

Поверка и калибровка средств измерений.

Практикум для лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

Поверка и калибровка средств измерений. Практикум для лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»: Практикум / Сост. А.А. Сизова, С.А. Бехер. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. - 48 с.

Рассмотрены цели и основные положения закона «Об обеспечении единства измерений» в области поверки и калибровки средств измерений, метрологические характеристики и процедура поверки средств измерений. Приведены практические задания, необходимые для выполнения лабораторных работ по поверке и калибровке средств измерений электрических, механических и линейно-угловых величин.

Предназначены для студентов специальностей 200503 «Стандартизация и сертификация» при изучении дисциплин «Общая теория измерений», «Метрология, стандартизация и сертификация» и специальностей 230201 «Информационные системы и технологии», 270102 «Промышленное и гражданское строительство», 270112 «Водоснабжение и водоотведение», 270201 «Мосты и транспортные тоннели», 270204 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы», 280102 «Безопасность технологических процессов и производств», 280302 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Рассмотрен и рекомендован к печати на заседании кафедры «Электротехника, диагностика и сертификация».

Ответственный редактор
проф., д-р техн. наук *Л.Н. Степанова*

Рецензент
доцент кафедры «_____» СГУПСа _____

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	5
1.1 Метрологические характеристики СИ	8
1.2 Поверка средств измерений	12
Лабораторная работа № 1 ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ	14
Лабораторная работа № 2 ПОВЕРКА ВЕСОВ	21
Лабораторная работа № 3 ПОВЕРКА МАНОМЕТРА	28
Лабораторная работа № 4 ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА	35
Лабораторная работа № 5 ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ВОЛЬТМЕТРОВ	40
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	47

ВВЕДЕНИЕ

Практикум является учебным неперiodическим изданием и предназначен для самостоятельной работы студентов и выполнению лабораторных работ на практических занятиях по дисциплинам:

- «Общая теория измерений» со студентами специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»;
- «Метрология, стандартизация и сертификация» со студентами специальности 200503 «Стандартизация и сертификация»;
- «Метрология, стандартизация и сертификация» со студентами других специальностей.

Практикум необходимо использовать вместе с лекциями, учебниками для вузов и нормативной документацией. Списки рекомендуемой литературы приведены в конце издания.

Практикум содержит теоретические сведения и практические задания, необходимые для проведения лабораторных работ по теме поверка средств измерения. Лабораторные работы состоят из шести частей:

- определение условий проведения поверки;
- внешний осмотр средства измерений линейно-угловых, электрических или механических величин по выбору преподавателя;
- проверка работоспособности средства измерений;
- проведение измерений линейно-угловых, электрических или механических величин;
- обработка результатов измерений и оценка основной погрешности средства измерений;
- подготовка к защите в процессе работы с контрольными вопросами.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным законодательным актом, регулирующим отношения в области метрологии, является Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (далее Закон). Закон принят в целях:

- 1) установление правовых основ обеспечения единства измерений в РФ;
- 2) защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- 3) обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;

- 4) содействие развитию экономики РФ и научно-техническому прогрессу.

Под *единством измерений* понимают состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в РФ единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы. Для обеспечения единства измерений необходимо не только применение узаконенных единиц величин, но и важно, чтобы размер единиц был одинаковым. Для этого следует воспроизводить единицы с максимально возможной точностью с помощью эталонов, хранить единицу в состоянии, обеспечивающем неизменность размера во времени, и регулярно передавать размер единицы всем другим средствам измерений, програвированным в этой единице.

Возникает необходимость создания таких иерархических систем, 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. Порядок передачи устанавливается документами специального вида, называемыми поверочными схемами (рисунок 1).

Поверочная схема - утвержденный документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от эталона рабочим средствам измерений.

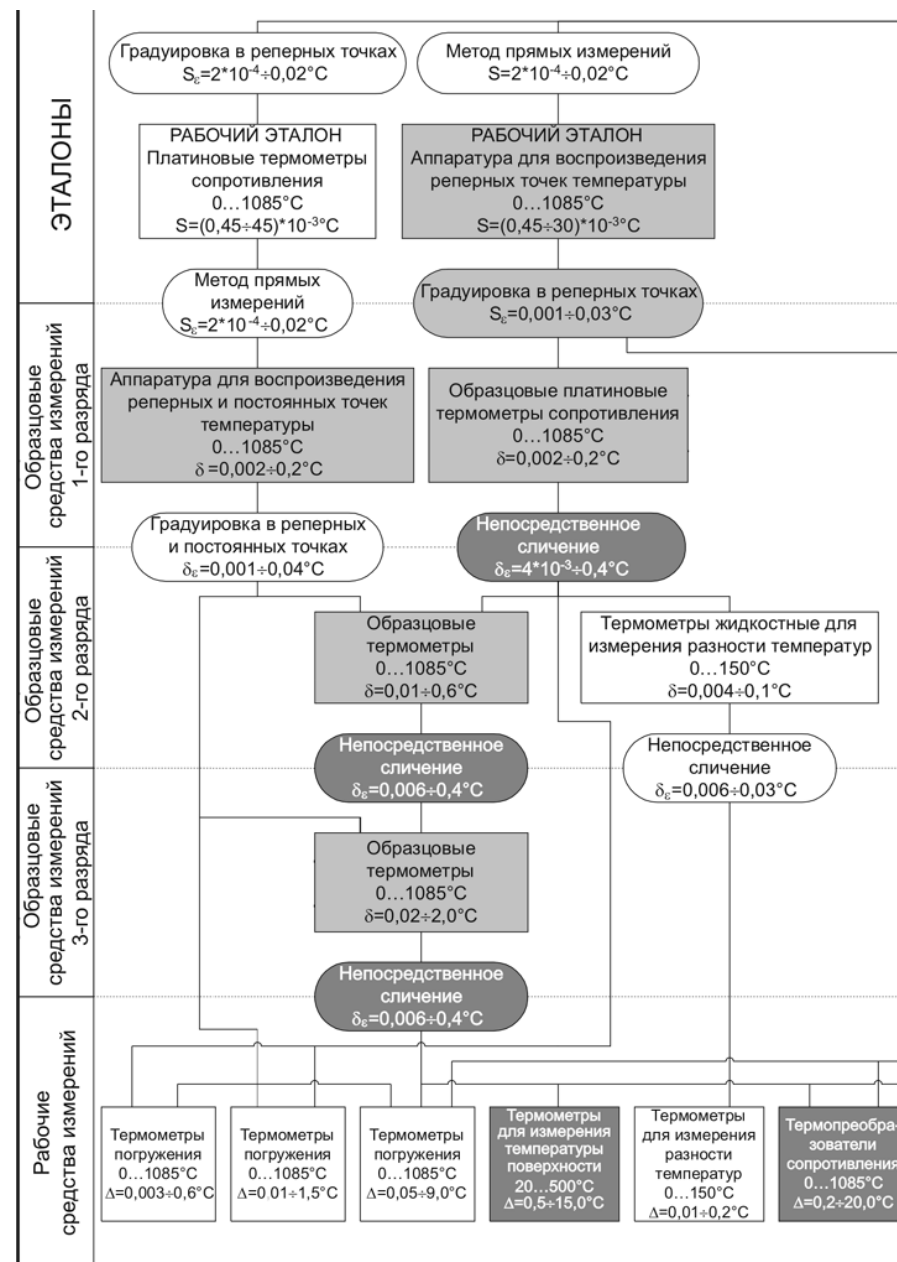


Рисунок 1 – Фрагмент поверочной схемы средств измерений температуры

Основной метрологической операцией при передаче размеров единиц величин является поверка средств измерений. *Поверка средств измерений* - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

В соответствии с Законом, 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. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений установлена Законом в статье 1 пункте 3.

