

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

МЕТРОЛОГИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
12.03.01 «Приборостроение» очной формы обучения*



Могилев 2021

УДК 389
ББК 30.10
М54

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «10» марта 2020 г.,
протокол № 5

Составитель канд. техн. наук, доц. О. С. Сергеева

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для
студентов направления подготовки 12.03.01 «Приборостроение» очной формы
обучения.

Учебно-методическое издание

МЕТРОЛОГИЯ

Ответственный за выпуск	С. С. Сергеев
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 16 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/ 156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Инструктаж по технике безопасности при работе с электрическими приборами. Подготовка к работе и общие правила эксплуатации электроизмерительных приборов.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Методы поверки аналоговых измерительных приборов. Поверка миллиамперметра и вольтметра.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Методы поверки аналоговых измерительных приборов. Поверка ваттметра.....	17
4 Лабораторная работа № 4. Изучение закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений».....	20
5 Лабораторная работа № 5. Разработка методики выполнения измерений. Изучение ГОСТ «Методики выполнения измерений».....	23
6 Лабораторная работа № 6. Разработка методики выполнения измерений.....	27
7 Лабораторная работа № 7. Разработка программы метрологической аттестации средств измерений.....	29
Список литературы.....	31

Введение

С увеличением объема измерений возрастает роль метрологии – науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Чем точнее выполнены измерения, тем более точны знания о состоянии объекта и его свойствах, тем меньше экономические потери из-за меньшей вероятности выхода его из строя.

Целью изучения дисциплины и выполнения практических работ является приобретение знаний по вопросам теоретической, прикладной и законодательной метрологии, стандартизации и подтверждения соответствия, включая вопросы контроля и надзора за соблюдением требований нормативно-технической документации, за состоянием и применением средств измерений.

Основные цели метрологии: повышение качества выпускаемой продукции, эффективности управления производством, уровня автоматизации производственных процессов; обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, создание условий для кооперирования производства и развития специализации производства; повышение эффективности научно-исследовательских, проектно-конструкторских работ, экспериментов и испытаний; повышение эффективности мероприятий по контролю условий труда, охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов.

Основными задачами метрологии являются: разработка общей теории измерений; установление единиц физических величин и их систем; создание методов и средств измерений, методов определения точности измерений; обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений; создание эталонов и образцовых средств измерений; разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Стандартизация – современная отрасль знаний, изучающая принципы построения, методы разработки и действия стандартов во всех отраслях производства, их влияние на качество продукции, в первую очередь на надежность и долговечность, на производительность труда и технический прогресс в целом. Стандартизация в приборостроении направлена на решение проблем взаимозаменяемости и технических измерений, связанных с разработкой и применением стандартов на допуски, посадки и другие правила и нормы точности для гладких, резьбовых и червячных соединений, шлицевых и зубчатых передач, стандартов на единицы измерений, методы и средства поверки мер, измерительных приборов и т. д.

Процедура сертификации направлена на подтверждение соответствия объекта сертификации предъявляемым к нему нормам и требованиям.

1 Лабораторная работа № 1. Инструктаж по технике безопасности при работе с электрическими приборами. Подготовка к работе и общие правила эксплуатации электроизмерительных приборов

Цель – изучить правила техники безопасности и охраны труда и усвоить основные правила эксплуатации измерительных средств и обработки результатов измерений.

Общие положения. Электроизмерительная техника включает большой арсенал разнообразных по своим принципам, конструкции, назначению и исполнению средств. В основном это дорогостоящие и высокоточные приборы, комплексы, системы. С их помощью осуществляют контрольно-измерительные операции в условиях лаборатории, цехов, а также в полевых условиях. При всем их многообразии и специфике имеются некоторые общие правила, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию и охрану труда.

Каждое средство измерений должно иметь паспорт и инструкцию по эксплуатации, которыми руководствуется обслуживающий персонал. Без изучения инструкции пользоваться приборами, установками, комплексами запрещается. Перед включением в сеть проверяется наличие заземления, а коммутирующие и регулирующие устройства выставляются в исходное состояние.

Работа в лаборатории проводится под наблюдением. При этом к каждой лабораторной установке должен быть обеспечен свободный доступ: не допускается загромождение проходов, хождение студентов и посторонних лиц во время занятий. Мероприятия по технике безопасности и охране труда, технической надежности и пожарной защите являются составной частью подготовки и проведения лабораторных занятий. Эти мероприятия должен знать и обязательно выполнять каждый студент. Руководитель эксперимента и испытаний должен проинструктировать перед началом эксперимента каждого участника о правилах безопасной эксплуатации данной установки и проверить наличие защитных и контрольных устройств. Все участники эксперимента должны вести себя так, чтобы не создавать опасные ситуации. Перед включением все участники извещаются об этом, например, фразой: «Включаю установку», «Подаю напряжение» и т. д. По окончании эксперимента устройство должно быть отключено и надежно защищено от повторного включения. Работа на электроустановках требует внимательного и ответственного отношения со стороны всех участников эксперимента. Электрический ток оказывает на организм вредное физиологическое воздействие. Нужно учитывать, что сопротивление тела человека колеблется от 10 до 100 кОм и при сравнительно небольшом напряжении может быть смертельный исход. При несчастных случаях необходимо отключить установку, начать принимать меры к оживлению пострадавшего и не прекращать их до прибытия врача, даже если для этого потребуется несколько часов. Измерительные средства используются в строгом соответствии с инструкцией; измерительные средства необходимо защищать от ударов и со-

трясений, от пыли; у приборов, снабженных арретиром, последний освобождается только при измерениях и сразу после измерения он должен быть арретирован; выбор прибора и его рабочего диапазона согласовывается с целью применения.

Для лабораторных условий применяются более точные приборы, для цеховых – более грубые. Многопредельные приборы перед началом работы и после необходимо переключить на самый большой диапазон. Регулируемые источники питания перед началом работы следует переключать на минимальное значение. Универсальные приборы нужно после измерений всегда переключать на наибольший диапазон измерения постоянного напряжения, т. к. в этом положении он может выдержать самые большие перегрузки. При транспортировке таких приборов необходимо устанавливать наибольший диапазон измерений постоянного тока. К работе с приборами допускаются знающие работники. При работе с приборами на лабораторной установке более точные и высокочувствительные приборы устанавливаются так, чтобы они всегда находились в поле зрения наблюдателя. Работать с приборами можно в том случае, если они прошли очередную госповерку. Образцовые приборы применяются только для поверки рабочих средств измерений и хранятся в закрытых шкафах.

Подготовка к измерениям. Каждое измерение является важной частью научно-исследовательской работы или основой для оценки состояния или параметров отдельных материалов, изделий, процессов. Поэтому измерения требуют тщательной и всесторонней подготовки. Поверхностная подготовка не столько разъясняет исследуемый процесс, сколько «затуманивает» его и зачастую ведет к выводу из строя измерительных средств. Прежде всего необходимо четко и конкретно определить, что должно быть измерено и в каких условиях. Существует общее правило: «Измерять так точно, насколько это возможно, но не точнее, чем это необходимо». Подготовку к измерениям нужно вести на высоком техническом уровне, с отчетливым представлением измерительной задачи, требований к результатам и программы обработки. При выборе места, схемы и средства измерений следует предварительно аналитически оценить возможные результаты с учетом того, что при обработке полученных данных они могут быть улучшены. При измерениях на открытом воздухе или высокоточных измерениях в лаборатории необходимо учитывать влияние температуры, влажности, вибраций и т. д. Рабочие места при измерениях должны иметь освещенность от 500 до 1000 лк. Не рекомендуется производить измерения в проходных помещениях. Для измерения выбирают наиболее благоприятное время суток с более стабильной температурой и с меньшими нагрузками в сети. Для записи результатов готовится протокол, по которому составляется отчет.

