, регламентируемые государственными стандартами, методическими указаниями или инструкциями на поверку приборов данного типа. При изложении материала не следует воспроизводить текст нормативных документов, нужно лишь выделить и самостоятельно изложить основные особенности поверки приборов данного типа и описать разделы "Операции и средства поверки" и "Проведение повер-



Проверка средств измерений

ки" для заданного преподавателем конкретного рабочего СИ. (объем – 40 % от общего объема работы).

3.4 В третьем специальном разделе («Межповерочный интервал») следует описать способы определения межповерочных интервалов, рассчитать межповерочный интервал по показателю интенсивности отказов, назначить межповерочный интервал для однородной группы СИ. Рассчитать статистическое значение вероятности безотказной работы и оценить правильность назначения межповерочного интервала. При необходимости корректировки рассчитать новый межповерочный интервал и назначить в соответствии с рекомендованным числовым рядом (объем – 20 % от общего объема работы).

3.5 В заключении необходимо сформулировать основные выводы по результатам выполненной работы, дать оценку ее результативности для повышения собственного уровня знаний. Объем – не более 1/2 рукописной страницы.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАБОТЫ

4.1 На основании данных задания определить вид измерений и измеряемую физическую величину, для которой предназначено заданное СИ, и соответствующую государственную поверочную схему для заданного СИ.

4.2 Проанализировав государственную поверочную схему, выделить из нее фрагмент, соответствующий порядку передачи размера величины не менее двух ступеней для заданного рабочего СИ.

4.3 Проанализировать выбор разрядных эталонов и методов поверки, в выбранном фрагменте государственной поверочной схемы, исходя из соотношения абсолютных погрешностей.

4.4 Построить локальную поверочную схему для заданного рабочего СИ, указав в ней конкретные типы СИ, выбранные в качестве эталонов и средств поверки в соответствии с кодификатором СИ. Допускается использовать Указатель «Комплекты средств поверки».

4.5 Составить инструкцию по поверке заданного рабочего СИ (в эксплуатации), используя данные разработанной локальной поверочной схемы. Допускается использовать за основу документ, регламентирующий методику поверки для данного типа СИ.

4.6 Рассчитать межповерочный интервал по показателю интенсивности отказов λ_t по формуле:



Поверка средств измерений

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda} \ln P_{доп}, \quad (1)$$

где t_1 – первый межповерочный интервал;
 λ_t – интенсивность отказов;
 $P_{доп}$ – допускаемая вероятность безотказной работы.

4.7 Назначить межповерочный интервал в месяцах, как ближайшее меньшее расчетного значения число, в соответствии со следующим рядом: 1; 1.5; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 18; 24.

Например, при расчете t_1 , составляет 10,5 месяцев. Исходя из установленного ряда, назначаем межповерочный интервал равный 9 месяцам.

4.8 Рассчитать статистическое значение вероятности безотказной работы \tilde{P}_t .

$$\tilde{P}_t = \frac{N_t - n_t}{N_t}, \quad (2)$$

где N_t – количество СИ однородной группы;

n_t – количество забракованных СИ по истечении 1 межповерочного интервала.

4.9 Определить потребность в корректировке назначенного межповерочного интервала, исходя из соотношения:

$$P_{доп} - 1,28\sqrt{P_{доп}(1 - P_{доп})/N_t} \leq \tilde{P}_t \leq P_{доп} + 1,28\sqrt{P_{доп}(1 - P_{доп})/N_t} \quad (3)$$

При выполнении этого соотношения межповерочный интервал оставляют неизменным.

Если P_t выходит за пределы полученных границ, то назначенный межповерочный интервал подлежит коррекции.

4.10 Рассчитать новый межповерочный интервал t_2 и назначить в соответствии с рекомендованным числовым рядом.

$$t_2 = C t_1; \quad (4)$$

где C - коэффициент коррекции.

Коэффициент C рассчитывается по формуле 5:

$$C = \frac{\ln P_{доп}}{\ln \tilde{P}_t} \quad (5)$$



5 ЗАДАНИЯ

5.1 Для выполнения «раздела 1» и «раздела 2» контрольной работы преподаватель назначает рабочее СИ из таблицы 1.

Таблица 1 – Наименование и характеристики СИ

№ п/п	Наименование СИ, тип	Метрологические характеристики		Нормативная документация. Технические условия, методики поверки
		Диапазон измерений	класс точности, погрешность	
1	Штангенциркуль ШЦ-I-125	0...125 мм	ПГ±0,1мм	ГОСТ 166-89, ГОСТ 8.113-85
2	Штангенциркуль ШЦ-II -250	0...250 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ 166-89, ГОСТ 8.113-85
3	Штангенрейсмас ШР-250	0...250 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ 164-90, МИ 2190-92
4	Штангенглубиномер ШГ-160	0...160 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ162-90, МИ 2196-92
5	Микрометр МК25	0...25 мм	ПГ±4,0мкм	ГОСТ 6507-90, МИ 782-85
6	Глубиномер микрометрический ГМ25	0...25 мм	ПГ±4,0мкм	ГОСТ7470-92, МИ 2018-89
7	Головка измерительная рычажно-зубчатая 2ИГ	±0,10 мм	до 30дел. ПГ±0,8мкм св.30дел ПГ±1,2мкм	ГОСТ 18833-73, МИ 2195 -92
8	Индикатор часового типа ИЧ-10	0...10 мм	ПГ±20мкм	ГОСТ 577-68, МИ 2192 -92