Средства измерений (СИ), которые не предназначены для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений не подлежат государственному надзору. Юридические и физические лица (владельцы СИ) сами устанавливают систему поддержания их в работоспособном состоянии. Законом предлагается на добровольной основе поверка [1 ст.13] и калибровка СИ [1 ст.18]. *Калибровка СИ* - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик СИ.

Калибровочная лаборатория по заявке (договору) заказчика определяет и подтверждает сертификатом о калибровке действительные значения метрологических характеристик СИ на данный момент времени. При этом калибровочная лаборатория не делает никакого вывода о пригодности прибора. Установленные характеристики могут отличаться от паспортных и только в компетенции заказчика определить, в каких условиях и для каких целей можно использовать данное СИ.

При поверке же, СИ признается пригодным, если действительные значения его метрологических характеристик соответствуют ранее установленным техническим требованиям. Вывод о пригодности СИ в этом случае делает лаборатория, проводившая поверку.

Таким образом, калибровка отличается от поверки, так как калибровка по своему техническому содержанию может быть шире или уже, чем поверка, в зависимости от конкретных требований заказчика. Кроме того, результаты периодической поверки действительны в течение межповерочного интервала (МПИ), который уста-

навливается при утверждении типа СИ. Результаты калибровки действительны только на момент калибровки, а решение о дальнейшей эксплуатации и установлении межкалибровочного интервала принимает лицо, эксплуатирующее СИ.

1.1 Метрологические характеристики СИ

Средство измерения (СИ) – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и/или хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным в течение известного интервала времени.

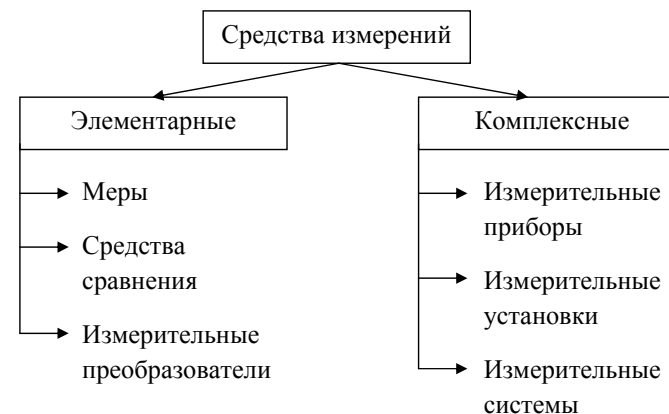


Рисунок 2 – Классификация средств измерений

Меры – устройства, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью (однозначные – гиря, многозначные – штриховая мера длины – линейка, набор мер – набор гирь).

Средство сравнения – техническое средство или специально создаваемая среда, посредством которых возможно выполнять сравнения друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов (рычажные весы, на одну чашку которых устанавливается эталонная гиря, а на другую поверяемая, - есть средство для их сравнения).

Измерительный преобразователь – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой

величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи (термопара в термоэлектрическом термометре, измерительный трансформатор тока).

Измерительный прибор – СИ, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне (электронные весы, стрелочный вольтметр).

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте (установка для поверки вольтметров, силоизмерительная машина).

Измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях (измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках, она может содержать сотни измерительных каналов).

Метрологические свойства СИ – это свойства СИ, оказывающие влияние на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются *метрологическими характеристиками* (МХ). Значения МХ, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называются *нормированные*, а определяемые экспериментально – *действительные*.

Все метрологические характеристики СИ классифицируют по группам [2]:

- 1) предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки);
- 2) предназначенные для определения погрешностей СИ;
- 3) характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам;

4) динамические характеристики СИ:

5) характеристики СИ, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия СИ с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов (таких как объект измерений, средство измерений и т.п.);

6) неинформативные параметры выходного сигнала СИ.

К основным МХ, определяющим свойства первой группы, относятся:

– *диапазон измерений* - область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ. Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно *нижним пределом измерений* и *верхним пределом измерений*;

– *цена деления шкалы* - разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы СИ;

– *порог чувствительности* - наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством. Например, если самое незначительное изменение массы, которое вызывает перемещение стрелки весов, составляет 10 мг, то порог чувствительности весов равен 10 мг.

Точность измерений - степень близости результатов измерения к истинному (действительному) значению измеряемой величины. Данное свойство СИ используется для качественного сравнения средств измерений. Для количественной оценки используется понятие «погрешность СИ». Чем меньше разница между истинным (действительным) значением измеряемой величины и результатом измерения (т.е. чем меньше погрешность), тем выше точность.

Погрешность СИ – это разность между показаниями СИ и истинным (действительным) значением измеряемой величины. Поскольку истинное значение физической величины неизвестно, то на практике пользуются ее действительным значением.

Погрешность измерения, обусловленная погрешностью применяемого СИ, называется *инструментальной*.

Инструментальная погрешность СИ находится на основании сравнения поверяемого СИ с эталоном единицы величины или СИ более высокого класса точности. *Эталон единицы величины* - техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

Пригодность СИ к применению подтверждается, если соблюдается неравенство:

$$|\Delta_m| \leq |\Delta_p|, \quad (1)$$

где $|\Delta_m|$ - максимальная во всем диапазоне измерений погрешность поверяемого СИ; $|\Delta_p|$ - предел допускаемой основной погрешности для данного типа СИ, регламентированный нормативными документами.

Если установленные нормы нарушены, СИ изымается из эксплуатации и отправляется в ремонт.

Класс точности СИ – обобщенная характеристика, выражаемая пределами допускаемых (основной и дополнительной) погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Общие положения, способы нормирования и обозначение классов точности СИ установлены ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования».

Основная погрешность СИ – погрешность, определяемая в нормальных условиях применения СИ.

Дополнительная погрешность СИ – составляющая погрешности СИ, дополнительно возникающая вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин (температуры, относительной влажности, напряжения сети переменного тока и пр.) от ее нормального значения.

Обычно МХ СИ нормируют отдельно для нормальных и рабочих условий применения СИ. Нормальными считают условия, при которых изменением характеристик под воздействием внешних факторов пренебрегать. Так, для многих типов СИ нормальными условиями применения являются температура (293 ± 5) К,

атмосферное давление (100 ± 4) кПа, относительная влажность (65 ± 15) %, электрическое напряжение в сети питания $220 \text{ В} \pm 10 \%$. Рабочие условия отличаются от нормальных более широкими диапазонами изменения влияющих величин. И те и другие МХ указываются в нормативной документации на СИ.

Класс точности СИ устанавливается в стандартах или технических условиях. СИ может иметь два или более класса точности при наличии у него двух или более диапазонов измерений одной и той же физической величины, либо при измерении нескольких физических величин [3].

Класс точности присваивается при разработке СИ. В связи с тем, что при эксплуатации метрологические характеристики СИ обычно ухудшаются, допускается понижать класс точности по результатам поверки (калибровки).

Важным при поверке является выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями эталонного и поверяемого СИ. Это соотношение должно быть достаточно высоким (1:10). Но в большинстве случаев достигнуть столь существенного «разрыва погрешностей» не удастся, да и не во всех случаях имеется такая необходимость. Считается достаточным, если удастся достигнуть соотношения погрешностей 1:5; 1:4; 1:3.

1.2 Поверка средств измерений

Поверку СИ осуществляют юридические лица и индивидуальные предприниматели, аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений.

Требования к организации и проведению поверки СИ на территории РФ устанавливает нормативный документ ПР 50.2.006 «Порядок проведения поверки СИ».