Выполнение измерений. Перед включением обязательно проверяются измерительная схема, положение переключателей на передних панелях приборов, режим их охлаждения, наличие заземления.

При отсчете показаний следует избегать погрешностей от параллакса, особенно для приборов с профильной шкалой. Чтобы уменьшить влияние вариаций, показания снимают один раз при уменьшении, другой – при увеличении измеряемой величины и из двух показаний находят среднее арифметическое.

При выборе диапазона измерений необходимо отсчитывать результат на участие с более высокими чувствительностью и линейностью и в положении ближе к оцифрованному значению. Для совокупных и косвенных измерений с математическими расчетами добиваются получения целочисленных значений, чтобы упростить вычисления. Например, для величин, которые делятся, эффективнее подбирать значения, кратные 1, 2, 5 или с учетом принятого масштаба.

В схемах компенсационных измерений при уравнивании измерительной цепи к состоянию равновесия (по указателю) подходят со стороны больших и меньших значений и добиваются минимального отклонения от нуля, если невозможно получить нулевое значение, например, при измерениях емкости или индуктивности мостом. При снятии характеристик рациональнее непосредственно наносить на график полученные значения, чем сводить их в таблицу. Это позволяет прогнозировать ход измерения, в местах возможных экстремумов, скачков и других характерных особенностей функции увеличивать число измерений и «прощупывать» окрестность интересующих участков.

Если характер зависимости заранее известен, то число измерений заранее ограничивают. Для линейной зависимости достаточно проверить нулевое (или начальное) значение и конечное. Для оценки нелинейности характеристики проводят дополнительные измерения внутри диапазона измерений. В соответствии с начальным и конечным значениями измеряемой величины выбирают систему координат и масштаб. Для значений с интервалом измерений, различающимся более чем в 10 раз, целесообразнее выбирать логарифмический масштаб. Масштаб графика должен обеспечивать удобную воспринимаемость и информативность.

Контрольные вопросы

- 1 Что необходимо учесть при подготовке к измерениям?
- 2 Как выполнять измерения для получения наиболее информативного результата?

2 Лабораторная работа № 2. Методы поверки аналоговых измерительных приборов. Поверка миллиамперметра и вольтметра

Цель – изучить основные метрологические характеристики средств измерений; получить практические навыки поверки аналоговых электроизмерительных приборов.

Общие положения. Поверкой средств измерений (СИ) называется определение метрологической службой погрешностей СИ и установление его пригодности к применению. Поверка включает в себя ряд операций, позволяющих всесторонне оценить состояние прибора и допустить его к применению или за-

браковать. Она является одним из звеньев в многоступенчатой цепи передачи размера единицы от эталона к рабочему СИ. Поверка СИ осуществляется путем сличения его показаний с показаниями более точного образцового СИ (ГОСТ Р 8.000–2015 *Государственная система обеспечения единства измерений*). Поверку осуществляют территориальные органы Госстандарта: метрологические институты, центры стандартизации и метрологии, лаборатории Госназора за стандартами и измерительной техникой, а также метрологические службы предприятий, если им предоставлено право поверки. Чтобы СИ можно было пользоваться, нормируют его пределы допускаемых погрешностей, устанавливают такие границы, за пределы которых погрешность не должна выходить ни при изготовлении СИ на заводе, ни в процессе эксплуатации. СИ присваиваются классы точности.

Классы точности СИ. В случаях, когда СИ имеет только аддитивную погрешность, предел допускаемой абсолютной погрешности Δ_{don} будет постоянен во всем диапазоне. Поэтому его выбирают в качестве нормирующего значения. Такая запись означает, что абсолютная погрешность СИ в любой точке диапазона измерений не превышает a единиц измеряемой величины.

$$\Delta_{don} = \pm a. \quad (2.1)$$

Однако указание только абсолютной погрешности не позволяет сравнивать между собой по точности приборы с разными диапазонами измерений, поэтому для электроизмерительных приборов большое распространение получило нормирование приведенной погрешности, определяемой формулой

$$\gamma_{don} (\%) = \pm \frac{\Delta_{don}}{X_N} \cdot 100 \% = \pm p, \quad (2.2)$$

где X_N – нормирующее значение.

Значение γ_{don} , так же как и Δ_{don} , постоянно во всем диапазоне и может быть представлено одним числом p .

Для средств измерений с равномерной или степенной шкалой, для измерительных преобразователей, если нулевое значение измеряемого параметра находится на краю или вне диапазона измерений, нормирующее значение устанавливается равным большему из пределов измерений. Для средств измерений, нулевое значение измеряемого параметра которых находится внутри диапазона измерений, нормирующее значение устанавливается равным большему из модулей пределов измерений. Для СИ с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой и нулевой отметкой внутри диапазона измерений нормирующее значение допускается устанавливать равным сумме модулей пределов измерений. Для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение устанавливают равным этому номинальному значению. Для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным всей длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.

Условное обозначение класса точности зависит от нормирующего значения. Если X_N выражено в единицах измеряемой величины, то класс точности обозначается числом, совпадающим с пределом допускаемой приведенной погрешности. Например, если $\gamma_{\text{дон}} = \pm 1,5 \%$, то класс точности обозначается 1,5. Если нормирующее значение выражается длиной шкалы, то обозначение класса точности имеет вид 1,5, т. е. предел допускаемой погрешности равен 1,5 % длины шкалы.

В СИ преобладающей мультипликативной погрешностью удобнее нормировать предел допускаемой относительной погрешности, поскольку его значение будет постоянным во всем диапазоне:

$$\delta_{\text{дон}} = \pm \frac{\Delta_{\text{дон}}}{x} \cdot 100 \% = \pm q. \quad (2.3)$$

Данная запись означает, что относительная погрешность СИ в любой точке диапазона измерения не превышает q процентов от показания СИ. Условное обозначение класса точности, наносимое на СИ, в таком случае имеет вид 0,5, что означает, что предел допускаемой относительной погрешности $\delta_{\text{дон}} = \pm 0,5 \%$.

Для нормирования погрешностей СИ с аддитивной и мультипликативной погрешностями наибольшее распространение получила формула нормирования предела допускаемой относительной погрешности вида

$$\delta_{\text{дон}} = \pm \left[C + d \left(\left| \frac{X_k}{X} - 1 \right| \right) \right], \quad (2.4)$$

где X_k – конечное значение выбранного предела измерения;

C и d – постоянные числа.

Класс точности в этом случае обозначают числами C и d , разделенными косой чертой (C / d), например, 0,05 / 0,01.

Пределы допускаемых приведенных и относительных погрешностей (p и q), а также коэффициенты C и d в соответствии с ГОСТ 8.401–40 выбираются из следующего ряда чисел: $1 \cdot 10^n$, $1,5 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $3 \cdot 10^n$, $4 \cdot 10^n$, $5 \cdot 10^n$, $6 \cdot 10^n$, где $n = 1; 0; -1; -2$ и т. д.

Нормированию подлежит и дополнительная погрешность, вызванная различными влияющими факторами (температурой окружающей среды; отклонением СИ от нормального положения; частотой, напряжением и формой кривой питающего тока; внешними электрическими и магнитными полями и пр.). Для каждой влияющей величины должны быть установлены пределы допускаемых отклонений от нормальных, т. е. нормированы рабочие условия эксплуатации. Дополнительная погрешность должна выражаться в таком же виде (абсолютная, относительная, приведенная), как и основная. Если одновременно изменяется несколько влияющих величин, то каждая из них дает дополнительную погрешность, т. е. полная погрешность будет

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_{i=1}^n \Delta_i, \quad (2.5)$$

где Δ_0 – основная погрешность СИ;

Δ_i – дополнительная погрешность, вызванная изменением i влияющей величины.

