

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

  
«25» 07



## ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов  
направления подготовки 09.03.01

Курск 2020

УДК 621.317.08(075.8)

Составители: Д.В. Титов, С.Н.Гвоздева

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Панищев В.С.

**Проверка средств измерений:** методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и технические измерения» для студентов направления подготовки 09.03.01 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Д.В. Титов, С.Н.Гвоздева – Курск, 2020. - 14 с.: ил. 4, табл. 1. – Библиогр.: с. 14.

Излагаются методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине "Метрология, стандартизация и технические измерения", охватывающие методы измерения электрических величин приборами непосредственной оценки, определение погрешностей измерений, методику проверки электроизмерительных приборов непосредственной оценки.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.07.20. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 0,4. Уч.- изд. л. 0,6 Тираж 50 экз. Заказ 206 Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет  
Издательско-полиграфический центр Юго-Западного государственного  
университета. 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

1. Цель работы	4
2. Приборы, используемые в работе	4
3. Программа работы	4
4. Методические указания	5
5. Контрольные вопросы	12
6. Библиографический список	13
7. Приложение 1	14

## 1. Цель работы

Ознакомление с методикой поверки электроизмерительных приборов непосредственной оценки с помощью образцовых средств измерения.

## 2. Приборы, используемые в работе

- 2.1. Регулируемый источник постоянного тока.
- 2.2. Комбинированный ампервольтметр М 502.
- 2.3. Комбинированный ампервольтметр М 1106.
- 2.4. Вольтметр универсальный цифровой РВ7-32.
- 2.5. Магазин сопротивлений.
- 2.6. Секундомер.

Сборка измерительных схем, приведенных на рис. 1, производится в соответствии с методическими указаниями (разд. 4).

## 3. Программа работы

3.1. Изучить основные термины и понятия метрологии, принципы поддержания единства мер и измерительных приборов и построения поверочных схем средств измерения, классификацию погрешностей измерений и измерительных приборов, методы математической обработки ряда прямых измерений.

3.2. Изучить принципы действия, основные типы конструкций и основные свойства электроизмерительных приборов непосредственной оценки магнитоэлектрической системы.

3.3. Собрать схему для поверки вольтметров (рис. 1).

3.4. Провести поверку магнитоэлектрического вольтметра по образцовым аналоговому и цифровому вольтметрам (в соответствии с методическими указаниями: подраздел 4.2).

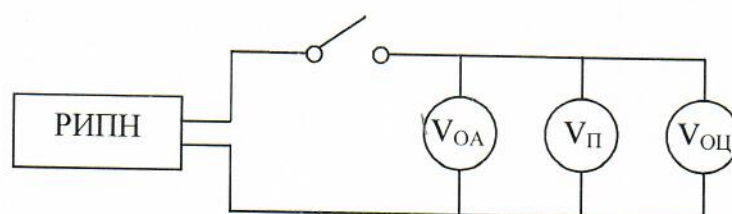


Рис. 1. Схема для поверки вольтметра: РИПН – регулируемый источник постоянного напряжения; К - ключ;  $V_{OA}$ ,  $V_{OC}$ ,  $V_{П}$  - образцовые (аналоговый и цифровой) и поверяемые вольтметры.

3.5. С помощью секундомера определить время успокоения поверяемого и образцового вольтметров.

3.6. Используя данные измерений и результаты их обработки, оформить отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

#### 4. Методические указания

4.1. Вопросы, перечисленные в п.д. 3.1-3.2 программы работы должны быть изучены при домашней подготовке к лабораторной работе по рекомендованной литературе и лекционному материалу.

Поверкой средств измерений (СИ) называется определение метрологическим органом погрешностей СИ и установление его пригодности к применению. Она является одним из звеньев в многоступенчатой цепи передачи размера единиц от эталона к рабочему СИ. Поверка СИ осуществляется обычно путем сличения его показаний с показаниями более точного СИ. СИ, служащие для поверки по ним других СИ, называются образцовыми средствами измерения (ОСИ).

Поверка СИ производится в соответствии с требованиями нормативно-технических документов. Для аналоговых амперметров и вольтметров таким документом является ГОСТ 8.417-83. Он устанавливает основные требования к ОСИ, оставляя работникам метрологических служб достаточно широкие возможности для выбора метода поверки и вида образцовой аппаратуры.

Выбор метода поверки и вида ОСИ для каждой поверочной лаборатории определяется техническими и экономическими факторами.



Рис 2. Структурные схемы поверки СИ

По составу поверочного оборудования и характерным операциям, выполняемым при определении погрешности поверяемого прибора, можно выделить две группы методов поверки. Структурные схемы поверки СИ приведены на рис. 2.