В большинстве случаев поверка состоит из следующих операций, совершаемых со средством измерения:

- *внешний осмотр*, при котором проверяют комплектность документации, наличие всех необходимых деталей и элементов, клейм, знаков; отсутствие внешних дефектов и так далее;

- *проверка работоспособности*, проводится для всех элементов СИ и на всех режимах;

- *экспериментальное определение метрологических характеристик СИ с целью установления их соответствия установленным в нормативной и технической документации требованиям и нормам.*

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, применяющие СИ в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, обязаны своевременно представлять эти СИ на поверку.

СИ подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционной поверкам. *Первичная поверка* проводится до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта СИ. *Периодическая поверка* выполняется через установленные интервалы времени (межповерочные интервалы, установленные с расчётом обеспечения пригодности к применению СИ на период между поверками), чаще всего – один раз в год, но не реже одного раза в пять лет. Ей подвергаются СИ, находящиеся в эксплуатации. *Внеочередную поверку* проводят при эксплуатации (хранении) СИ в следующих случаях: повреждение знака поверительного клейма, утрата свидетельства о поверке; ввода в эксплуатацию СИ после длительного хранения (более одного межповерочного интервала); проведение повторной настройки при неудовлетворительной работе прибора, известном или предполагаемом ударном воздействии на СИ. *Инспекционную поверку* производят для выявления пригодности к применению СИ при осуществлении государственного метрологического надзора [4].

Лабораторная работа № 1 ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ

1 Цель работы: выполнить поверку штангенциркуля, сделать вывод о его пригодности для измерений.

2 Решаемые задачи

2.1 Определить порядок и условия проведения поверки, изучив нормативно-техническую документацию;

2.2 Провести внешний осмотр;

2.3 Провести опробование;

2.4 Определить метрологические характеристики;

2.5 Оформить результаты поверки.

3 Приборы

3.1 Поверяемые средства: штангенциркуль;

3.2 Средства поверки:

3.2.1 Микрометр МК-25-2 ГОСТ 6507;

3.2.2 Металлическая измерительная линейка ГОСТ 427;

3.2.3 Плоскопараллельные концевые меры длины ГОСТ 9038;

3.2.4 Ролик ГОСТ 2475;

3.2.5 Плоская стеклянная пластина ГОСТ 2923.

3.3 Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Определите основные метрологические характеристики по нормативно-технической документации на приборы и на самих приборах и занесите в таблицу 1.

4 Нормативно-техническая документация

4.1 ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия;

4.2 ГОСТ 8.113-85 ГСИ. Штангенциркули. Методика поверки;

4.3 Штангенциркуль. Паспорт.

Таблица 1 - Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Характеристика	Штангенциркуль	Микрометр	Измерительная линейка	Плоскопараллельные концевые меры длины
Диапазон измерения, мм				значения меры:
Цена деления, мм				
Предел допускаемой погрешности, мм				
Класс точности				

5 Условия поверки и подготовка к ней

Условия поверки должны соответствовать условиям, установленным в ГОСТ 8.113 п.2.

Определите условия в аудитории и сделайте вывод о возможности проведения поверки штангенциркуля в данных условиях. Подготовьте штангенциркуль к проведению поверки в соответствии с ГОСТ 8.113 п.2.

6 Порядок выполнения поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166 п.2.25 и п.2.26 в части отчетливости и правильности оцифровки штрихов шкал, комплектности и маркировки;
- наличие зажимного устройства для зажима рамки, шкал на штанге и рамке (ГОСТ 8.113 п.3.1).

Не допускаются:

- заметные при визуальном осмотре дефекты, ухудшающие эксплуатационные качества и препятствующие отсчету показаний;
- перекос края нониуса к штрихам шкалы штанги, препятствующий отсчету показаний.

Отразите в протоколе соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166 п.2.25 и п.2.26, а также ГОСТ 8.113 п.3.1.

6.2 Опробование

При опробовании проверяют:

- плавность перемещения рамки вместе с устройством тонкой настройки рамки;
- возможность продольного регулирования нониуса;
- отсутствие перемещения рамки под действием собственной массы;
- возможность зажима рамки в любом положении в пределах диапазона измерения;
- нахождение рамки с нониусом по всей ее длине на штанге при измерении размеров, равных верхнему пределу измерения;
- отсутствие продольных царапин на шкале штанги при перемещении по ней рамки (визуально).

Отразите в протоколе работоспособность штангенциркуля и соблюдение требований ГОСТ 8.113 п.3.2.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Длину вылета губок определяют при помощи металлической измерительной линейки. Длина вылета губок должна соответствовать значениям, установленным в ГОСТ 166 п.1.5. Допускается уменьшение длины вылета губок до 30 мм и уменьшение длины губок для внутренних измерений на $\frac{1}{4}$ их длины по сравнению со значениями, приведенными в ГОСТ 166 п.1.5.

Отразите в протоколе результаты измерения длины вылета губок в виде таблицы 3.

Таблица 3 - Результаты измерения длины вылета губок

Характеристика	Измеренное значение	Нормативное значение по ГОСТ 166 п. 1.5	Вывод (соответствует / не соответствует)
1 Длина вылета губок для измерения наружных размеров l , мм			
2 Длина вылета губок для измерения внутренних размеров l_i , мм			

6.3.2 Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров определяют при помощи концевых мер длины и ролика (ГОСТ 166 п.3.3.6 черт. 2) при трех положениях подвижной губки, близких к пределам измерений и середине диапазона измерения штангенциркуля.

За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок принимают наибольшую разность измеренных расстояний при каждом положении подвижной губки, которая не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.6.

Отразите в протоколе результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров, заполнив таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров

Положение подвижной губки	Номер измерения i	Результат измерения a_i , мм	Отклонение Δa_i , мм	Нормативное значение Δa_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6)	Вывод
Близко к нижнему пределу измерения	1		$\Delta a_I = a_1 - a_2$		
	2				
В середине диапазона измерения	3		$\Delta a_{II} = a_3 - a_4$		
	4				
Близко к верхнему пределу измерения	5		$\Delta a_{III} = a_5 - a_6$		
	6				

6.3.3 Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и расстояние между ними определяют гладким микрометром при затянутом зажиме рамки. Штангенциркуль устанавливают на размер 10 мм по концевой мере длиной 10 мм. Микрометром измеряют расстояние между измерительными поверхностями губок в двух или трех сечениях по длине губок. Разность расстояний равна отклонению от параллельности измерительных поверхностей и не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.6.

Отразите в протоколе результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения внутренних размеров, заполнив таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения внутренних размеров

Номер измерения i	Результат измерения b_i , мм	Отклонение $\Delta b = b_1 - b_2$, мм	Нормативное значение Δb_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6)	Вывод
1				
2				

6.3.4 Погрешность штангенциркулей типа ШЦ-I при измерении глубины определяют по концевым мерам длиной 30 мм. Две концевые меры устанавливают на плоскую стеклянную пластину или поверочную плиту. Торцы штанги прижимают к измерительным поверхностям концевых мер. Линейку глубиномера перемещают до соприкосновения с плоскостью стекла или плиты и производят отсчет. Погрешность штангенциркуля при измерении глубины не должна превышать значения, установленного в ГОСТ 166 п. 2.4.

Отразите в протоколе результаты определения погрешности штангенциркуля при измерении глубины, заполнив таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты определения погрешности при измерении глубины

Результат измерения h , мм	Эталонное значение h_m , мм	Погрешность $\Delta h = h - h_m$, мм	Нормативное значение Δh_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.4)	Вывод

6.3.5 Погрешность штангенциркулей определяют по концевым мерам длины. Блок концевых мер длины помещают между измерительными поверхностями губок штангенциркуля. Усилие сдвигания губок должно обеспечивать нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер длины при отпущенном стопорном винте рамки. Длинное ребро измерительной поверхности губки должно быть перпендикулярно к длинному ребру концевой меры длины и находиться в середине измерительной поверхности.