Методы поверки. Поверка аналоговых электроизмерительных приборов может производиться одним из следующих методов:

- сопоставление (сличение) показаний поверяемого и образцового приборов;
- сравнение показаний поверяемого прибора с мерой данной величины.

В первом случае (рисунок 2.1) сигнал x от источника И измеряемой величины подают на поверяемый и образцовый приборы (ПП и ОП) и сравнивают показание X_n поверяемого прибора с показанием X_o образцового. Абсолютная погрешность ПП

$$\Delta = X_n - X_{ом}. \quad (2.6)$$

Во втором случае показания поверяемого прибора сравнивают с показанием $X_{ом}$ образцовой меры М, воспроизводящей измеряемую величину (рисунок 2.2).

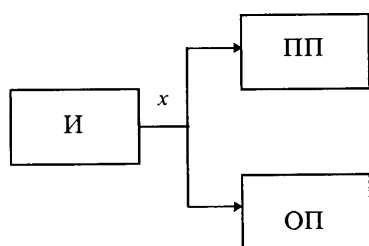


Рисунок 2.1 – Схема поверки СИ при помощи ОП

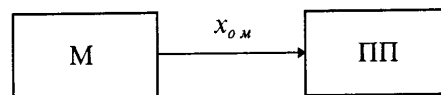


Рисунок 2.2 – Схема поверки СИ при помощи образцовой меры

Абсолютная погрешность определяется как

$$\Delta = X_n - X_{ом}. \quad (2.7)$$

Выбор образцового СИ. Независимо от выбранного метода поверки соотношение пределов допускаемой абсолютной погрешности образцового и поверяемого СИ должно быть не более 1:3 – при поверке приборов классов точности от 0,05 до 0,5 и не более 1:4 – при поверке приборов классов точности от 1,0 до 5,0. В качестве образцовых можно использовать как аналоговые, так и цифровые СИ. Класс точности аналогового СИ при выборе в качестве образцового должен удовлетворять неравенству

$$K_O \leq a \cdot K_n \frac{X_{Nn}}{X_{NO}}, \quad (2.8)$$

где K_O и K_{II} – классы точности образцового и поверяемого приборов;

a – требуемое соотношение (1:3, 1:4);

X_{NI} и X_{NO} – нормирующие значения поверяемого и образцового приборов.

Операции, выполняемые при поверке. Внешний осмотр. Главная задача – обнаружение дефектов (искривление стрелки; нахождение внутри прибора посторонних или отсоединившихся предметов; отсутствие или неисправность зажимов, переключателей и др.), которые могут привести к ошибкам при измерениях, быстрой порче прибора. Проверяется работа корректора, который должен смещать указатель прибора от отметки механического нуля на 5 % длины шкалы и устанавливать его точно на нуль. При обнаружении любого из перечисленных дефектов поверяемый прибор признается непригодным к применению и дальнейшей поверке не подлежит. В процессе опробования следует убедиться в отсутствии задевания подвижной части прибора за неподвижную. Для этого прибор подключают к источнику образцового сигнала или к образцовой регулируемой мере и плавно изменяют значение измеряемой величины от минимального до максимального и обратно. Указатель прибора при этом должен перемещаться вдоль шкалы без рывков и заеданий.

Влияние наклона определяется на включенном или невключенном приборе. Установив стрелку прибора на отметку шкалы X_n вблизи ее геометрической середины, поочередно наклоняют прибор в каждую из четырех сторон и отмечают каждый раз его показания X_∂ .

Для каждого случая находят приведенную погрешность γ по формуле

$$\gamma = \frac{X_n - X_\partial}{X_N} \cdot 100 \%, \quad (2.9)$$

где X_N – нормирующее значение шкалы прибора.

Ни одно из полученных значений γ не должно превышать предела допускаемой основной погрешности.

Под временем успокоения подвижной части прибора понимается время с момента изменения измеряемой величины до момента, когда отличие показания прибора от установившегося его показания не превышает 1 % длины шкалы. Для определения времени успокоения прибор присоединяют к источнику питания измерительной цепи и устанавливают указатель прибора на геометрическую середину шкалы. Не меняя значения сигнала, прибор отключают и после успокоения колебаний указателя вновь включают. Время успокоения измеряют при помощи секундомера не менее трех раз. Среднее арифметическое получаемых результатов и будет временем успокоения колебаний подвижной части данного прибора. Оно не должно превышать 4 с. Если стрелка у прибора более 150 мм, то время успокоения не должно превышать 6 с.

Определение основной погрешности и вариации. Плавно увеличивая измеряемую величину, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы и записывают соответствующие этим положениям показания образцового прибора. Необходимо следить за тем, чтобы

указатель каждый раз подходил к отметке шкалы со стороны меньших значений. Дойдя до максимальной отметки шкалы, нужно дать небольшую перегрузку, чтобы указатель дошел до опоры, а затем, плавно уменьшая измеряемую величину, вновь установить указатель поверяемого прибора на каждую числовую отметку со стороны больших значений и записать соответствующие показания образцового прибора.

Разность между показанием поверяемого X_n и образцового X_0 приборов дает значение абсолютной погрешности:

$$\Delta = X_0 - X_n.$$

Для каждой числовой отметки рассчитывают два значения погрешности: Δ_+ – при увеличении показаний и Δ_- – при уменьшении. Ни одно из полученных значений абсолютной основной погрешности не должно превышать предела допускаемой абсолютной основной погрешности.

Вариации показаний можно рассчитывать как абсолютное значение разности между показаниями образцового прибора, соответствующими одной и той же отметке шкалы поверяемого прибора, полученными при возрастании и убывании измеряемой величины – $v = |X_0 - X_n|$, или как абсолютное значение разности погрешностей, полученных при тех же условиях – $v = |\Delta_+ - \Delta_-|$. Вариацию рассчитывают для каждой числовой отметки шкалы. Ни одно из полученных значений не должно превышать предела допускаемого значения основной погрешности.

Перед определением основных погрешностей и вариации следует установить указатель корректором на отметку механического нуля. Затем, подключив, например, к омметру образцовый магазин сопротивлений, постепенно изменяют его сопротивление, добиваясь установки указателя омметра на требуемую числовую отметку шкалы R . Действительное значение сопротивления R_d отсчитывают по образцовому магазину сопротивлений. Оно не должно выходить за границы интервала допускаемых значений сопротивлений, вычисленного для поверяемой числовой отметки шкалы и приведенного.

Результаты периодической поверки измерительного прибора записываются в паспорт или аттестат – документы, подтверждающие пригодность измерительного средства для эксплуатации на определенный срок.

Магнитоэлектрический амперметр. Для оценки параметров отдельных физических величин используются контрольно-измерительные средства, качество которых характеризуется совокупностью показателей, определяющих их работоспособность, точность, надежность и эффективность применения. Для обеспечения гарантированной точности измерений проводится периодическая поверка измерительной аппаратуры. Поверка СИ – это определение соответствия его действительных характеристик техническим условиям или государственным стандартам. При осуществлении поверки применяются специально предусмотренные СИ повышенной точности по сравнению с поверяемыми измерительными средствами. В практике поверки СИ нашли

применение два способа: сопоставление показаний поверяемого и образцового приборов; сравнение показаний поверяемого прибора с мерой данной величины. При поверке первым способом в качестве образцовых выбираются приборы с лучшими метрологическими качествами.