Проверка средств измерений

9	Скоба с отсчетным устройством СР25	0...25 мм	до 30дел. ПГ±0,001ммсв. 30дел ПГ±0,002мм	ГОСТ 11098-75, МИ 1919 -88
10	Нутромер индикаторный НИ50-100	50...100 мм	ПГ±0,010мм	ГОСТ 868-82, МИ 2194 -92
11	Угломер с нониусом типа 1-2	наружных углов от 0° до 180°	ПГ±2'	ГОСТ 5378-88, МИ 2131 -90
12	Люксметр типа Ю117	0,1...100000lx	кт 10 ПГ±10% от значения измеряемой освещенности	Тех. описание, ГОСТ 8.014-72
13	Манометр деформационный, электро-контактный ДМЭ	-0,1...250МПа	кт 1,5	ГОСТ 2405-88, МИ 2124-90
14	Мановакуумметр ДА	-100...150кПа	кт 1,5	ГОСТ 2405-88, МИ 2124-90
15	Амперметр постоянного тока М4273	0...150 мкА	кт 1,5	ТУ25-7504.135-97, ГОСТ 8.497-83
16	Амперметр электромагнитный Э8033	0...0,5 А	кт 2,5	ТУВ25-04.4087-84, ГОСТ 8.497-83
17	Амперметр электродинамический Д5078	0...1 А	кт 0,2	ТУ25-7516.015-86, ГОСТ 8.497-83
18	Вольтметр постоянного тока М4251	0...30 В	кт 1,5	ТУ25-7504.135-97, ГОСТ 8.497-83
19	Вольтметр электромагнитный Э8033	0...10 В	кт 2,5	ТУВ25-04.4087-84, ГОСТ 8.497-83



Поверка средств измерений

20	Вольтметр электродинамический Д5102	0...60 В	кт 0,1	ТУ25- 7516.010-86, ГОСТ 8.497-83
----	---	----------	--------	--

5.2 Данные для расчета межповерочного интервала выбираются студентом из таблицы 2.

Таблица 2 – Варианты задания

Наименование величины	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ_t (год ⁻¹)	1/6	1/7	1/8	1/9	1/6	1/7	1/8	1/9	1/6	1/9
$P_{\text{доп}}$	0,8 5	0,9	0,9 5	0,8 5	0,9 5	0,9 8	0,8 5	0,9	0,9 1	0,9 5
N_t (шт.)	50	50	60	60	80	80	90	90	100	100
n_t (шт.)	8	12	10	14	15	17	15	18	22	23

λ_t , N_t , n_t - последняя цифра шифра зачетной книжки;
 $P_{\text{доп}}$ - предпоследняя цифра шифра зачётной книжки.

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 8.016-81 Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла.
2. ГОСТ 8.022-91 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \times 10^{-16} \dots 30$ А.
3. ГОСТ 8.023-2003 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения.



Поверка средств измерений

4 ГОСТ 8.027-01 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.

5.ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

6. МИ 2060-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^6 \dots 50$ м и длин волн в диапазоне $0,2 \dots 50$ мкм.

7. Артемьев Б.Г., Лукашов Ю.Е. Поверка и калибровка средств измерений. - М.:ФГУП "Стандартинформ", 2006.-408 с.

8. МИ 2526-99 ГСИ. Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

«ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ»

Аннотация

Методические указания предназначены для проведения практических работ по дисциплине «Проверка средств измерений». Содержат методику решения задач и варианты индивидуальных заданий. Предназначены для студентов III курса специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»





ВВЕДЕНИЕ

Цель практических занятий состоит в закреплении и углублении теоретических знаний и приобретении навыков решения практических задач по теме «Поверочные схемы».

Задачи:

- ознакомиться с системой передачи размера единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений;
- изучить требования, предъявляемые к содержанию и построению государственных и локальных поверочных схем, научиться читать и строить поверочные схемы;
- научиться разрабатывать локальные поверочные схемы.

Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

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.

Передача размера единицы – приведение размера единицы ФВ, хранимой поверяемым средством измерения, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке (рис. 1).

Порядок передачи размера единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений обеспечивается иерархическими системами, в которых технические средства, расположенные в определенном порядке в соответствии с их точностью, участвуют в последовательной передаче размера единицы от эталона всем средствам измерений этой величины. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерения к менее точным (см. рис. 1).