В одной из поверяемых точек погрешность определяют при зажатом стопорном винте рамки, при этом должно сохраняться нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер.

У штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, погрешность определяют в трех точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса.

Погрешность для каждой пары губок не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.3.

Отразите в протоколе результаты определения погрешности штангенциркуля, заполнив таблицу 7.

Таблица 8 - Результаты определения погрешности

Положение подвижной губки	Номер измерения i	Результат измерения c_i , мм	Эталонное значение c_N , мм	Погрешность $\Delta c_i = c_i - c_N$, мм	Нормативное значение Δc_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6)	Вывод
Близко к нижнему пределу измерения	1					
В середине диапазона измерения	2					
Близко к верхнему пределу измерения	3					

6.3.6 Проверяют нулевую установку штангенциркуля. Для штангенциркулей типа ШЦ-I при сдвинутых до соприкосновения губках смещение штриха нониуса должно быть в плюсовую сторону. Смещение нулевого штриха определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. При этом показание штангенциркуля должно быть не более 1,1 мм (ГОСТ 8.113 п.3.3.11).

Отразите в протоколе результаты проверки нулевой установки штангенциркуля, заполнив таблицу 8; укажите, есть ли смещение нулевого штриха нониуса,

если есть, то в какую сторону (положительную/отрицательную) относительно нулевого штриха шкалы штанги.

Таблица 8 - Проверка нулевой установки

Номер измерения i	Результат измерения e_i , мм	Эталонное значение e_m , мм	Нормативное значение e_N , мм ГОСТ 8.113 п.3.3.11	Вывод
1				
2				
3				

7 Оформление результатов поверки

Отразите в выводах:

На основании проведенной поверки штангенциркуль (обозначение штангенциркуля) № (заводской номер) , изготовленный (производитель штангенциркуля) пригоден/не пригоден для применения.

Лабораторная работа № 2

ПОВЕРКА ВЕСОВ

1 Цель работы: выполнить поверку весов, сделать вывод об их пригодности для измерений.

2 Решаемые задачи

2.1 Определить порядок и условия проведения поверки, изучив нормативно-техническую документацию

2.2 Провести внешний осмотр

2.3 Выполнить опробование

2.4 Определить метрологические параметры

2.5 Оформить результаты поверки

3 Приборы

3.1 Поверяемые средства: весы платформенные передвижные ВСП-2/0.5-1

3.2 Средства поверки: набор гирь М1 по ГОСТ 7328

3.3 Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Определите основные метрологические характеристики по нормативно-технической документации на приборы и на самих приборах и занесите в таблицу 9.

Таблица 9 - Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Характеристика	Весы ВСП-2/0.5-1	Набор гирь
НмПВ (наименьший предел взвешивания), г НПВ (наибольший предел взвешивания), г		Значения меры:
Цена поверочного деления e , г		
Предел допускаемой погрешности Δ_{\max} , г		
Класс точности		

4 Нормативно-техническая документация:

4.1 ГОСТ 29329-92. Весы для статического взвешивания. Общие технические требования.

4.2 ГОСТ 8.453-82. Весы для статического взвешивания. Методы и средства поверки.

4.3 Руководство по эксплуатации весов (РЭ)

5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 Условия поверки должны соответствовать установленным в ГОСТ 29329 при отсутствии атмосферных осадков и скорости ветра не более 5 м/с.

5.2 Электромеханические весы должны быть выдержаны при заданной температуре в соответствии с ГОСТ 8.453.

Определите условия в аудитории и сделайте вывод о возможности проведения поверки весов в данных условиях (ГОСТ 29329 п.2.8.1). Подготовьте весы к проведению поверки в соответствии с ГОСТ 8.453 п.2.

6 Порядок выполнения поверки

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре собранных весов должно быть установлено наличие основных обозначений по ГОСТ 29329.

Отразите в протоколе соответствие весов требованиям ГОСТ 29329 п.2.12.1.

6.1.2 Основные обозначения должны быть четкими, хорошо видимыми и должны быть выполнены на табличке, постоянно закрепленной на весах, или непосредственно на весах.

Отразите в протоколе характер основных обозначений: четкие/нечеткие, хорошо/плохо видимы, выполнены на табличке/непосредственно на весах.

6.1.3 Отсутствие механических повреждений.

Отразите в протоколе наличие или отсутствие механических повреждений весов.

6.2 Опробование

При опробовании собранных весов проверяют взаимодействие их частей, устройств тарирования, аппаратуры управления, измерения и индикации. Весы с различными режимами работы опробуют при всех режимах.

Отразите в протоколе работоспособность органов управления, аппаратуры индикации и режимов работы, заполнив таблицу 10.

Таблица 10 – Работоспособность органов управления, аппаратуры индикации и режимов работы

№ измерения	Наименование	Работоспособность (раб/ не раб.)
1	Кнопка ВКЛ/ТАРА	
2	Кнопка Ф	
3	Кнопка ВЫКЛ	
4	Дисплей	
5	Режим установок	
6	Автоматическое отключение	
7	Выбор единиц измерения (граммы, унции, караты)	
8	Счетный режим работы	
7	Режим тарирования	

6.3 Определение метрологических параметров

Метрологические параметры определяют на собранных весах. При этом определяют непостоянство показаний ненагруженных весов, независимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве, чувствительность и погрешность показаний нагруженных весов. Метрологические параметры определяют методом непосредственной оценки при помощи образцовых гирь 4-го разряда.

6.3.1 Непостоянство показаний ненагруженных весов определяют перед определением других метрологических параметров нагруженных весов. При определении непостоянства показаний ненагруженных весов на грузоприемное устройство помещают гири-допуски массой, равной при эксплуатации $1e$ (e – цена поверочного деления) и регулятором "нуля" или тары устанавливают весы в нулевое по-

ложение (положение равновесия). Непостоянство показаний определяют для настольных весов и рычажных безменов при выведении их из положения равновесия нажатием рукой на грузоприемную площадку весов с определением и регистрацией массы.

В случае невозвращения указателя отсчетного устройства в нулевое положение (положение равновесия) необходимо снять или положить на грузоприемное устройство гири-допуски. Непостоянство показаний ненагруженных весов не должно превышать значений $\pm 1e$.

Отразите в протоколе непостоянство показаний ненагруженных весов, заполнив таблицу 11.

Таблица 11 – Непостоянство показания ненагруженных весов

№ измерения	Масса начальной гири допуска, кг	Измеряемая масса, при нажатии рукой, кг	Масса гирь-допуска для компенсации непостоянства измерений (+ добавлена/ – убрана), кг
1			
2			
3			
4			
5			

6.3.2 Независимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве проверяют при нагружении весов образцовыми гирями массой, соответствующей 10% НПВ. Образцовые гири размещают на настольных весах с одной площадкой - в центре, а затем по ее углам. Погрешность каждого из показаний весов при различном расположении образцовых гирь на грузоприемном устройстве не должна превышать предела допускаемой погрешности, установленной в ГОСТ 29329 п.2.3.1.

Отразите в протоколе зависимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве, заполнив таблицу 12.

Таблица 12 – Независимость показания весов от положения груза

№ изме- рения	Масса образцо- вой гири Q , кг	Результат измерения X , кг	Абсолютная по- грешность измере- ния $\Delta = Q - X$, кг	Предел допускаемой погрешности Δ_{\max} , кг
1				
2				
3				
4				
5				

6.3.3 Погрешность нагруженных электромеханических весов определяют при увеличении и при уменьшении нагрузками, равными десяти значениям массы, равномерно распределенным во всем диапазоне взвешивания, включая НмПВ, 500e, 2000e и НПВ (для весов среднего класса точности).