Верхний предел измерений образцового прибора должен быть таким же, как и поверяемого, или не превышать предел измеряемого прибора более чем на 25 %. Допустимая погрешность образцового прибора должна быть в 3–5 раз ниже погрешности поверяемого прибора.

Погрешность выражают в виде абсолютных величин и в виде относительных. Различают:

– абсолютную погрешность измерительного прибора

$$\Delta X = X_n - X_d, \quad (2.10)$$

где X_n – показания поверяемого прибора;

X_d – показания прибора А2 (показание прибора и действительного значения измеряемой величины соответственно);

– относительную погрешность средства измерения, часто выражаемую в процентах,

$$\gamma_o = \frac{\Delta X}{X_d}, \quad (2.11)$$

где ΔX – абсолютная погрешность.

Для оценки многих средств измерений широко применяется приведенная погрешность, выражаемая в процентах:

$$\gamma_{o.n.} = \frac{\Delta X}{X_N} 100 \%, \quad (2.12)$$

где X_N – нормирующее значение, т. е. некоторое значение, по отношению к которому рассчитывается погрешность.

Часто в качестве нормирующего значения для приведенной погрешности принимают верхний предел измерения прибора. Для многих средств измерений по приведенной погрешности устанавливают класс точности прибора. Например, прибор класса 0,5 может иметь основную приведенную погрешность, не превышающую 0,5 %. Измерительные приборы могут быть следующих классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Многопредельные приборы поверяют на одном, двух основных пределах, а на других – в некоторых точках. В результате поверки устанавливают приведенную погрешность и по ней – класс точности прибора.

Амперметры магнитоэлектрической системы применяются для измерений токов в цепях постоянного напряжения. Магнитная цепь прибора состоит из постоянного магнита, полюсных наконечников, неподвижного цилиндра. В воздушном зазоре между поверхностями полюсных наконечников и

цилиндра создается радиальное поле, которое в силу малости воздушного зазора можно считать равномерным. Рамка с обмоткой крепится на полуосях и может поворачиваться в зазоре.

В результате взаимодействия магнитного поля и тока обмотки создается вращающий момент, пропорциональный току:

$$M_{\text{вр}} = \Psi_0 \cdot I, \quad (2.13)$$

где Ψ_0 – постоянная прибора, зависящая от числа витков и площади обмотки и от индукции в зазоре. Противодействующий момент

$$M_{\text{пр}} = W \cdot \alpha, \quad (2.14)$$

где W – удельный противодействующий момент пружины.

Уравнение шкалы прибора

$$\alpha = \frac{\Psi_0}{W} I = S_I \cdot I, \quad (2.15)$$

где S_I – чувствительность прибора.

Магнитоэлектрические приборы работают только на постоянном токе. Они отличаются высокой чувствительностью, высокой точностью, равномерностью шкалы, выполняются в виде амперметров и вольтметров постоянного тока.

Магнитоэлектрический вольтметр. Для проверки вольтметра магнитоэлектрической системы образцовый и поверяемый вольтметры включают параллельно. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы можно включить в какую-либо электрическую цепь двумя различными способами. При схеме (рисунок 2.3, а) через обмотку механизма, обозначенного буквой А, проходит весь ток нагрузки.

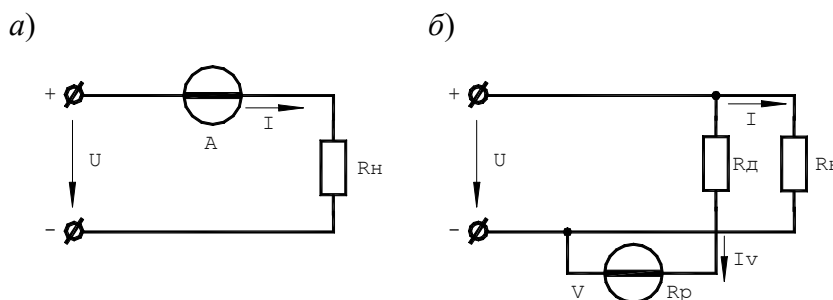


Рисунок 2.3 – Схемы подключения вольтметра

Отклонение подвижной части ее от нулевого положения будет зависеть от значения тока I . В этом случае показание прибора является функцией тока нагрузки, что позволяет проградуировать его шкалу в амперах, и он будет служить амперметром.

Если такой прибор дополнить достаточно большим сопротивлением R_d , соединенным последовательно с обмоткой рамки, и включить прибор, обозначенный буквой V (рисунок 2.3, б), то через него будет проходить ток I_v , определяемый напряжением и суммой сопротивлений

$$R_p + R_d, \quad (2.16)$$

где R_p – сопротивление обмотки рамки прибора.

В этом случае

$$\alpha = \frac{I}{W} f(I_v), \quad (2.17)$$

а так как

$$I_v = \frac{U}{R_d + R_p}, \quad (2.18)$$

где $R_p + R_d$ – постоянная величина, то можно записать, что

$$\alpha = \frac{I}{W} f(U). \quad (2.19)$$

Отсюда видно, что при схеме (см. рисунок 2.3, б) показания прибора становятся функцией напряжения U , т. е. он служит уже не амперметром, а вольтметром.

Стенд «Электрические измерения», мультиметр MS8269, комбинированный прибор типа Ц4353 (или аналогичный), магазин сопротивлений, секундомер, источник питания Б5-78/6.

Порядок выполнения работы

1 Изучите основные метрологические характеристики средств измерений по ГОСТ 8.009–84.

2 Изучите способы нормирования средств измерений по точности по ГОСТ 8.401–80.

3 Изучите порядок выполнения поверки аналоговых электроизмерительных приборов.

4 Для определения класса точности амперметра соберите схему, показанную на рисунке 2.4.

5 Перед включением стенда установите переключатель ЛАТРа в начальное положение (10 В).

6 Переменный резистор R13 установите на максимальное сопротивление.

7 Включите стенд тумблером «СЕТЬ», затем тумблер включения ЛАТРа (S7) и, наконец, тумблер питания цепей постоянного тока (S6).

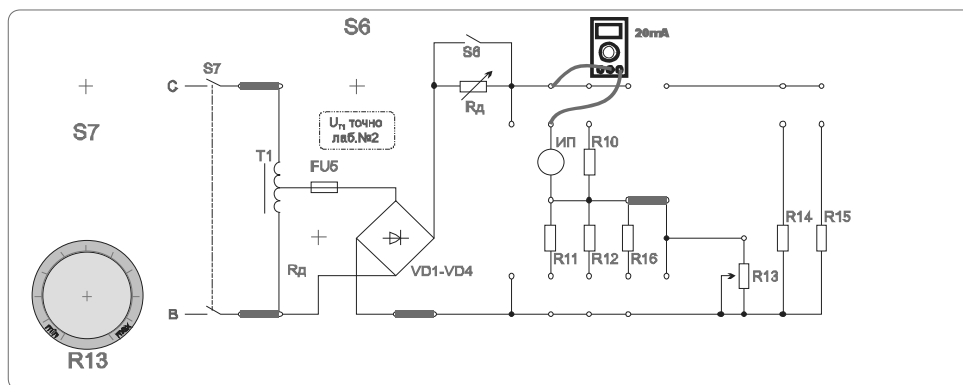


Рисунок 2.4 – Схема для определения класса точности амперметра

8 Изменяйте величину тока плавно с помощью переменного резистора R13.