*Первая группа* - методы, основанные на использовании ОСИ (рис. 2,а).

*Вторая группа* - методы, основанные на использовании образцовых мер электрических величин (рис. 2,б).

В первом случае (рис. 2,а) сигнал X от источника И измеряемой величины подается на поверяемый (ПП) и образцовый (ОП) приборы и сравнивают показания  $X_{п}$  поверяемого прибора с показаниями  $X_{о}$  образцового прибора. Абсолютная погрешность поверяемого прибора при этом определяется как разность показаний:

$$\Delta = X_{п} - X_{о} \quad (1)$$

Методы второй группы (рис. 2,б) состоят в сравнении показаний ПП с показаниями  $X_{ом}$  образцовой меры М, воспроизводящей измеряемую величину. В этом случае

$$\Delta = X_{п} - X_{о} \quad (2)$$

Независимо от выбранного метода поверки необходимо уметь выбрать ОСИ по точности. Выбор этот, прежде всего, определяется необходимым соотношением пределов допустимой погрешности ОСИ и поверяемого прибора, которое должно быть согласно ГОСТ 8.497-83 не более 1:5. Допускается соотношение 1:3 при поверке приборов класса точности 0,5 и более точных, и 1:4 при поверке приборов класса 1,0 и менее точных.

Пределы измерений ОП и ПП желательно иметь одинаковыми, но могут использоваться ОП с большим пределом измерений, чем у ПП.

Требуемый класс точности ОСИ можно рассчитать по формуле (3)

$$\gamma_0 \leq \alpha \gamma_N \frac{X_{НП}}{X_{НО}} \quad (3)$$

где  $\gamma_N$  и  $\gamma_0$  классы точности образцового и поверяемого приборов соответственно;

$\alpha$  - требуемое соотношение между погрешностями ОП и ПП (1:5, 1:4, 1:3);

$X_{НО}$  и  $X_{НП}$  - нормирующие значения (предел измерения)

ОП и ПП соответственно.

4.2. Для поверки вольтметра необходимо собрать схему, изображенную на рис.1, установив ключ К в разомкнутом состоянии. Подготовку к поверке следует осуществлять в следующей последовательности:

- проверить, по встроенному в образцовый прибор уровню, горизонтальность его положения. При необходимости откорректировать положение прибора с помощью винтовых регулируемых опор, добиваясь выставления воздушного пузырька уровня точно по центру;
- проверить соответствуют ли начальные положения стрелок образцового и поверяемого приборов нулевым делениям шкалы. При необходимости с помощью механических корректоров выставить стрелки обоих приборов на нулевые отметки;
- переключатель «Заряд - работа» на задней панели вольтметра РВ7-32 поставить в положение «Работа»;
- переключатель рода работ уставить в положение U... ;

- подключить измеряемое напряжение к гнездам \* - общий и U... ;
- включить вилку шнура питания в сетевую розетку;
- выставить на вольтметрах одинаковые пределы измерения, не превышающие диапазон регулирования РИПН, включить РИПН в сеть и, установив регулятор выходного напряжения в крайнее положение, соответствующее минимальному выходному напряжению, включить ключ К;
- плавно меняя выходное напряжение, убедиться, что диапазон его регулирования достаточен для полного отклонения стрелок вольтметров, после чего вновь вернуть регулятор в положение, соответствующее исходному напряжению.

Проверка должна производиться на всех оцифрованных делениях шкалы поверяемого прибора при подводе к ним стрелки снизу (от меньших значений) и сверху (от больших значений). Если плавность регулировки выходного напряжения РИПН недостаточна, то следует использовать дополнительную регулировочную приставку, подсоединяемую к выходным клеммам РИПН. В начале следует произвести проверку всех оцифрованных делений шкалы при подводе к ним стрелки снизу (от меньших значений). При этом если случайно стрелка перешла поверяемое деление, необходимо вернуть ее назад, а затем вновь плавно подвести к поверяемому делению с нужной стороны. Стрелку необходимо точно совмещать с оцифрованными делениями поверяемого прибора, а затем снимать точные показания с образцового прибора. Для снятия точного отсчета необходимо избегать субъективной погрешности из-за параллакса. Для этого точные приборы снабжены зеркальной шкалой. При отсчете следует так смотреть на шкалу, чтобы кончик стрелки совмещался с его отражением в зеркале шкалы. Для получения точного отсчета по образцовому прибору необходимо пользоваться его шкалой, которая для удобства считывания долей мелких делений имеет пять концентрических дуг, которые пересекаются косыми линиями по диагонали каждого малого деления шкалы (см. рис. 5). Точки пересечения этих косых линий с дугами делят каждое малое деление шкалы на пять равных частей.