Поверка средств измерений

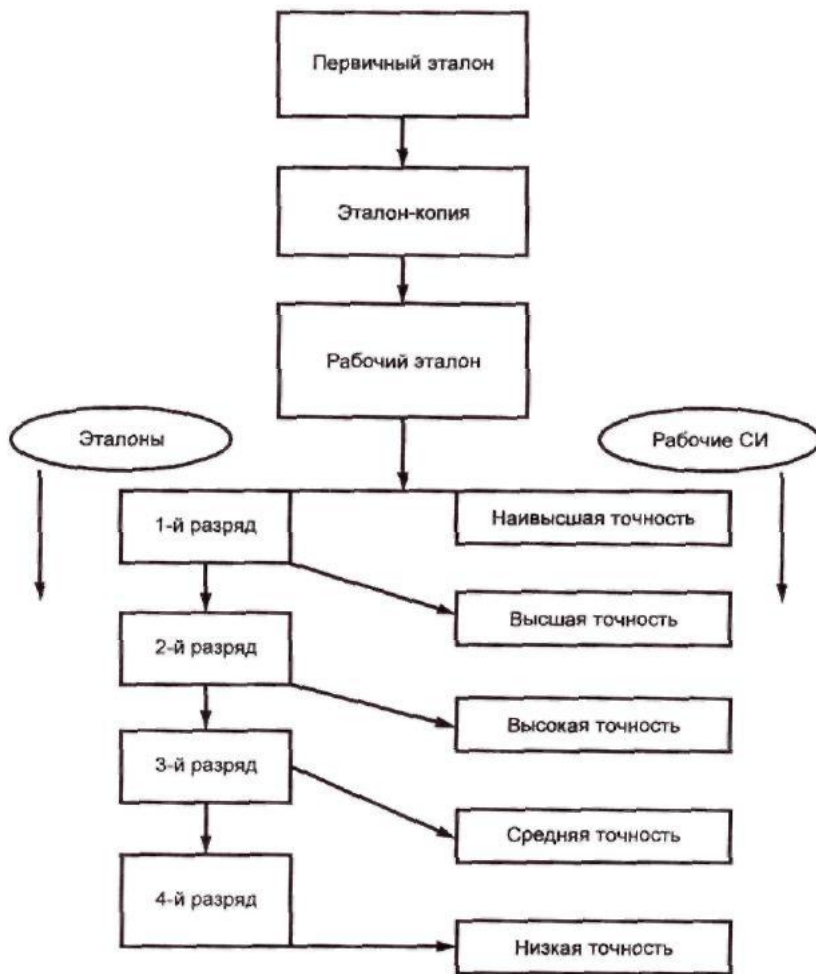


Рис. 1. Принципиальная схема передачи размеров единиц от эталонов рабочим средствам измерений

При ступенчатой передаче размеров единиц необходимо обеспечить оптимальные условия передачи значения единицы, свести к минимуму потери точности и установить оптимальное соотношение погрешностей эталона и поверяемого средства измерений. Только так будет достигнуто единство измерений.

Порядок передачи устанавливается документами специального вида, называемыми поверочными схемами.



1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ

1.1. Требования к содержанию государственных поверочных схем

Государственная поверочная схема распространяется на все средства измерений данной физической величины, применяемые в стране.

Государственные поверочные схемы для средств измерений отдельных физических величин разрабатываются в виде нормативной документации Государственной системы обеспечения единства измерений - ГОСТ или МИ и не должны противоречить международным поверочным схемам.

Разработку государственных поверочных схем для средств измерений физической величины осуществляет главный центр государственных эталонов, являющийся хранителем государственного эталона единицы этой величины.

Разработка государственной поверочной схемы должна сопровождаться научно-техническим обоснованием оптимальности ее структуры (виды вторичных эталонов, число разрядов рабочих эталонов и т. д.) с учетом оптимальных соотношений погрешностей поверяемого средства измерений и эталона.

Поверочные схемы оформляют в виде чертежа, в котором должны быть указаны наименования средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, допускаемые значения погрешности средств измерений, допускаемые значения погрешности методов поверки.

Форма выражения погрешности рабочих эталонов и рабочих средств измерений в одной поверочной схеме должна быть одинаковой.

Наименования средств измерений, их номинальные значения или диапазоны значений физических величин и значения погрешности, указываемые в поверочной схеме должны соответствовать:

- для государственных эталонов требованиям ГОСТ 8.372-80;
- для рабочих эталонов требованиям национальных стандартов на технические требования или свидетельствами об их метрологической аттестации;
- для рабочих средств измерений требованиям нормативной документации на технические условия.

Наименования и обозначения физических величин и их единиц указывают в соответствии с ГОСТ 8.417-2002.

1.2. Построение государственной поверочной схемы



Поверка средств измерений

Поверочную схему в НД оформляют в виде чертежа, на котором указывают наименование средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, допускаемые значения погрешностей средств измерений и методов поверки. Пояснительный текст к ней должен состоять из вводной части и объяснений к ее элементам, несущим дополнительную информацию.

Чертеж должен состоять из полей, расположенных друг под другом и разделенных штриховыми линиями, число которых зависит от структуры поверочной схемы. Поля должны иметь наименования, указываемые в левой части чертежа, отделенной вертикальной сплошной линией. В верхнем поле чертежа государственной поверочной схемы, возглавляемой государственным эталоном, указывают наименования государственных эталонов в порядке их соподчиненности.