Погрешность весов не должна превышать предела допускаемой погрешности, установленной в ГОСТ 29329 п.2.3.1.

Отразите в протоколе погрешность показаний нагруженных весов, заполнив таблицу 13.

6.3.4 Чувствительность весов определяют не менее, чем при трех значениях нагрузки, включая НмПВ и НПВ, путем помещения на грузоприемное устройство или снятия с него гири-допусков, равных по массе от 0,5e до 1,4e. Чувствительность весов во всем диапазоне взвешивания не должна превышать 1,2e.

Отразите в протоколе чувствительность нагруженных весов, заполнив таблицу 14.

Таблица 13 – Погрешность показаний нагруженных весов

№ изме- рения	Нагружение или раз- грузка +/-	Масса гири Q , кг	Результат измерения X , кг	Абсолютная погрешность измерения $\Delta = Q - X$, кг	Предел допускае- мой погрешности Δ_{\max} , кг
1	+	0,0102			
2	+	0,1104			
3	+	0,2204			
4	+	0,3309			
5	+	0,4400			
6	+	0,5501			
7	+	0,6603			
8	+	0,7705			
9	+	0,8815			
10	+	1,0002			
11	-	0,8815			
12	-	0,7705			
13	-	0,6603			
14	-	0,5501			
15	-	0,4400			
16	-	0,3309			
17	-	0,2204			
18	-	0,1104			
19	-	0,0102			

Таблица 14 – Чувствительность весов

№ изме- рения	Нагрузка, г	Цена деления e, кг	Масса гири-допуска при которой изменились показания весов, кг
1	0,0103		
2	0,5009		
3	1,0004		

6.3.5 Погрешность шкалы устройства для компенсации массы тары определяют не менее, чем в пяти равномерно расположенных отметках, включая НмПВ и НПВ–0,5 кг. Гири соответствующей массы устанавливают на площадку весов, после чего устанавливают или снимают гири-допуски, устанавливая весы в нулевое положение. Погрешность устройства не должна превышать пределов допускаемой погрешности, установленной в ГОСТ 29329 п.2.3.1.

Отразите в протоколе погрешность устройства для компенсации массы тары, заполнив таблицу 15.

Таблица 15 – Погрешность шкалы устройства для компенсации массы тары

№ измерения	Компенсируемая масса тары, кг	Масса гирь-допусков при которых весы переходят в нулевое положение, кг
1	0,0103	
2	0,0253	
3	0,5102	
4	0,7508	
5	1,0031	

7 Оформление результатов поверки

Отразите в выводах:

На основании проведенной поверки весы _____ (обозначение весов) № _____ (заводской номер), изготовленные _____ (производитель весов) _____ пригодны/не пригодны для применения.

Лабораторная работа № 3

ПОВЕРКА МАНОМЕТРА

1 Цель работы: оценить пригодность манометра для измерения, выполнив поверку.

2 Решаемые задачи

2.1 Определить порядок и условия проведения поверки, изучив нормативно-техническую документацию

2.2 Провести внешний осмотр

2.3 Проверка положения стрелки пера у нулевой отметки

2.4 Определить основную погрешность и вариацию

2.5 Оформить результаты поверки

3 Приборы

3.1 Поверяемые средства: Манометр МКУ-1072

3.2 Средства поверки:

3.2.1 Манометр МО-11202

3.2.2 Термометр по ГОСТ 28498-90

3.2.3 Хронометр

3.3 Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Определите основные метрологические характеристики по нормативно-технической документации на приборы и на самих приборах и занесите в таблицу 16.

4 Нормативно-техническая документация

4.1 ГОСТ 2405-80 Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие. Общие технические условия

4.2 МИ 2124-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры показывающие и самопишущие. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры показывающие и самопишущие

Таблица 16 - Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Характеристика	Манометр МКУ-1072	Манометр МО-11202	Термометр	Хронометр
Диапазон измерения (для манометров в МПа) Верхний предел измерений D, (для манометров в МПа)				
Цена деления (для манометров в МПа)				
Предел допускаемой основной погрешности (для манометров в %)				
Класс точности				

5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 Условия поверки должны соответствовать установленным в МИ 2124 п. 3.

5.2 Температура окружающего воздуха должна соответствовать МИ 2124 п.3.1.

При использовании для поверки эталонного показывающего деформационного прибора допускаемое отклонение температуры должно соответствовать его нормальным условиям, в противном случае в показания эталонного прибора должна быть введена поправка на влияние температуры.

5.3 Вибрация (тряска) не должна вызывать размах колебаний стрелки или пера, превышающий 0,1 предела допускаемой основной погрешности прибора, если иное не установлено в нормативно-технической документации на прибор.

5.4 Прибор должен быть присоединен к устройству, для создания давления и находиться в положении, соответствующем обозначению, имеющемуся на приборе или указанию в документации. Если обозначение рабочего положения отсутствует

то при, поверке прибор должен быть установлен так, чтобы плоскость циферблата была вертикальна с допускаемым отклонением $\pm 5^\circ$ (если иное не оговорено в НТД), а цифры и знаки должны быть расположены без наклонов.

5.5 Для приборов с верхним пределом измерений до 250 кПа включительно, давление в приборе должно создаваться воздухом или нейтральным газом, кроме случаев, специально оговоренных в документации на прибор.

5.6 Устройство для создания давления должно обеспечивать плавное повышение и понижение давления, а также постоянство давления во время отсчета показаний и выдержке приборов под давлением, равным верхнему пределу измерений.

5.7 Прибор должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха, указанной в МИ 2124 п.3.1, в течение времени, соответствующему МИ 2124 п.3.12.

Используя термометр, проведите измерение температуры окружающей среды. Занесите в протокол условия проведения поверки, заполнив таблицу 17, отметьте соответствие требованиям МИ 2124 п.3.

Таблица 17 – Условия проведения поверки

№ измерения	Название	Установлено	Соответствует/не соответствует МИ 2124 п.3
1	Температура окружающей среды, °С		
2	Вибрация		
3	Обозначение на манометре способа расположения		
4	Расположение манометра при поверке		
5	Обозначение на манометре типа рабочей среды		
6	Предварительная выдержка в нерабочем состоянии		

6 Порядок выполнения поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре собранных весов должно быть установлено:

6.1.1 Отсутствие механических повреждений корпуса, штуцера (препятствующих присоединению и не обеспечивающих герметичность, прочность соединения), стрелки, стекла и циферблата, влияющих на эксплуатационные свойства.

6.1.2 Стекло и защитное покрытие циферблата должно быть чистым и не иметь дефектов, препятствующих правильному отсчёту показаний.

6.1.3 Соединение корпуса с держателем должно быть прочным, не допускающим смещения корпуса.

6.1.4 Приборы, забракованные при внешнем осмотре, дальнейшей поверке не подлежат.

Отразите в протоколе результаты внешнего осмотра, заполнив таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты внешнего осмотра

№ изменения	Название	Обнаружено
1	Механические повреждения	
2	Стекло и защитное покрытие	
3	Соединения	
4	Отметки о ремонте	

6.2 Проверка положения стрелки у нулевой отметки шкалы

6.2.1 Перед установкой стрелки на нулевую отметку или проверкой положения стрелки у нулевой отметки, прибор необходимо выдержать под давлением в соответствии с МИ 2124 п.5.2.1.

6.2.2 Стрелка прибора, не имеющего корректор нуля, должна при отсутствии давления располагаться на нулевой отметке шкалы с отклонением не более предела допускаемой основной погрешности по ГОСТ 2405 п.2.2, если иное не оговорено в документации на прибор.