Результаты измерений необходимо внести в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1- Результаты измерений

Показания поверяемого прибора, (В)	Показания образцового прибора, (В)				Абсолютная погрешность (В)				Вариация прибора		Относительная погрешность		Приведенная погрешность	
	при увел.		при умен.		при увел.		при умен.		А	Ц	А	Ц	А	Ц
	А	Ц	А	Ц	А	Ц	А	Ц						

4.3. Абсолютная погрешность поверяемого прибора вычисляется в виде разницы показаний поверяемого и образцового приборов на каждом из поверяемых делений:

$$\Delta_{\Pi} = \alpha_{\Pi} - \alpha_0 \quad (4)$$

В табл. 1 ее следует вносить с учетом знака.

4.4. Относительная и приведенная погрешности рассчитываются по формулам:

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{\alpha_{\Pi}} 100 \% \quad (5)$$

$$\gamma_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{\alpha_N} \quad (6)$$

где  $\alpha_N$  – номинальное значение шкалы поверяемого прибора (соответствующее его пределу измерения).

Относительная и приведенная погрешность поверяемого прибора определяется для каждого поверяемого деления по абсолютной погрешности, наибольшей по абсолютному значению (из двух ее значений, получаемых при возрастании и убывании показаний).

4.5. Вариация прибора представляет собой алгебраическую разность показаний образцового прибора при подводе стрелки поверяемого прибора к одному из оцифрованных делений снизу и сверху. Очевидно, что она равна разности соответствующих абсолютных погрешностей (с учетом их знаков).

4.6. Соответствие поверяемого прибора указанному на его шкале классу точности может быть оценено из следующих соображений:

- если одно из полученных значений  $\Delta_{\Pi}$  (табл. 1) не превосходит предела допустимой основной погрешности, то поверяемый прибор соответствует указанному на его шкале классу точности и признается пригодным к эксплуатации. Предельно допустимое значение основной погрешности поверяемого прибора может быть определено из выражения:

$$\Delta_{\max} \leq \frac{\gamma_{\Pi} X_N}{100} \quad (7)$$

- если ни одно из полученных значений приведенной погрешности  $\gamma_{\Pi}$  (табл. 1) не превышает указанного на шкале класса точности, то поверяемый прибор соответствует указанному классу точности.



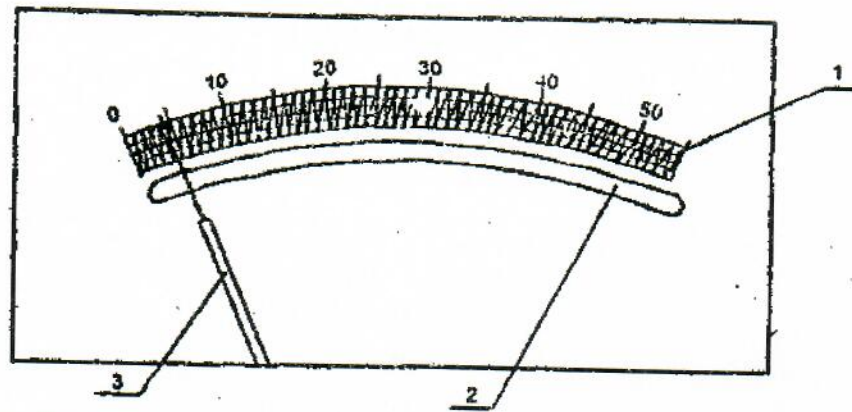


Рис. 3. Устройство шкалы точных электроизмерительных приборов: 1- шкалы, 2 - зеркало, 3 - стрелка

Если в результате поверки оказывается, что абсолютное значение погрешности в некоторых точках шкалы превышает предел допустимой основной погрешности для данного типа приборов поверяемый прибор может быть допущен к эксплуатации с указанием более грубого класса точности, который присваивается прибору по результатам поверки. Класс точности измерительного прибора – это максимальная величина его приведенной погрешности, выраженной в процентах.

$$\gamma = \frac{\Delta_{\max}}{X_N} 100 \% \quad (8)$$

Класс точности выбирается из нормированного ряда погрешностей (ГОСТ 8401-80).

$$\text{Класс точности} = A * 10^N$$

где  $A$  – одно из чисел 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0;  $N$  – одно из чисел 1; 0; -1; -2.