Для средств измерений производных величин, единицы которых воспроизводят методом косвенных измерений, в верхнем поле чертежа указывают наименования рабочих эталонов, применяемых для воспроизведения данной единицы и заимствованных из других государственных поверочных схем. Наименования этих рабочих эталонов должны быть даны со ссылками на соответствующие поверочные схемы. Номинальные значения или диапазоны значений физических величин и значения погрешностей указывают над наименованиями государственных и рабочих эталонов. Под полем государственных эталонов располагают поле рабочих эталонов 1-го разряда и далее поля подчиненных рабочих эталонов.

В тех поверочных схемах, где должна быть показана передача размера единицы от рабочих эталонов, заимствованных из других поверочных схем, их наименования помещают в специально отведенном поле. Под наименованиями рабочих эталонов показывают диапазоны измерений и значения погрешностей средств измерений.

Поле рабочих средств измерений помещают под полем подчиненного рабочего эталона. Слева направо в порядке возрастания погрешности в нем располагают группы рабочих средств измерений, поверяемых по рабочим эталонам одного наименования. Для каждой группы указывают вид, диапазон измерений и значения погрешностей средств измерений.

На чертеже поверочной схемы наименование государственного эталона заключают в прямоугольник, образованный



Поверка средств измерений

двойной линией, а вторичные эталоны, рабочие эталоны и рабочие средства измерений – в прямоугольники, образованные одинарной линией. Наименование методов поверки помещают в горизонтальные овалы между наименованиями поверяемого средства измерений и эталоном.

2. ЛОКАЛЬНЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ СХЕМЫ

Различают государственные и локальные поверочные схемы.

Локальные поверочные схемы разрабатываются метрологическими службами юридических лиц, аккредитованными на право поверки, и распространяются на средства измерений, поверяемые внутри этих метрологических служб. Локальные поверочные схемы основываются на соответствующих государственных поверочных схемах, но могут быть составлены и при отсутствии таковых.

Локальные поверочные схемы должны содержать не менее двух ступеней передачи размера единицы физической величины.

В верхнем поле чертежа локальной поверочной схемы указывают наименование возглавляющего ее исходного эталона, а под ним располагают поля разрядных рабочих эталонов в порядке их соподчиненности и поле рабочих средств измерений. В локальной поверочной схеме могут указываться конкретные типы (экземпляры) эталонов и рабочих средств измерений с их метрологическими характеристиками.

Разряды эталонов в локальных поверочных схемах должны соответствовать разрядам, присвоенным этим эталонам в государственных поверочных схемах.

Пример 1. Требуется изобразить компоновку элементов для передачи размеров единиц от эталона 1 рабочему СИ 5 методом поверки 3 и рабочему СИ 6 методом поверки 4. Описанная схема приведена на рис. 3.



Проверка средств измерений

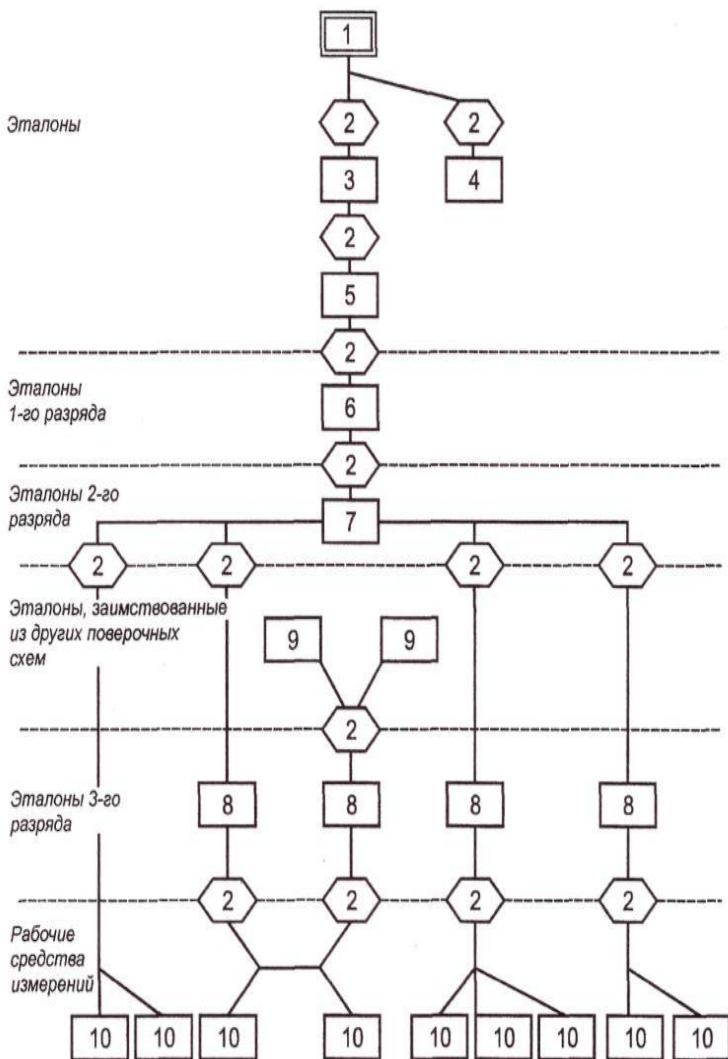


Рис. 2. Пример компоновки элементов государственной поверочной схемы: 1 – государственный эталон; 2 – метод передачи размера единиц; 3 – эталон-копия; 4 – эталон сравнения; 5 – рабочий эталон; 6-8 – эталоны соответствующих разрядов; 9 – эталоны, заимствованные из других поверочных схем; 10 – рабочие средства измерений