9 Сделайте необходимое для расчетов количество замеров.

10 По окончании работы верните все аппараты в исходное состояние.

11 Вычислите по результатам измерения абсолютную погрешность в нескольких точках шкалы поверяемого амперметра.

12 Вычислите приведенную погрешность поверяемого амперметра.

13 Определите класс точности поверяемого амперметра и сравните его с классом точности нанесенного на шкале поверяемого амперметра (см. рисунок 2.4).

14 Для определения класса точности вольтметра соберите схему, показанную на рисунке 2.5.

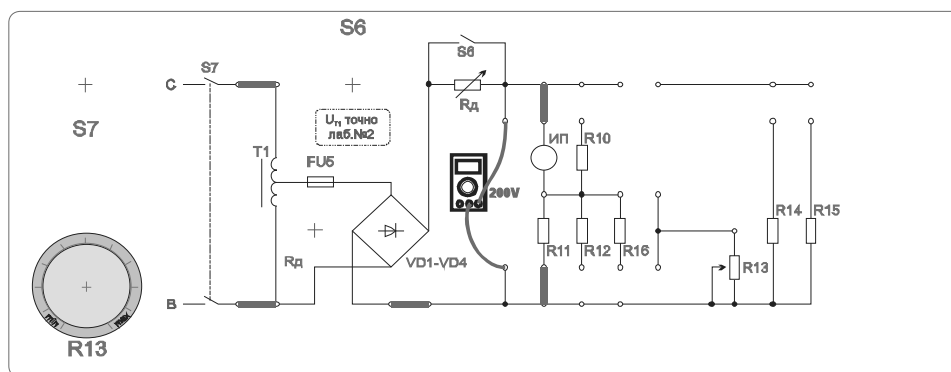


Рисунок 2.5 – Схема для определения класса точности вольтметра

15 Включите стенд, затем тумблер включения питания ЛАТРа Т1-S7.

В данной работе в качестве поверяемого вольтметра используется миллиамперметр с добавочным сопротивлением R11 (при этом его максимальное отклонение равно 50 В), контрольным является мультиметр, установленный на предел измерения «200V».

16 Изменяйте переключателем ЛАТРа величину напряжения (величина контролируется по мультиметру) до получения измеряемого напряжения на

приборе ИП. Точная установка величины измеряемого напряжения производится переменным резистором R_d .

17 Сделайте необходимое для расчетов количество замеров.

18 По окончании работы верните все аппараты в исходное положение и отключите стенд.

19 Вычислите по результатам измерения абсолютную погрешность в нескольких точках шкалы поверяемого вольтметра.

20 Вычислите приведенную погрешность поверяемого вольтметра.

21 Определите класс точности поверяемого вольтметра и сравните его с классом точности, нанесенном на шкале поверяемого вольтметра.

Контрольные вопросы

1 Что такое поверка СИ и кто ее проводит?

2 Что понимают под классом точности средства измерения?

3 Какие операции выполняются при поверке СИ?

3 Лабораторная работа № 3. Методы поверки аналоговых измерительных приборов. Поверка ваттметра

Цель – изучить основные метрологические характеристики средств измерений; получить практические навыки поверки аналоговых электроизмерительных приборов.

Электродинамический ваттметр. Измерительный механизм ваттметра электродинамической системы. Внутри неподвижной катушки вращается укрепленная на оси бескаркасная рамка из изолированной проволоки; ток в нее поступает по спиральным пружинкам, так же как и в приборах магнитоэлектрической системы. Взаимодействие токов подвижной обмотки и неподвижной создает необходимый вращающий момент. Механизм такого рода снабжается воздушным или магнитоиндукционным успокоителем. Уравнение шкалы механизма электродинамической системы имеет следующий вид:

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \frac{dM}{d\alpha} . \quad (3.1)$$

Взаимная индуктивность M зависит от расположения подвижной катушки относительно неподвижной обмотки, и величина $dM / d\alpha$ является некоторой функцией угла α между плоскостями, в которых расположены катушки.

Учитывая это, полученное уравнение шкалы можно записать в виде

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \cdot f(\alpha) . \quad (3.2)$$

Электродинамические приборы используют в качестве амперметров, вольтметров и ваттметров. Если катушки измерительного механизма электродинамической системы включить в цепь, как показано на рисунке 3.1, то, используя обозначения на рисунке, имеем

$$I_2 = \frac{U}{R_{\epsilon}}; \quad R_{\epsilon} = R + R_{\delta}. \quad (3.3)$$

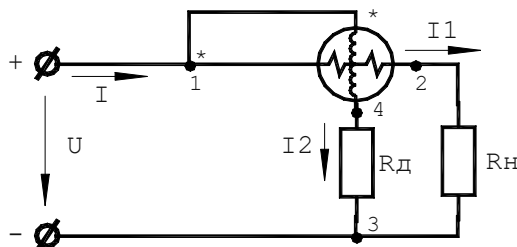


Рисунок 3.1 – Схема для поверки ваттметра косвенным методом

Тогда

$$\alpha = \frac{dM}{W \cdot R_{\epsilon}} U \cdot I_1 \frac{dM}{d\alpha} = K \cdot P \frac{dM}{d\alpha}, \quad (3.4)$$

где $K = \text{const}$;

P – мощность.

Чтобы шкала прибора была равномерной, необходимо иметь

$$dM / d\alpha = \text{const}. \quad (3.5)$$

При включении ваттметра в цепь переменного тока уравнение шкалы прибора

$$\alpha = \frac{1}{WZ_{\epsilon}} U \cdot I \cdot \cos(\varphi - \delta) \frac{dM}{d\alpha}, \quad (3.6)$$

где Z_{ϵ} – модуль полного сопротивления параллельной цепи ваттметра;

δ – угол сдвига между I_2 и U , возникающий вследствие реактивности параллельной цепи и являющийся угловой погрешностью ваттметра.

Для того чтобы α было пропорционально мощности переменного тока, стремятся сделать угол δ возможно малым. Хотя электродинамические ваттметры применимы как на постоянном токе, так и на переменном, градуируются же и поверяются они, как правило, на постоянном токе.

Цена деления ваттметра определяется по формуле

$$C_p = \frac{U_n \cdot I_n}{A_n}, \quad (3.7)$$

где U_n , I_n – установленные пределы измерения по напряжению и току соответственно;

A_n – полное число делений шкалы.

Для правильного включения ваттметра один из зажимов параллельной и последовательной цепей отмечается значком (*). Эти зажимы включаются согласованно, как показано на рисунке 2.4, со стороны источника питания и называются генераторными.

Электродинамические ваттметры выпускаются классов 0,2 и 0,5 и применяются в качестве переносных лабораторных приборов, при этом их показания остаются одинаковыми как на постоянном, так и на переменном токе.

Стенд «Электрические измерения», мультиметр MS8269, комбинированный прибор типа Ц4353 (или аналогичный), магазин сопротивлений, секундомер, источник питания Б5-78/6.

Порядок выполнения работы

1 Для поверки ваттметра косвенным методом по результатам измерения тока и напряжения на активной нагрузке соберите электрическую схему, приведенную на рисунке 3.2.