Выполните проверку положения стрелки у нулевой отметки шкалы и отразите результаты в протоколе.

6.3 Определение основной погрешности и вариации

6.3.1 Основную абсолютную погрешности прибора необходимо определять как разность между показаниями прибора и действительным значением давления, отсчитываемым по эталонному прибору.

6.3.2 Поверка прибора осуществляется следующим способом: стрелка проверяемого прибора устанавливается на поверяемую отметку шкалы, а действительное давление отсчитывается по эталонному прибору.

6.3.3 Отсчитывание показаний приборов при их поверке должно проводиться с точностью до 0,1 цены деления.

6.3.4 Для устранения параллакса при отсчете показаний направление зрения должно проходить через указательный конец стрелки перпендикулярно поверхности циферблата.

6.3.5 Число проверяемых точек шкалы прибора выбирается в соответствии с МИ 2124 п.5.3.7. Проверяемые точки должны быть распределены примерно равномерно в пределах всей шкалы.

6.3.6 При поверке давление плавно повышают и проводят отсчитывание показаний. Затем прибор выдерживают в течение 5 мин. под давлением, равном верхнему пределу измерений. После чего давление плавно понижают и проводят отсчитывание показаний при тех же значениях давления, что и при повышении давления. Скорость изменения давления не должна превышать 10 % диапазона показаний в секунду.

6.3.7 Движение стрелки должно происходить плавно, без заеданий и скачков. Стрелка не должна касаться циферблата и стекла.

6.3.8 Указательный конец стрелки прибора на протяжении всей шкалы должен перекрывать самые короткие отметки шкалы на значение, установленное в ГОСТ 2405 п.2.10.

Проведите поверку прибора в соответствии с п.п.6.3.1 – 6.3.8. Запишите в протокол результаты измерения давления эталонным и поверяемым манометрами, заполнив столбцы 1, 2, 4 и 5 таблицы 19.

Таблица 19 – Оценка погрешности и вариации показаний манометра

№ измерения	Повышение давления (прямой ход)			Понижение давления (обратный ход)			Вариация $B, \%$
	Повверяемый манометр $N_1, МПа$	Эталонный манометр $N_{01}, МПа$	Приведенная погрешность измерения $\gamma_1, \%$	Повверяемый манометр $N_2, МПа$	Эталонный манометр $N_{02}, МПа$	Приведенная погрешность измерения $\gamma_2, \%$	
	1	2	3	4	5	6	7
1	N_{min}			N_{min}			
2							
3							
4							
5	N_{max}			N_{max}			

6.3.9 При снижении давления до нуля после поверки стрелка должна находиться на нулевой отметке шкалы с отклонением, не превышающим, предела допускаемой погрешности по ГОСТ 2405 п.2.2, если иное не оговорено в документации на прибор.

Занесите в протокол значение отклонения стрелки поверяемого прибора после снижения давления.

7 Обработка результатов измерений

7.1 При поверке приборов, находящихся в эксплуатации, значение основной приведенной погрешности прибора ($\gamma, \%$) на любой отметке шкалы, как при прямом, так и обратном ходе стрелки определяют по формулам:

$$\gamma_1 = \frac{(N_{01} - N_1)}{D} \cdot 100, \quad (2)$$

$$\gamma_2 = \frac{(N_{02} - N_2)}{D} \cdot 100, \quad (3)$$

где N_{01}, N_{02} - показания образцового прибора при повышении и понижении давления, соответственно;

N_1, N_2 - показания поверяемого прибора при повышении и понижении давления, соответственно;

D – верхний предел измерения поверяемого манометра.

N и D должны быть выражены в одних и тех же единицах давления.

Занесите в протокол результаты расчета приведенной погрешности поверяемого манометра, заполнив столбцы 3 и 6 таблицы 19

7.2 Вариация показаний ($B, \%$) для каждой проверяемой отметки шкалы, кроме значений, соответствующих верхнему и нижнему пределам измерения, определяется по формуле:

$$B = \frac{(N_{02} - N_{01})}{D} \cdot 100, \quad (4)$$

N и D должны быть выражены в одних и тех же единицах давления.

Занесите в протокол результаты расчета вариации поверяемого манометра, заполнив столбец 7 таблицы 19.

7.3 Погрешности измерений на обратном и прямом ходе на всех отметках шкалы не должны превышать значения предела допускаемой основной погрешности прибора по ГОСТ 2405 п.2.2, если иное не оговорено в документации на прибор.

Занесите в протокол результаты сравнения погрешности измерения с пределом допускаемой основной погрешности.

7.4 Вариация не должна превышать значения предела допускаемой основной погрешности по ГОСТ 2405 п.п.2.2, 2.3, если иное не оговорено в документации на прибор.

Занесите в протокол результаты сравнения вариации прибора с пределом допускаемой основной погрешности.

8 Оформление результатов поверки

Отразите в выводах

На основании проведенной поверки манометр (обозначение манометра) № (заводской номер), изготовленный (производитель манометра) пригоден/не пригоден для применения.

Лабораторная работа № 4

ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА

1 Цель работы: выполнить поверку вольтметра, сделать вывод о его пригодности для измерений.

2 Решаемые задачи

2.1 Определить порядок и условия проведения поверки, изучив нормативно-техническую документацию

2.2 Провести внешний осмотр

2.3 Выполнить опробование

2.4 Определить основную погрешность

2.5 Оформить результаты поверки

3 Приборы

3.1 Поверяемое средство: вольтметр

3.2 Средства поверки:

3.2.1 Мультиметр APPA-205 (в качестве эталонного вольтметра)

3.2.2 Источник питания НУ1802D

3.3 Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Определите основные метрологические характеристики по нормативно-технической документации на приборы и на самих приборах и занесите в таблицу 20.

Таблица 20 - Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Характеристика	Поверяемый вольтметр	Мультиметр APPA-205	Источник питания НУ1802D
Диапазон измерения, В			
Разрешение, мкВ			
Предел допускаемой основной приведенной погрешности γ , %			
Класс точности			

4 Нормативно-техническая документация

4.1 ГОСТ 8.402-80 ГСИ. Вольтметры электронные аналоговые постоянного тока. Методы и средства поверки

4.2 ГОСТ 8.497-83 ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки

4.3 Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Вольтметр универсальный В7-26

4.4 Руководство по эксплуатации. Мультиметр цифровой APPA-205

4.5 Паспорт. Источник питания НУ1802D.

Примечание: выбор нормативно-технической документации зависит от типа поверяемого вольтметра.

5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены условия по ГОСТ 8.402 п.2 или ГОСТ 8.497 п.2.1.

5.2 Вольтметр должен быть полностью укомплектован в соответствии с нормативно-технической документацией (НТД) на прибор.

5.3 Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с НТД на эти средства.

6 Порядок выполнения поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют отсутствие механических повреждений, неисправностей регулировочных и соединительных элементов, дефектов отсчетного устройства, затрудняющих или исключающих нормальную работу вольтметра; четкость всех надписей.

Отразите в протоколе результаты внешнего осмотра.

6.2 Опробование

6.2.1 При опробовании (по ГОСТ 8.497 п.4.2) должны быть установлены надежное закрепление зажимов приборов, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

6.2.2 При опробовании (по ГОСТ 8.402 п.3.2):

– устанавливают указатель отсчетного устройства поверяемого вольтметра механическим корректором на нулевую или начальную отметку при включенном напряжении питания;

– проверяют исправность электрической установки указателя на нулевую отметку шкалы по ГОСТ 8.402 п.3.2.2;

– проверяют свободное движение указателя в пределах всей шкалы для основного диапазона измерения.