4.7. Для выявления наличия аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей поверяемого прибора необходимо построить график зависимости погрешностей от измеряемой величины. Обозначив на нем погрешности при подходе снизу и сверху разными цветами или символами (например, 0 - при подходе снизу, 1- при подходе сверху), проанализируем его на наличие аддитивной и мультипликативной составляющих. Если вариация всегда имеет один и тот же знак, значит, систематическая составляющая вариации имеет место. Более точно ее можно вычислить по формуле:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (9)$$

где  $n$  – число поверяемых делений прибора;  $V_i$  – текущие значения вариации прибора.

Для выявления мультипликативной составляющей погрешности необходимо найти среднее из двух значений погрешности для каждого

поверяемого деления прибора, нанести его на график с помощью третьего символа (например, \*) и соединить эти точки между собой ломаной линией. Она наглядно покажет наличие мультипликативной составляющей, если последняя имеет место.

4.8. Для определения времени успокоения поверяемого и образцового приборов используется та же схема (рис. 4). При замкнутом ключе К необходимо выставить стрелки приборов на середину шкалы (путем подачи соответствующего напряжения от РИПН). Затем мысленно отметить точки шкалы, лежащие по обе стороны от среднего деления на расстоянии равном 1% от длины шкалы. Затем разомкнуть ключ К, дать стрелкам приборов успокоиться на нулевых отметках шкалы и вновь замкнуть ключ, одновременно запустив секундомер. Остановить секундомер нужно в тот момент времени, когда колебания стрелки возле среднего деления не будут превышать по размаху 1% от длины шкалы (т.е. не выйдут за мысленно отмеченные на шкале точки).

Обычно коэффициент успокоения приборов подбирается таким, что стрелка прибора останавливается, совершив не более 2-3 колебаний. Слишком большой коэффициент успокоения приводит к аperiodическому процессу успокоения. Наилучшим же является критический режим успокоения, когда стрелка совершает одно полуколебание (перейдя точку установившегося отклонения, она затем аperiodически приближается к ней сверху). Этому режиму соответствует минимально возможное (для данной динамической системы) время успокоения. Поэтому при выполнении этого пункта программы необходимо не только замерить время успокоения каждого прибора, но и определить режим успокоения (колебательный, аperiodический, критический). Для уменьшения случайных и субъективных погрешностей каждый опыт следует повторить 3-5 раз и результат получать как среднее арифметическое.

В зависимости от характера затухания колебаний стрелки отсчетного устройства (характера успокоения колебательной системы измерительного механизма) различают три вида переходных процессов в СИ (см. рис. 1):

– *колебательный процесс*, при котором стрелка отсчетного устройства прибора совершает затухающие колебания около состояния равновесия;

– *аperiodический процесс*, при котором стрелка отсчетного устройства асимптотически приближается к состоянию равновесия, не переходя его;

– *критический*, при котором стрелка отсчетного устройства совершает одно полуколебание, т.е. перейдя состояние равновесия, далее асимптотически приближается к нему сверху.

Критический процесс является граничным между колебательным и аperiodическим процессами.

Время установления показаний (время успокоения системы) – это промежуток времени с момента скачкообразного изменения измеряемой величины до момента последнего вхождения стрелки отсчетного устройства в зону установившегося состояния (область, в которой колебания стрелки отсчетного устройства становятся меньше погрешности прибора).

Минимально возможное (для данной колебательной системы) время успокоения соответствует критическому режиму.