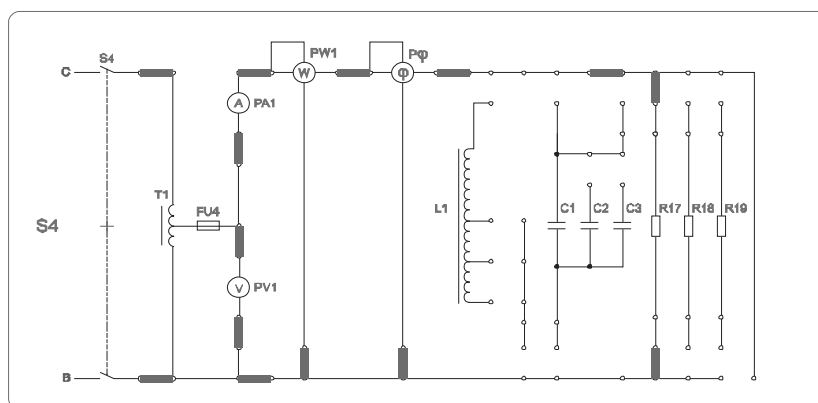


Рисунок 3.2 – Схема для поверки ваттметра косвенным методом

2 Для расчета величины активной мощности используйте формулу

$$P = U \cdot I, \quad (3.8)$$

сравнив с расчетом по формуле

$$P = R \cdot I^2. \quad (3.9)$$

3 Оформите отчет о выполненных исследованиях, в котором отразите обоснование выбора образцового прибора, схемы включения приборов при поверке с указанием их типов и используемых диапазонов; полученные при поверке результаты и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие метрологические характеристики определяют при поверке?
- 2 Какие существуют методы поверки и каковы их особенности?
- 3 Каковы особенности определения и обозначения классов точности СИ?

4 Лабораторная работа № 4. Изучение закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений»

Цель – ознакомиться с законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», описать его структуру, изучить основные понятия.

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применению стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений, предусмотренной законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений, в том числе при выполнении работ и оказании услуг по обеспечению единства измерений [6].

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Согласованная Международная система единиц физических величин была принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам веса. Международная система – СИ (SI), SI – начальные буквы французского наименования Systeme International. В системе предусмотрен перечень из семи основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан, стерадиан) а также даны приставки для образования кратных и дольных единиц. Основные и дополнительные единицы представлены в таблице 4.1.

Основные единицы СИ. **Метр** равен длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды. **Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма. **Секунда** равна 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. **Ампер** равен силе не изменяющегося во времени электрического тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н. **Кельвин** равен $1/273,16$ части термодинамической температуры

тройной точки воды. **Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. **Кандела** равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Таблица 4.1 – Основные и дополнительные единицы СИ

<i>Основные единицы СИ</i>			
Величина	Единица	Обозначение	
Наименование	Наименование	русское	международное
Длина L	метр	м	m
Масса M	килограмм	кг	kg
Время T	секунда	с	s
Сила электрического тока I	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Количество вещества	моль	моль	mol
<i>Дополнительные единицы СИ</i>			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Передача единицы величины – приведение единицы величины, хранимой эталоном единицы величины или средством измерений, к единице величины, воспроизводимой или хранимой эталоном данной единицы величины или стандартным образцом, имеющим более высокие показатели точности.

Эталон – средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке. Конструкция эталона, его физические свойства и способ воспроизведения единицы определяются физической величиной, единица которой воспроизводится, и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений.

Государственный первичный эталон единицы величины – государственный эталон единицы величины, обеспечивающий воспроизведение, хранение и передачу единицы величины с наивысшей в Российской Федерации точностью, утверждаемый в этом качестве в установленном порядке и применяемый в качестве исходного на территории Российской Федерации.

Погрешности государственных первичных и специальных эталонов характеризуются неисключенной систематической погрешностью, случайной погрешностью и нестабильностью. Неисключенная систематическая погрешность описывается границами, в которых она находится. Случайная погрешность определяется средним квадратическим отклонением (СКО) результата измере-

ний при воспроизведении единицы с указанием числа независимых измерений. Нестабильность эталона задается изменением размера единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, за определенный промежуток времени.

Воспроизведение единицы физической величины – совокупность операций по материализации единицы физической величины с помощью государственного первичного эталона.

Воспроизведение единицы длины (метр) в соответствии с его определением, принятым в 1983 г., заключается в создании при помощи первичного эталона в специальных условиях длины пути, проходимого светом в вакууме за промежуток времени, равный $1/299792458$ с. При этом скорость света в вакууме принята за константу (299792458 м/с) (рисунок 4.1).

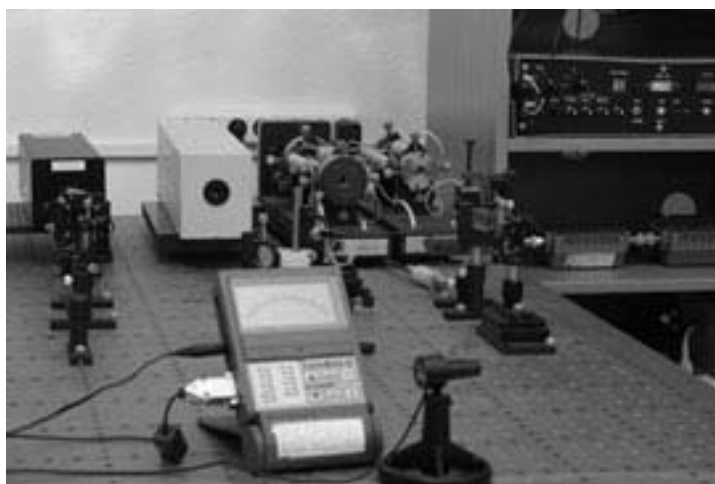


Рисунок 4.1 – Национальный эталон единицы длины

Международный эталон килограмма хранится в Международном бюро мер и весов, расположенном в Севре близ Парижа, и представляет собой цилиндр диаметром и высотой 39,17 мм из платино-иридиевого сплава (90 % платины, 10 % иридия) (рисунок 4.2).

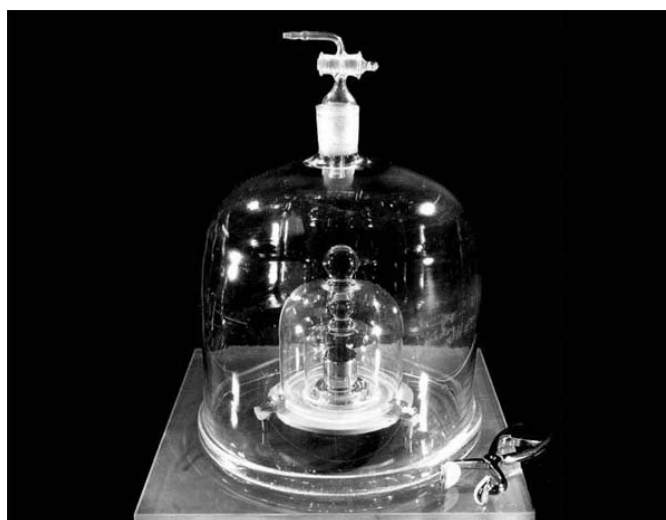


Рисунок 4.2 – Эталон единицы массы – килограмма

Задание

Ознакомиться с законом РФ «Об обеспечении единства измерений», описать его структуру, изучить основные понятия. Заполнить таблицу 4.2. Раскрыть значение и роль Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» в практической деятельности, ответить на контрольные вопросы.

Таблица 4.2 – Структура Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений»

Название глав	Общая характеристика / ключевые элементы

Контрольные вопросы

- 1 Что называется единством измерений?
- 2 Что такое эталон физической величины? Перечислите виды эталонов, свойства и предъявляемые требования к эталонам.
- 3 Что называется стандартными образцами, какие требования предъявляются к ним?
- 4 Что представляет собой калибровка, поверка и метрологическая экспертиза средств измерений?
- 5 Перечислите права и обязанности должностных лиц при осуществлении федерального государственного метрологического надзора.
- 6 Что представляют собой метрологические службы?