Поверка средств измерений

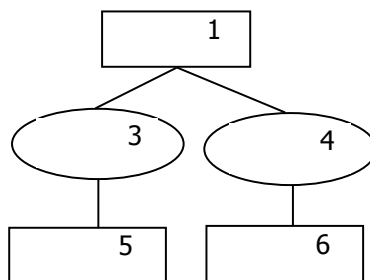


Рис. 3. Пример компоновки элементов

Пример 2. Построить локальную поверочную схему метрологической службы организации, имеющей право поверки штангенциркулей с пределом измерений до 250 мм и микрометров с пределом измерений до 100 мм.

Предложенные СИ предназначены для геометрических измерений и относятся к Государственной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^{-6} \dots 50$ м и длин волн в диапазоне 0,2...50 мкм.

Изучив государственную поверочную схему, выделим из нее фрагмент, соответствующий порядку передачи размера величины не менее двух ступеней для заданных рабочих СИ.

Проанализировав выбор разрядных эталонов и методов поверки, в выбранном фрагменте государственной поверочной схемы, исходя из соотношения абсолютных погрешностей, назначим эталоны и средства поверки.

Построим локальную поверочную схему для заданных рабочих СИ, указав в ней конкретные типы СИ, выбранные в качестве эталонов и средств поверки, а также методы поверки (рис. 4).



Поверка средств измерений

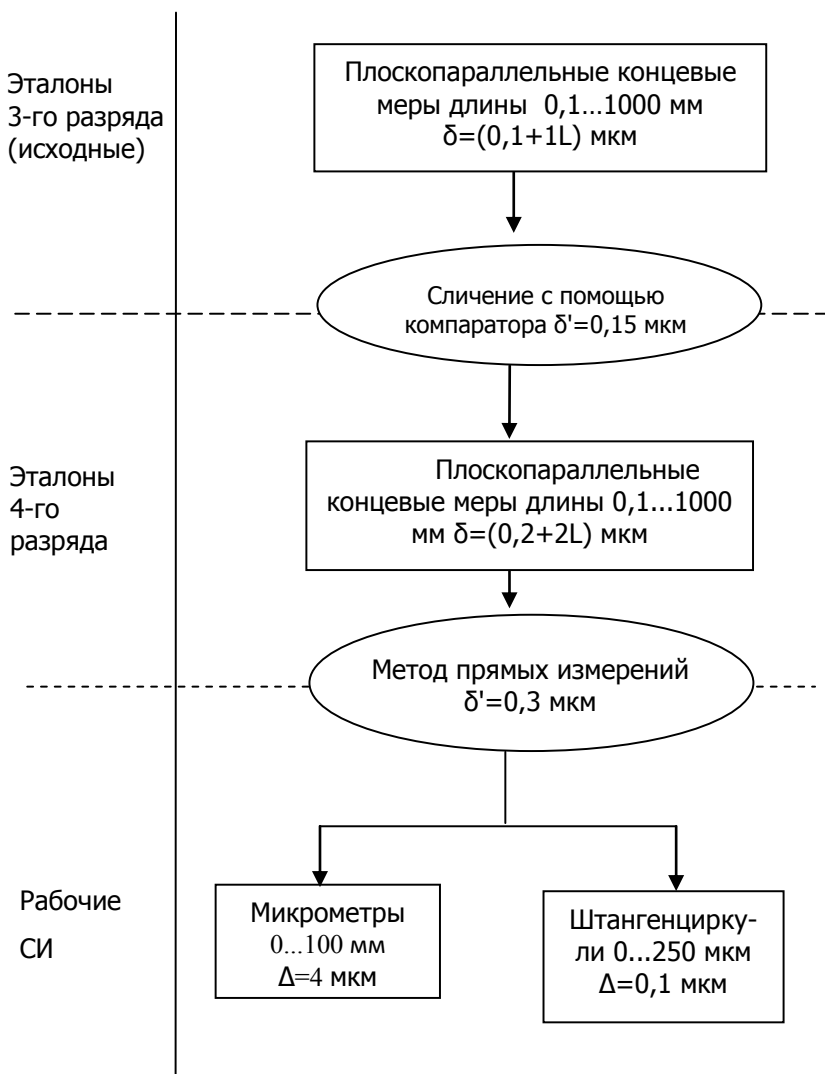


Рис. 4. Локальная поверочная схема

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание № 1

Изобразить компоновку элементов для передачи размеров единиц.