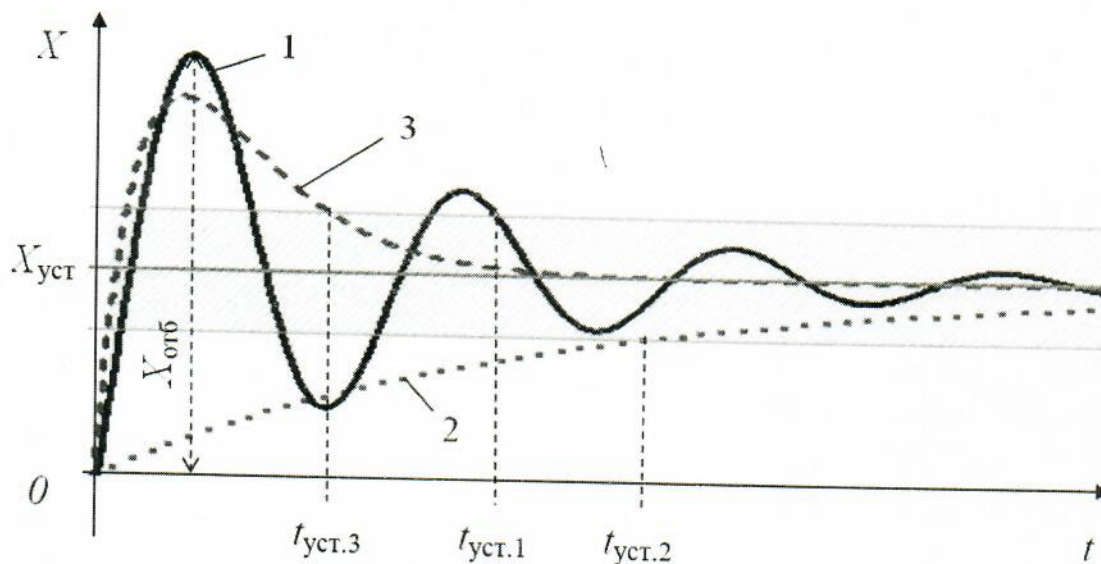


Рисунок 4. Переходная характеристика СИ.

Виды процессов установления показаний СИ  
(заштрихованная область соответствует зоне установившегося состояния):

- 1 – колебательный процесс; 2 – апериодический процесс;
- 3 – критический процесс;
- $X_{уст}$  – величина скачка измеряемой величины;
- $X_{отб}$  – значение первого отброса указателя;
- $t_{уст.1}$ ,  $t_{уст.2}$ ,  $t_{уст.3}$  – время установления показаний СИ  
(для процессов 1, 2 и 3 соответственно)

## **5. Контрольные вопросы**

- 5.1. Что понимается под классом точности измерительных приборов?
- 5.2. Какие виды погрешностей Вы знаете?
- 5.3. Что понимается под термином "поверка средств измерения"?
- 5.4. По каким критериям выбираются образцовые средства измерения при проведении поверки?
- 5.5. Как определяется соответствие прибора указанному классу точности?
- 5.6. Каковы основные правила поверки электроизмерительных приборов непосредственной оценки?
- 5.7. Какие погрешности выявляются в результате поверки?
- 5.8. Какие существуют типы конструкций измерительных механизмов магнитоэлектрической системы?
- 5.9. Какие основные достоинства и недостатки электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы?
- 5.10. Для чего необходимо создание успокаивающего момента в измерительных механизмах. Как он создается в приборах магнитоэлектрической системы?

## Библиографический список

1. Титов Д.В., Эрастов В.Е. Основы метрологии, стандартизации и сертификации в области вычислительной техники и систем управления: учебное пособие.- Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2017. – 199 с.
2. Гвоздев В.Д. Прикладная метрология. Метрологическое обеспечение: Учебное пособие. - М.: РУТ (МИИТ), 2018. – 72 с.
3. Шишмарев В.Ю. Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование.- М.:Издательский центр «Академия», 2016.-320 с.
4. Основы метрологии и электрические измерения/ Под ред. Е.М.Душчина. Л.: Энергоатомиздат. 1987. – 120 с.
5. Электрические измерения / Под ред. В.П. Малиновского. М.: Энергоатомиздат. 1985. – 124 с.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

### 1. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе является одним из видов технической документации и должен удовлетворять требованиям стандартов. Общие требования и правила оформления отчета устанавливает ГОСТ 7.32-81 "Отчет о научно-исследовательской работе". Отчет выполняется на белой бумаге формата А4.

Допускается выполнять отчет на обычных двойных листах ученической тетради.

### 2. Указания к отчету

Отчет по лабораторной работе должен включать:

- титульный лист;
- цель работы;
- описание измерительной установки;
- программу лабораторной работы;
- основные расчетные формулы;
- результаты экспериментальных исследований, представленные в законченном виде (таблицы, графики, расчеты, осциллограммы и т.д.);
- анализ результатов эксперимента по каждому пункту программы или группе пунктов, объединенных общей исследовательской задачей и сравнение их с результатами теории;
- выводы по итогам проделанной работы.

### 3. Формы контроля отчетности

3.1. Подготовленность студента к лабораторной работе контролируется индивидуально путем краткого опроса. По результатам опроса осуществляется допуск к работе. Неподготовленные студенты к лабораторной работе не допускаются.

3.2. Лабораторная работа считается выполненной после защиты отчета. Отчет оформляется каждым студентом и представляется к защите не позднее следующего занятия. Пропустившие без уважительной причины или не представившие отчет в срок, допускаются к следующим занятиям только после письменного разрешения декана или его заместителя.

3.3. Итоговой формой отчетности по лабораторному практикуму является допуск по курсу в целом. Допуск осуществляется автоматически, если студент выполнил и защитил все работы.