5 Лабораторная работа № 5. Разработка методики выполнения измерений. Изучение ГОСТ «Методики выполнения измерений»

Цель – ознакомиться с нормативной документацией, регламентирующей методику выполнения измерений ГОСТ 8.010–2013 *Методика выполнения измерений*.

Общие положения. Большое значение для процесса измерений имеет его правильная организация. Любое измерение требует от исполнителя контроля понимания и четкости выполнения всей совокупности операций, направленных на исключение или уменьшение влияния погрешностей на результат измерения. Сложность значительной части измерений и обработки их результатов обуславливает необходимость разработки методик выполнения измерений.

Методика выполнения измерений (МВИ) – совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью. Любая МВИ должна обеспечить воспроизведение единицы величины и выполнение операций по определению измеряемой величини

ны. Очевидно, что при решении обеих этих задач неизбежна определенная погрешность, т. е.

$$y = (1/q)x, \quad (5.1)$$

где y – результат измерения;

$1/q$ – коэффициент чувствительности МВИ;

x – измеряемая величина.

Так как $q \neq 1$, то $y \neq x$, а результат измерения содержит погрешность

$$\Delta = y - x = (1/q)x - x = [(1/q) - 1]x. \quad (5.2)$$

Эта погрешность зависит от значения измеряемой величины x , следовательно, она является мультипликативной. Причина ее появления – погрешность воспроизведения аттестуемой МВИ единицы величины.

Поскольку $x = q[X]$, где x – измеряемая величина, q – числовое значение, $[X]$ – единица величины, $q = x / [X]$. Определяем погрешность операции $x / [X]$, которую МВИ выполнит неточно

$$x / [X] = x + \Delta x, \quad (5.3)$$

где Δx – погрешность определения отношения $x / [X]$.

Из-за наличия в процессе измерения случайных факторов (например, аддитивная погрешность – случайная величина) результат измерения определяется следующим выражением:

$$y = x/[X] = (1/q)x + \Delta x[X] + (1/q)f, \quad (5.4)$$

где $\Delta x[X] + (1/q)f$ – аддитивная погрешность результата измерения;

f – аддитивное возмущение.

Таким образом, МВИ имеет аддитивную (смещение нуля линейной статической характеристики МВИ) и мультипликативную систематические погрешности. ГОСТ 8.010–2013 *Методики выполнения измерений* [4] устанавливает общие положения и требования к разработке МВИ, их содержанию, аттестации, стандартизации, метрологическому надзору. Методики разрабатывают и применяют с целью обеспечения выполнения измерений с погрешностью, не превышающей требуемой или приписанной характеристики (характеристики погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной МВИ).

Разработка МВИ состоит из нескольких этапов и включает в себя: выбор метода и средств измерений; установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, обработке промежуточных и окончательных результатов измерений; установление приписанных характеристик погрешности измерений; разработку нормативов и процедур контроля точности получаемых результатов измерений; оформление МВИ как докумен-

та; метрологическую экспертизу проекта МВИ; аттестацию МВИ; стандартизацию МВИ. Две последние операции могут выполняться как самостоятельные работы. Аттестация МВИ – процедура установления и подтверждения соответствия МВИ предъявленным к ней метрологическим требованиям. Аттестации подлежат МВИ, используемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора. Ее осуществляют метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений.

Содержание МВИ. Раздел «Требования к погрешности измерений» содержит числовые значения характеристик погрешности измерений или ссылку на документ, в котором они приводятся. Если эти требования различны для разных значений измеряемой величины, разных условий выполнения измерений и области использования результатов, то они должны быть указаны в виде таблицы, графика или уравнения. При этом оценивают погрешность средства измерений (инструментальную), метода (методическую), оператора (субъективную), а также возникающую в результате действия влияющих величин.

Раздел «Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы» содержит перечень средств измерений и других технических средств, применяемых при выполнении измерений. Здесь указывают обозначение соответствующих государственных стандартов или технических условий, типов средств измерений, их метрологические характеристики (класс точности, пределы допускаемых погрешностей, пределы измерений и др.).

Раздел «Методы измерений» содержит описание приемов сравнения измеряемой величины с единицей в соответствии с принципом, положенным в основу метода. Метод должен быть хорошо проанализирован, также необходимо оценить его погрешность. Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух или более величин, то описание каждого метода выделяют в отдельный подраздел.

Раздел «Требования безопасности, охраны окружающей среды» содержит требования, выполнение которых обеспечивает безопасность труда, соблюдение норм производственной санитарии и охрану окружающей среды.

Раздел «Требования к квалификации операторов» содержит сведения об уровне квалификации (профессии, образовании, практическом опыте и др.) лиц, допускаемых к выполнению измерений. Некоторые измерения без соответствующей подготовки и опыта провести крайне сложно или даже невозможно.

Раздел «Условия измерений» содержит перечень влияющих величин, их номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений, а также другие характеристики влияющих величин и требования к объекту измерений. К влияющим величинам относят параметры сред (образцов), источников питания и др.

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» содержит описание подготовительных работ, проводимых непосредственно перед выполнением измерений. К таким работам относят предварительное определение значений влияющих величин, сборку схем, подготовку и проверку режимов работы средств измерений и других технических средств (установка нуля, выдержка во включенном состоянии и др.). Если порядок подготовительных работ установлен в до-

кументах на средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Раздел «Выполнение измерений» содержит перечень, объем, последовательность операций, выполняемых в процессе измерений, периодичность и число измерений, описания операций, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр и т. п.).

Раздел «Обработка результатов измерений» содержит описания способов получения и обработки результатов измерений. При необходимости здесь же приводят данные, требуемые для получения результатов измерений (константы, графики, уравнения и т. п.).

В разделе «Контроль точности результатов измерений» содержатся указания о нормативах, методах, средствах и порядке проведения первичного (оперативного) и периодического контролей погрешностей результатов измерений, выполняемых по данной МВИ.

В раздел «Оформление результатов измерений» включают требования к форме представления полученных результатов измерений. При необходимости приводят сведения о применяемых средствах измерений и других технических средствах, дате и времени получения результатов измерений. Соответствующий документ или внесенную запись удостоверяет лицо, проводившее измерения.

В методиках при необходимости допускается исключать или объединять указанные разделы или изменять их наименования, а также включать дополнительные разделы с учетом специфики измерений. Перед разработкой МВИ следует проанализировать каждый ее раздел. После разработки методика должна быть предварительно опробована и потом утверждена в виде нормативного документа. Нестандартизованные методики подлежат метрологической аттестации, которая проводится по специальной программе. Аттестат на МВИ подписывают лица, проводившие метрологическую аттестацию, и утверждает руководитель организации.

Любая методика со временем может устареть. Поэтому метрологической службой периодически проводится метрологическая экспертиза МВИ, которая включает в себя анализ каждого раздела методики. При несоответствии установленным требованиям методика перерабатывается и утверждается заново.

Задание

Ознакомиться с нормативной документацией, регламентирующей методику выполнения измерений ГОСТ 8.010–2013 *Методика выполнения измерений*, сформулировать требования к разработке и оформлению методики выполнения измерений на средство измерения, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое методика выполнения измерений?
- 2 Что собой представляет аттестация методик выполнения измерений?
- 3 Что такое референтная методика выполнения измерений?

6 Лабораторная работа № 6. Разработка методики выполнения измерений

Цель – научиться разрабатывать методику выполнения измерений.

Пример расчета погрешности при измерении площади поверхности геометрических тел.