Варианты заданий:



Поверка средств измерений

- а) от эталона 1 рабочему СИ 5 методом поверки 3 и рабочему СИ 6 методом поверки 4;
- б) от эталона 1 методом 3 или от эталон 2 методом 4 рабочему СИ 5;
- в) от эталонов 1 и 2 единиц различных физических величин рабочим СИ 5 и 6 методом 3.

Задание № 2

Построить фрагмент поверочной схемы.

Варианты заданий:

- а) для рабочего средства измерений, если известно, что его можно поверить с помощью двух различных эталонных средств:
 - методом прямых измерений с помощью эталонного средства измерений 3-го разряда, поверяемого, в свою очередь, методом прямых измерений мер 2-го разряда;
 - методом прямых измерений мер 3-го разряда, поверяемых методом сличения с помощью компаратора с мерами 2-го разряда;
- б) для трех рабочих средств измерений различных уровней точности, если известно, что:
 - СИ высокой точности можно поверить методом прямых измерений с помощью мер 2-го разряда;
 - СИ средней точности можно поверить методом сличения с помощью компаратора с мерами 3-го разряда, поверяемыми методом сличения с помощью компаратора с мерами 2-го разряда;
 - СИ низкой точности можно поверить методом непосредственного сличения с мерами 4-го разряда, поверяемыми методом сличения с помощью компаратора с мерами 3-го разряда.

Рабочие средства измерений расположить слева направо в порядке убывания точности.

Задание № 3

Построить локальную поверочную схему метрологической службы предприятия для средств измерений геометрических величин в соответствии со списком СИ, предложенным преподавателем.

Локальная поверочная схема строится на основе государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^{-6} \dots 50$ м и длин волн в диапазоне 0,2...50 мкм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким путем обеспечивается единство измерений?
2. Каким образом обеспечивается порядок передачи размеров единиц физических величин от эталонов рабочим СИ?
5. Определить суть понятия "поверочная схема".
6. Виды поверочных схем.



Поверка средств измерений

7. Укажите минимальное число ступеней передачи размера единицы ФВ поверочной схемы.

8. В каком порядке располагаются поля поверочной схемы на ее чертеже?

9. Какие элементы поверочной схемы изображаются на ее чертеже в виде прямоугольников и овалов?

10. В каком порядке располагаются группы рабочих СИ, какие данные указываются для каждой группы в поле рабочих СИ чертежа поверочной схемы?

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

5. МИ 2060-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^{-6} \dots 50$ м и длин волн в диапазоне $0,2 \dots 50$ мкм.

6. Артемьев Б.Г. Поверка и калибровка средств измерений / Б.Г. Артемьев, Ю.Е. Лукашов. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2006. – 408 с.



КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Аннотация

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Проверка средств измерений». Содержат методику выполнения и варианты индивидуальных заданий. Предназначена для студентов 3 и 4 курсов специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»





1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1.1 Цель выполнения контрольной работы:

- закрепление и углубление знаний и навыков, полученных в процессе обучения по дисциплине «Проверка средств измерений»;
- получение дополнительной информации при самостоятельном изучении специальной и справочной литературы, руководящих нормативно-технических материалов;
- самостоятельное обоснование принятых решений и применяемых методов для проверки конкретного вида средств измерений;
- развитие навыков изложения изучаемого материала.

1.2 В соответствии с поставленной целью студенты должны выполнить следующие практические задачи:

- разработать локальную поверочную схему для заданного средства измерений (СИ);
- составить инструкцию по поверке для заданного СИ;
- рассчитать и назначить межповерочный интервал.

2 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

2.1 На основании самостоятельного изучения научно-технической литературы, технических и нормативных документов, конспектов лекций и проведенного анализа студент должен выполнить контрольную работу ориентировочно объемом 20 рукописных страниц.

Контрольная работа оформляется в отдельной тетради с титульным листом типового образца.

Текст работы выполняется в рукописном или машинописном принтерном вариантах на одной стороне листа формата А4 через полуторный межстрочный интервал, Слева и снизу должны быть оставлены поля шириной 2,5 см, сверху - 2 см, справа - 1 см. Страницы нумеруются в нижнем колонтитуле. Формулы допускается вписывать от руки, каждый символ поясняется.

Графический материал (схемы) выполняется на плотной бумаге формата А4.

2.2 Контрольная работа должна содержать титульный лист, техническое задание, и следующие разделы:

- введение;
- специальные разделы;
- заключение;
- список использованной литературы.

2.3 При выполнении контрольной работы студент должен свободно пользоваться компьютером. Рекомендуются следующие уровни применения информационных технологий:



Поверка средств измерений

- использование компьютера для написания и редактирования текста, схем, таблиц при оформлении и распечатке работы;
- использование поисковых, справочных систем и специализированных баз данных, размещенных в сети Интернет.

2.4 Задание для контрольной работы по специальным разделам 1 и 2 определяется преподавателем из примерного перечня СИ (данные для специального раздела 3 приведены в п.5).