Проведите операции опробования в соответствии с НТД на поверяемый вольтметр. Результаты отразите в протоколе.

6.3 Определение основной погрешности

6.3.1 Основную погрешность прибора определяют сличением показаний поверяемого и эталонного вольтметров.

6.3.2 Основную погрешность определяют на каждой числовой отметке шкалы основного предела измерений поверяемого вольтметра при плавном перемещении указателя к проверяемой отметке сначала при нарастании выходного сигнала (от нуля до верхнего предела измерений), затем при уменьшении выходного сигнала (от верхнего предела измерений до нуля).

Примечание: основным пределом измерения считается предел, нанесенный на шкалу отсчетного устройства вольтметра при множителе, равном единице.

6.3.3 Перед проведением каждого измерения (по ГОСТ 8.402) следует проверить электрическую установку указателя отсчетного устройства поверяемого вольтметра на нулевую отметку при отключенном измеряемом напряжении.

6.3.3.1 *Вольтметр (V_1) и мультиметр APPA 205 (V_2) подключить параллельно к клеммам источника питания HY1802D.*

6.3.3.2 *На источнике питания ручку регулирования напряжения (VOLTAGE) установить в крайнее левое положение, ручку регулирования силы тока (CURRENT) – в среднее положение.*

6.3.3.3 *Включить источник питания переключателем на передней панели. Мультиметр APPA 205 включить в режим измерения напряжения постоянного то-*

ка. Для этого переключатель на лицевой панели прибора поставить в положение $\overline{\overline{\text{DC}}}$, при этом должна появиться индикация $\overline{\overline{\text{DC}}}$ в левой части дисплея.

6.3.3.4 *Изменяя напряжение на выходе источника питания ручкой регулирования напряжения (VOLTAGE), последовательно устанавливать стрелку вольтметра V_1 на каждую оцифрованную отметку основной шкалы прибора. Показания мультиметра V_2 занести в протокол, заполнив столбцы 2, 3 таблицы 21.*

Таблица 21- Результаты измерений и расчетов

Поверяемые отметки	Результат измерений $U_{эм}$, В		Абсолютная погрешность измерения $\Delta_{изм}$, В		Относительная погрешность измерения $\delta_{изм}$, %		Допускаемая относительная погрешность $\delta_{доп}$, %
	\uparrow значений напряжения	\downarrow значений напряжения	\uparrow значений напряжения	\downarrow значений напряжения	\uparrow значений напряжения	\downarrow значений напряжения	
$U_{нов}$, В							
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...							
U_{max}							

7 Обработка результатов измерений

7.1 Абсолютная погрешность каждого измерения определяется по формуле:

$$\Delta_{изм} = U_{нов} - U_{эм} \quad (5)$$

где $U_{нов}$ – проверяемая отметка шкалы, В;

$U_{эм}$ – показание эталонного вольтметра, соответствующее проверяемой отметке шкалы, В.

Занесите в протокол результаты расчета абсолютной погрешности измерения поверяемого вольтметра при увеличении, а затем при уменьшении значений напряжения, заполнив столбцы 4 и 5 таблицы 21.

7.2 Относительная погрешность каждого измерения определяется по формуле:

$$\delta_{изм} = \frac{\Delta_{изм}}{U_{эм}} \cdot 100 \quad (6)$$

Занесите в протокол результаты расчета относительной погрешности измерения поверяемого вольтметра при увеличении, а затем при уменьшении значений напряжения, заполнив столбцы 6 и 7 таблицы 21.

7.3 Допускаемая относительная погрешность определяется для каждой поверяемой отметки шкалы по формуле:

$$\delta_{доп} = \frac{\gamma \cdot U_{max}}{U_{пог}}, \quad (7)$$

где γ - предел допускаемой основной приведенной погрешности поверяемого вольтметра, %;

U_{max} – верхний предел измерения поверяемого вольтметра, В.

Занесите в протокол результаты расчета допускаемой относительной погрешности поверяемого вольтметра, заполнив столбец 8 таблицы 21.

7.4 Погрешности поверяемого вольтметра, рассчитанные по формуле (6) не должны превышать значений допускаемой погрешности, рассчитанных по формуле (7).

Занесите в протокол результаты сравнения относительной погрешности измерения поверяемого вольтметра со значениями допускаемой относительной погрешности в каждой поверяемой отметке шкалы прибора.

8 Оформление результатов поверки

Отразите в выводах

На основании проведенной поверки вольтметр _____ (обозначение вольтметра) № _____ (заводской номер) _____, изготовленный _____ (производитель вольтметра) _____ пригоден/не пригоден для применения.

Лабораторная работа № 5

ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ВОЛЬТМЕТРОВ

1 Цель работы: выполнить поверку вольтметра, сделать вывод о его пригодности для измерений.

2 Решаемые задачи

2.1 Определить порядок и условия проведения поверки, изучив нормативно-техническую документацию

2.2 Провести внешний осмотр

2.3 Выполнить опробование

2.4 Определить основную погрешность

2.5 Оформить результаты поверки

3 Приборы

3.1 Поверяемое средство: вольтметр

3.2 Средства поверки: установка для поверки вольтметров В1-8

3.3 Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Определите основные метрологические характеристики по нормативно-технической документации на приборы и на самих приборах и занесите в таблицу 22.

Таблица 22 - Метрологические характеристики средств поверки и поверяемого средства

Характеристика	Поверяемый вольтметр	Установка для поверки вольтметров В1-8
Диапазон измерения, В (для установки в %)		
Цена деления, В (для установки в %)		
Предел допускаемой основной приведенной погрешности γ , %		
Класс точности		

4 Нормативно-техническая документация:

4.1 ГОСТ 8.118 - 85 ГСИ. Вольтметры электронные аналоговые переменного тока. Методика поверки

4.2 ГОСТ 8.402 - 80 ГСИ. Вольтметры электронные аналоговые постоянного тока. Методы и средства поверки

4.3 ГОСТ 8.497-83 ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки

4.4 Установка для поверки вольтметров В1-8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации

Примечание: выбор нормативно-технической документации зависит от типа поверяемого вольтметра.

5 Условия поверки и подготовка к ней

5.1 Условия поверки должны соответствовать установленным в ГОСТ 8.118-85 (п. 3.1), или ГОСТ 8.402 п.2, или ГОСТ 8.497 п.2.1, или инструкции по эксплуатации на вольтметр.

В протоколе зафиксировать условия в лаборатории и сделать вывод о возможности проведения операций поверки.

5.2 Вольтметр должен быть полностью укомплектован в соответствии с нормативно-технической документацией (НТД) на прибор.

5.3 Перед проведением операций поверки поверяемый прибор и средства поверки необходимо поставить на самопрогрев на время, указанное в паспортах на них.

6 Порядок выполнения поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют отсутствие механических повреждений, неисправностей регулировочных и соединительных элементов, дефектов отсчетного устройства, затрудняющих или исключающих нормальную работу вольтметра; четкость всех надписей.

Отразите в протоколе результаты внешнего осмотра.

6.2 Опробование

6.2.1 При опробовании (по ГОСТ 8.497 п.4.2) должны быть установлены надежное закрепление зажимов приборов, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

6.2.2 При опробовании (по ГОСТ 8.402 п.3.2 или ГОСТ 8.118 п.4.2):

– устанавливают указатель отсчетного устройства поверяемого вольтметра механическим корректором на нулевую или начальную отметку при включенном напряжении питания;

– проверяют исправность электрической установки указателя на нулевую отметку шкалы по ГОСТ 8.402 п.3.2.2 или ГОСТ 8.118 п.4.2.1;

– проверяют свободное движение указателя в пределах всей шкалы для основного диапазона измерения.

Проведите операции опробования в соответствии с НТД на поверяемый вольтметр. Результаты отразите в протоколе.

6.3 Определение основной погрешности

6.3.1 Основную погрешность вольтметра определяют в соответствии с ГОСТ 8.402 (п.3.3.1, п.3.3.3, п.3.4), или ГОСТ 8.118 (п.4.3.1, п.4.3.4, п.4.3.5, п.4.3.6) или ГОСТ 8.497 (п.4.4.1) на оцифрованных отметках основной шкалы прибора.

6.3.2 Основную погрешность поверяемого вольтметра определяют по шкале установки.

6.3.3 Основную погрешность определяют на каждой числовой отметке шкалы основного предела измерений поверяемого вольтметра при плавном перемещении указателя к проверяемой отметке сначала при нарастании выходного сигнала (от нуля до верхнего предела измерений), затем при уменьшении выходного сигнала (от верхнего предела измерений до нуля).

Примечание: основным пределом измерения считается предел, нанесенный на шкалу отсчетного устройства вольтметра при множителе, равном единице.

6.3.4 Перед проведением каждого измерения (по ГОСТ 8.402 или ГОСТ 8.118) следует проверять электрическую установку указателя отсчетного устройства поверяемого вольтметра на нулевую отметку при отключенном измеряемом напряжении.

6.3.4.1 На установке В1-8 переключатель вида выходного напряжения установить в положение, соответствующее роду измеряемого напряжения (для напряжения постоянного тока – «+», для напряжения переменного тока – «~»); переключатель значений выходного напряжения - в положение «0». Переключатель частоты Hz - в положение «1000».

6.3.4.2 С помощью кабеля подключить поверяемый вольтметр к гнезду «ВЫХОД 1:1» установки В1-8.

6.3.4.3 На установке В1-8 с помощью кнопок «ПОВЕРОЧНЫЕ ОТМЕТКИ ШКАЛЫ» и «МНОЖИТЕЛЬ» установить отметку шкалы основного предела измерений. Переключатель значения выходного напряжения на установке В1-8 перевести в положение «U_{ск}». Вращением ручек «ГРУБО» и «ТОЧНО» (на установке В1-8) установить стрелку поверяемого вольтметра на отметку шкалы, соответствующую положению кнопок «ПОВЕРОЧНЫЕ ОТМЕТКИ ШКАЛЫ» и «МНОЖИТЕЛЬ». Снять показание по шкале установки В1-8, пользуясь шкалой отсчета 10 % (если значение погрешности меньше 5 %, то переключатель шкалы перевести в положение 5 % и снять показание по шкале 5 %). Результат измерений занести в столбец 3 (столбец 4) таблицы 23. Переключатель значений выходного напряжения перевести в положение «0».

6.3.4.4 Повторить действия п.6.3.4.3 для следующей поверяемой отметки шкалы.

Таблица 23 – Результаты измерений

Верхний предел измерений U_{max} , В	Поверяемые отметки шкалы $U_{пов}$, В	Результат измерений – относительная погрешность, $\delta_{изм}$ %		Допускаемые значения относительной погрешности, $\delta_{доп}$ %
		↑ значений напряжения	↓ значений напряжения	
1	2	3	4	5
	1			
	...			
	n			

7 Обработка результатов измерений

7.1 Допускаемые значения относительной погрешности вольтметра рассчитываются по формуле:

$$\delta_{доп} = \frac{\gamma \cdot U_{max}}{U_{пов}}, \quad (8)$$

где γ – приведенная погрешность поверяемого вольтметра при измерении напряжения постоянного тока (напряжения переменного тока), %;

U_{max} – верхний предел измерения поверяемого вольтметра, В;

$U_{пов}$ – показание в поверяемой отметке шкалы, В.

Занесите в протокол результаты расчета допускаемых значений относительной погрешности поверяемого манометра, заполнив столбец 5 таблицы 23.

7.2 Значения относительной погрешности поверяемого вольтметра не должны превышать предельных допускаемых значений.

Занесите в протокол результаты сравнения относительной погрешности измерения поверяемого вольтметра со значениями допускаемой относительной погрешности в каждой поверяемой отметке шкалы прибора.

8 Оформление результатов поверки

Отразите в выводах

На основании проведенной поверки вольтметр _____ (обозначение вольтметра) № _____ (заводской номер вольтметра) изготовленный _____ (производитель вольтметра) _____ пригоден/не пригоден для применения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение «средство измерений»
2. Перечислите элементарные средства измерений.
3. Перечислите комплексные средства измерений.
4. К какой классификационной группе СИ относятся средства измерений, используемые в вашей лабораторной работе?
5. Дайте определение «поверка СИ».
6. Дайте определение «метрологические характеристики».
7. Какие метрологические характеристики определяют область применения СИ? Укажите такие метрологические характеристики для вашего поверяемого СИ.
8. Что такое «калибровка СИ». Для каких приборов она осуществляется?
9. В чем отличие поверки от калибровки?
10. Какой документ регулирует отношения в области обеспечения единства измерений?
11. Дайте определение «единство измерений».
12. Что такое «поверочная схема»?
13. Что такое «эталон единицы величины», приведите пример. предназначен ли эталон для проведения измерений?
14. Дайте определение инструментальной погрешности.
15. От чего зависит инструментальная погрешность СИ?
16. Дайте определение систематической погрешности.
17. С какой целью проводят измерения погрешности при увеличении и при уменьшении значения величины?
18. Назовите составляющие систематической погрешности.
19. Как классифицируют погрешности по способу выражения?
20. Дайте определение основной погрешности.
21. Дайте определение дополнительной погрешности.
22. Что такое нормальные условия применения СИ, чем они отличаются от рабочих условий?

23. Что такое класс точности прибора, примеры обозначения класса точности на СИ?
24. Какая погрешность регламентируется для средства измерения нормативно технической документацией?
25. Почему не рекомендуют проводить измерения, если результат считывается в начале шкалы стрелочного прибора?
26. Какие операции выполняют при поверке?
27. Когда проводится первичная поверка?
28. Что такое «периодическая поверка»?
29. В каких случаях проводят внеочередную поверку?
30. Кто проводит поверку СИ?
31. Для каких СИ поверка обязательна?
32. Поясните порядок проведения поверки для вашего поверяемого СИ.
33. Какой класс точности у вашего средства измерения? На что он указывает?
34. Какое требование предъявляется к точности эталонного средства, по отношению к поверяемому?
35. Что называют верхним пределом измерения поверяемого прибора?
36. В чем разница понятий предел максимально допустимой погрешности СИ и погрешность измерения? Какое математическое неравенство между ними выполняется?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
- 2 ГОСТ 8.009-84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики».
- 3 ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования».
- 4 ПР 50.2.006 «Порядок проведения поверки СИ».
- 5 Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для ВУЗов – М.: ЮНИТИ, 2001. – 711 с.
- 6 Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник для ВУЗов – М.: Юрайт, 2002. – 350 с.
- 7 Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие для ВУЗов – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
- 8 Сергеев А.Г. Метрология: Учеб. пособие для ВУЗов – М.: Логос, 2002. – 407 с.
- 9 Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие для ВУЗов – М.: Логос, 2003. – 525 с.

Учебное издание

Погрешности прямых многократных равноточных измерений.
Практикум для лабораторных работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация».

Составители
Редактор
Технический редактор
Корректор
Компьютерная верстка

Изд. лиц. ЛАР № 021277 от 06.08.98

Подписано в печать

Заказ № _____ Тираж 400 экз. Объем ____ п. л.

Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения
630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191.
Тел./факс: (383-2) 287-381. E-mail: press@stu.ru