Площадь поверхности S рассчитывается по формуле

$$S = a \cdot b, \quad (6.1)$$

где a – длина поверхности;

b – ширина поверхности.

Формула для вычисления погрешности косвенного измерения

$$\frac{\Delta S}{S} = \sqrt{\left(\frac{\partial S}{\partial a} \cdot \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial b} \cdot \Delta b\right)^2}, \quad (6.2)$$

где ΔS – погрешность при вычислении площади;

∂S – дифференциал площади;

∂a – дифференциал длины поверхности;

Δa – погрешность при определении длины поверхности;

∂b – дифференциал ширины поверхности;

Δb – погрешность при определении ширины поверхности;

Берем частные производные от формулы (6.1) и, подставив эти данные в формулу (6.2), получаем

$$\frac{\Delta S}{S} = ab \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2}. \quad (6.3)$$

Полная погрешность измерения площади

$$\Delta S_{\text{полн}} = ab \sqrt{\varepsilon_S^2 + \Delta_{CS}^2}, \quad (6.4)$$

где ε_S – случайная составляющая погрешности измерения площади;

Δ_{CS} – систематическая составляющая погрешности измерения площади.

Пределы допускаемой погрешности по данной методике $\pm 3\%$.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучите теоретический материал.
- 2 Определите область применения штангенприборов и микрометрических приборов.
- 3 Рассчитайте погрешность при измерении площади поверхности геометрических тел.
- 4 Проведите анализ выбранных средств измерений и вспомогательных устройств, составьте их перечень.
- 5 Выберите метод измерений.
- 6 Проанализируйте основные требования к условиям проведения измерений.
- 7 Укажите мероприятия, которые необходимо провести для выполнения измерений.
- 8 Составьте порядок выполнения измерений.
- 9 Укажите способы обработки результатов измерений.
- 10 Определите, каким способом производится контроль точности результатов измерений.

Отчет о работе должен включать в себя: наименование и цель работы; формулы для расчета погрешности при измерении площади поверхности геометрических тел и их вывод; методику выполнения измерений площади поверхности одним из приборов.

Задание

Разработать методику выполнения измерений на средство измерения, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Охарактеризуйте типичные составляющие и способы оценивания характеристик погрешностей измерений.
- 2 Какие методы измерений вы знаете? В чем их особенности?
- 3 Какими методами и средствами можно провести контроль точности результатов измерений?
- 4 Что собой представляет контроль точности результатов измерений?

7 Лабораторная работа № 7. Разработка программы метрологической аттестации средств измерений

Цель – освоить порядок разработки метрологической аттестации средств измерений.

Теоретические сведения. Метрологическая аттестация – это признание средства измерений (испытаний) узаконенным для применения (с указанием его метрологического назначения и метрологических характеристик) на основании тщательных исследований метрологических свойств этого средства. Метрологическая аттестация выполняется органами Государственной метрологической службы (ГМС) или метрологическими службами юридических лиц. Метрологической аттестации могут подвергаться: СИ, не подлежащие государственным испытаниям или утверждению типа органами ГМС; опытные образцы СИ, измерительные приборы, выпускаемые или ввозимые из-за границы в единичных экземплярах или мелкими партиями, измерительные системы и их каналы.

На основании метрологической аттестации признают законными уникальные средства измерения и отбираемые из числа рабочих, предназначенные для применения в качестве образцовых.

Каждое средство измерений подвергается метрологической аттестации индивидуально. Основные задачи метрологической аттестации СИ: определение метрологических характеристик СИ и установление их соответствия требованиям нормативной документации; установление перечня метрологических характеристик СИ, подлежащих контролю при поверке; опробование методики поверки.

Метрологическая аттестация проводится по специально разработанной и утвержденной программе. Результаты оформляются в виде протокола определенной формы. При положительных результатах выдается свидетельство о метрологической аттестации установленной формы, где указывают метрологические характеристики средства измерения.

Между измерением и испытанием имеется различие: погрешность испытания складывается из погрешности измерения и погрешности воспроизведения режимов испытания. Измерение можно считать частным случаем испытания, при котором условия последнего не представляют интереса. В соответствии с этим существуют различия в аттестации СИ и испытательного оборудования (основные положения и порядок проведения аттестации последнего утверждены ГОСТ Р 8.568–2017 *Аттестация испытательного оборудования. Основные положения*). Основная цель метрологической аттестации испытательного оборудования – подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допустимых отклонений и установление возможности использования данного оборудования в соответствии с его назначением.

Аттестация бывает первичной, периодической и повторной.

Первичная аттестация заключается в экспертизе эксплуатационной и проектной документации, экспериментальном определении технических характеристик испытательного оборудования и подтверждении пригодности его к использованию. Технические и метрологические характеристики, подлежащие определению, выбирают из числа нормированных и установленных в документации. Данные характеристики должны свидетельствовать о возможности оборудования воспроизводить условия испытаний в течение установленного времени. В процессе первичной аттестации устанавливают: возможность воспроизведения внешних воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта испытания, установленных в документах на методики испытаний конкретных видов продукции; отклонения параметров условий испытаний от нормированных значений; степень обеспеченности безопасности персонала и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду; перечень характеристик оборудования, которые должны проверяться при периодической аттестации, а также методы, средства и периодичность аттестации.

Периодическую аттестацию проводят в процессе эксплуатации испытательного оборудования в объеме, необходимом для подтверждения соответствия его характеристик требованиям нормативных документов на методики испытаний и эксплуатационных документов, не реже одного раза в пять лет. Результаты аттестации оформляют в виде протокола. При положительных результатах на испытательное оборудование выдается аттестат определенной формы, а также делается запись в эксплуатационных документах. К метрологической аттестации допускаются лица, имеющие специальную подготовку и практический стаж работы в поверочных подразделениях. Аттестация проводится специально создаваемой комиссией из числа высококвалифицированных специалистов-метрологов.

Итак, на основании метрологической аттестации средству измерений присваивается определенный ранг (образцовое, рабочее), а его владельцу дается право применять данное СИ в указанном качестве. Далее путем поверки периодически проверяется, соответствует ли средство измерений установленному рангу, т. е. поверке отводится контрольная функция.

Задание

Ознакомиться с нормативной документацией, регламентирующей метрологическую аттестацию средств измерений; сформулировать требования к разработке, содержанию и оформлению метрологической аттестации на средство измерений согласно нормативной документации.

Порядок выполнения работы

1 Изучите общие положения метрологической аттестации СИ. Ознакомьтесь с нормативной документацией, регламентирующей их метрологическую аттестацию.

2 Проанализируйте основные требования к проведению метрологической аттестации цифровых средств измерений.

3 Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое метрологическая аттестация? Перечислите основные задачи метрологической аттестации.
- 2 Кто осуществляет метрологическую аттестацию?
- 3 На какие средства измерений распространяется метрологическая аттестация?
- 4 Что устанавливают в процессе первичной аттестации?

Список литературы

- 1 **Соломахо, В. Л.** Нормирование точности и технические измерения: учебник / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 367 с.
- 2 **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация: учебник и практикум для академ. бакалавриата в 2 ч. Ч. 1: Метрология / А. Г. Сергеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2017. – 325 с.
- 3 Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / А. М. Степанов [и др.]; под общ. ред. С. Н. Глаголева. – 3-е изд. – Москва: АСВ, 2016. – 248 с.
- 4 **Правиков, Ю. М.** Метрологическое обеспечение производства: учебное пособие для вузов / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. – Москва: КноРус, 2017. – 240 с.
- 5 **Колчков, В. И.** Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В. И. Колчков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2017. – 432 с.