3 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ

3.1 Во введении необходимо обосновать значимость поверки СИ и показать ее место и роль в системе передачи размеров единиц физических величин (объем – не более одной рукописной страницы).

3.2 В первом специальном разделе ("Локальная поверочная схема") необходимо осветить основные положения действующих нормативных документов, регламентирующих построение и содержание локальной поверочной схемы, привести назначение СИ, его метрологические характеристики, определить измеряемую данным прибором физическую величину и государственную поверочную схему для СИ данной физической величины. На основе анализа государственной поверочной схемы разработать локальную поверочную схему для заданного конкретного СИ в виде чертежа.

Чертеж локальной поверочной схемы должен содержать не менее двух ступеней передачи размера величины. На чертеже должны быть показаны: рабочее средство измерений и эталоны соответствующих разрядов с указанием их диапазонов и погрешностей измерений; наименования методов поверки с указанием их погрешностей.

В данной части работы должны быть приведены объяснения к элементам схемы и обоснования назначения эталонов и методов поверки. Объем – 30% от общего объема работы.

3.3 Во втором специальном разделе («Инструкция по поверке СИ») необходимо осветить основные положения действующих нормативных документов, регламентирующих требования к документации поверочной лаборатории. В данной части работы должны быть рассмотрены методы, средства, процедуры и операции поверки, регламентируемые государственными стандартами, методическими указаниями или инструкциями на поверку приборов данного типа. При изложении материала не следует воспроизводить текст нормативных документов, нужно лишь выделить и самостоятельно изложить основные особенности поверки приборов данного типа и описать разделы "Операции и средства поверки" и "Проведение повер-



Проверка средств измерений

ки" для заданного преподавателем конкретного рабочего СИ. (объем – 40 % от общего объема работы).

3.4 В третьем специальном разделе («Межповерочный интервал») следует описать способы определения межповерочных интервалов, рассчитать межповерочный интервал по показателю интенсивности отказов, назначить межповерочный интервал для однородной группы СИ. Рассчитать статистическое значение вероятности безотказной работы и оценить правильность назначения межповерочного интервала. При необходимости корректировки рассчитать новый межповерочный интервал и назначить в соответствии с рекомендованным числовым рядом (объем – 20 % от общего объема работы).

3.5 В заключении необходимо сформулировать основные выводы по результатам выполненной работы, дать оценку ее результативности для повышения собственного уровня знаний. Объем – не более 1/2 рукописной страницы.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАБОТЫ

4.1 На основании данных задания определить вид измерений и измеряемую физическую величину, для которой предназначено заданное СИ, и соответствующую государственную поверочную схему для заданного СИ.

4.2 Проанализировав государственную поверочную схему, выделить из нее фрагмент, соответствующий порядку передачи размера величины не менее двух ступеней для заданного рабочего СИ.

4.3 Проанализировать выбор разрядных эталонов и методов поверки, в выбранном фрагменте государственной поверочной схемы, исходя из соотношения абсолютных погрешностей.

4.4 Построить локальную поверочную схему для заданного рабочего СИ, указав в ней конкретные типы СИ, выбранные в качестве эталонов и средств поверки в соответствии с кодификатором СИ. Допускается использовать Указатель «Комплекты средств поверки».

4.5 Составить инструкцию по поверке заданного рабочего СИ (в эксплуатации), используя данные разработанной локальной поверочной схемы. Допускается использовать за основу документ, регламентирующий методику поверки для данного типа СИ.

4.6 Рассчитать межповерочный интервал по показателю интенсивности отказов λ_t по формуле:



Поверка средств измерений

$$t_1 = \frac{1}{\lambda} \ln P_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где t_1 – первый межповерочный интервал;
 λ_t – интенсивность отказов;
 $P_{\text{доп}}$ – допускаемая вероятность безотказной работы.

4.7 Назначить межповерочный интервал в месяцах, как ближайшее меньшее расчетного значения число, в соответствии со следующим рядом: 1; 1.5; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 18; 24.

Например, при расчете t_1 , составляет 10,5 месяцев. Исходя из установленного ряда, назначаем межповерочный интервал равный 9 месяцам.

4.8 Рассчитать статистическое значение вероятности безотказной работы \tilde{P}_t .

$$\tilde{P}_t = \frac{N_t - n_t}{N_t}, \quad (2)$$

где N_t – количество СИ однородной группы;

n_t – количество забракованных СИ по истечении 1 межповерочного интервала.

4.9 Определить потребность в корректировке назначенного межповерочного интервала, исходя из соотношения:

$$P_{\text{доп}} - 1,28\sqrt{P_{\text{доп}}(1 - P_{\text{доп}})/N_t} \leq \tilde{P}_t \leq P_{\text{доп}} + 1,28\sqrt{P_{\text{доп}}(1 - P_{\text{доп}})/N_t} \quad (3)$$

При выполнении этого соотношения межповерочный интервал оставляют неизменным.

Если P_t выходит за пределы полученных границ, то назначенный межповерочный интервал подлежит коррекции.

4.10 Рассчитать новый межповерочный интервал t_2 и назначить в соответствии с рекомендованным числовым рядом.

$$t_2 = C t_1; \quad (4)$$

где C - коэффициент коррекции.

Коэффициент C рассчитывается по формуле 5:

$$C = \frac{\ln P_{\text{доп}}}{\ln \tilde{P}_t} \quad (5)$$



5 ЗАДАНИЯ

5.1 Для выполнения «раздела 1» и «раздела 2» контрольной работы преподаватель назначает рабочее СИ из таблицы 1.

Таблица 1 – Наименование и характеристики СИ

№ п/п	Наименование СИ, тип	Метрологические характеристики		Нормативная документация. Технические условия, методики поверки
		Диапазон измерений	класс точности, погрешность	
1	Штангенциркуль ШЦ-I-125	0...125 мм	ПГ±0,1мм	ГОСТ 166-89, ГОСТ 8.113-85
2	Штангенциркуль ШЦ-II -250	0...250 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ 166-89, ГОСТ 8.113-85
3	Штангенрейсмас ШР-250	0...250 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ 164-90, МИ 2190-92
4	Штангенглубиномер ШГ-160	0...160 мм	ПГ±0,05мм	ГОСТ162-90, МИ 2196-92
5	Микрометр МК25	0...25 мм	ПГ±4,0мкм	ГОСТ 6507-90, МИ 782-85
6	Глубиномер микрометрический ГМ25	0...25 мм	ПГ±4,0мкм	ГОСТ7470-92, МИ 2018-89
7	Головка измерительная рычажно-зубчатая 2ИГ	±0,10 мм	до 30дел. ПГ±0,8мкм св.30дел ПГ±1,2мкм	ГОСТ 18833-73, МИ 2195 -92
8	Индикатор часового типа ИЧ-10	0...10 мм	ПГ±20мкм	ГОСТ 577-68, МИ 2192 -92



Проверка средств измерений

9	Скоба с отсчетным устройством СР25	0...25 мм	до 30дел. ПГ±0,001ммсв. 30дел ПГ±0,002мм	ГОСТ 11098-75, МИ 1919 -88
10	Нутромер индикаторный НИ50-100	50...100 мм	ПГ±0,010мм	ГОСТ 868-82, МИ 2194 -92
11	Угломер с нониусом типа 1-2	наружных углов от 0° до 180°	ПГ±2'	ГОСТ 5378-88, МИ 2131 -90
12	Люксметр типа Ю117	0,1...100000lx	кт 10 ПГ±10% от значения измеряемой освещенности	Тех. описание, ГОСТ 8.014-72
13	Манометр деформационный, электро-контактный ДМЭ	-0,1...250МПа	кт 1,5	ГОСТ 2405-88, МИ 2124-90
14	Мановакуумметр ДА	-100...150кПа	кт 1,5	ГОСТ 2405-88, МИ 2124-90
15	Амперметр постоянного тока М4273	0...150 мкА	кт 1,5	ТУ25-7504.135-97, ГОСТ 8.497-83
16	Амперметр электромагнитный Э8033	0...0,5 А	кт 2,5	ТУВ25-04.4087-84, ГОСТ 8.497-83
17	Амперметр электродинамический Д5078	0...1 А	кт 0,2	ТУ25-7516.015-86, ГОСТ 8.497-83
18	Вольтметр постоянного тока М4251	0...30 В	кт 1,5	ТУ25-7504.135-97, ГОСТ 8.497-83
19	Вольтметр электромагнитный Э8033	0...10 В	кт 2,5	ТУВ25-04.4087-84, ГОСТ 8.497-83



Поверка средств измерений

20	Вольтметр электродинамический Д5102	0...60 В	кт 0,1	ТУ25- 7516.010-86, ГОСТ 8.497-83
----	---	----------	--------	--

5.2 Данные для расчета межповерочного интервала выбираются студентом из таблицы 2.

Таблица 2 – Варианты задания

Наименование величины	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ_t (год ⁻¹)	1/6	1/7	1/8	1/9	1/6	1/7	1/8	1/9	1/6	1/9
$P_{доп}$	0,8 5	0,9	0,9 5	0,8 5	0,9 5	0,9 8	0,8 5	0,9	0,9 1	0,9 5
N_t (шт.)	50	50	60	60	80	80	90	90	100	100
n_t (шт.)	8	12	10	14	15	17	15	18	22	23

λ_t , N_t , n_t - последняя цифра шифра зачетной книжки;
 $P_{доп}$ - предпоследняя цифра шифра зачётной книжки.

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 8.016-81 Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла.
2. ГОСТ 8.022-91 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \times 10^{-16} \dots 30$ А.
3. ГОСТ 8. 023-2003 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения.



Поверка средств измерений

4 ГОСТ 8.027-01 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.

5.ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.

6. МИ 2060-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^6 \dots 50$ м и длин волн в диапазоне $0,2 \dots 50$ мкм.

7. Артемьев Б.Г., Лукашов Ю.Е. Поверка и калибровка средств измерений. - М.:ФГУП "Стандартинформ", 2006.-408 с.

8. МИ 2526-99 ГСИ. Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения.