



## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Ю.К. Кривогузова





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

### ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

## ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении различных видов измерений, а также в практическом освоении прямых и косвенных методов измерения электрических величин (постоянного тока и напряжения).

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение классификации измерений;
- измерение величины постоянного тока прямым и косвенным методами;
- измерение величины напряжения постоянного тока прямым и косвенным методами.





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

**КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

## КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения классифицируются по нескольким признакам, наиболее важные из которых представлены в виде схемы на рис. 1.

По первому признаку измерения подразделяются на статические, при которых измеряемая величина (ИВ) остаётся постоянной во времени в процессе измерения, и динамические, при которых ИВ изменяется в процессе измерения.

Классификация по второму признаку является в большей степени условной, однако широко применяется в измерительной технике.

По третьему признаку измерения подразделяются на 3 класса: Измерения максимально возможной точности, достижимой при современном уровне техники – это измерения, связанные с созданием и воспроизведением эталонов. Контрольно–поверочные измерения – измерения, погрешности которых не должны превышать заданного значения. Такие измерения осуществляются в основном государственными и ведомственными метрологическими службами и ремонтными организациями. Технические измерения – измерения, в которых погрешность результата определяется метрологическими характеристиками средств измерения. Технические измерения являются наиболее распространёнными и выполняются во всех отраслях хозяйства и науки.





# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

## КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

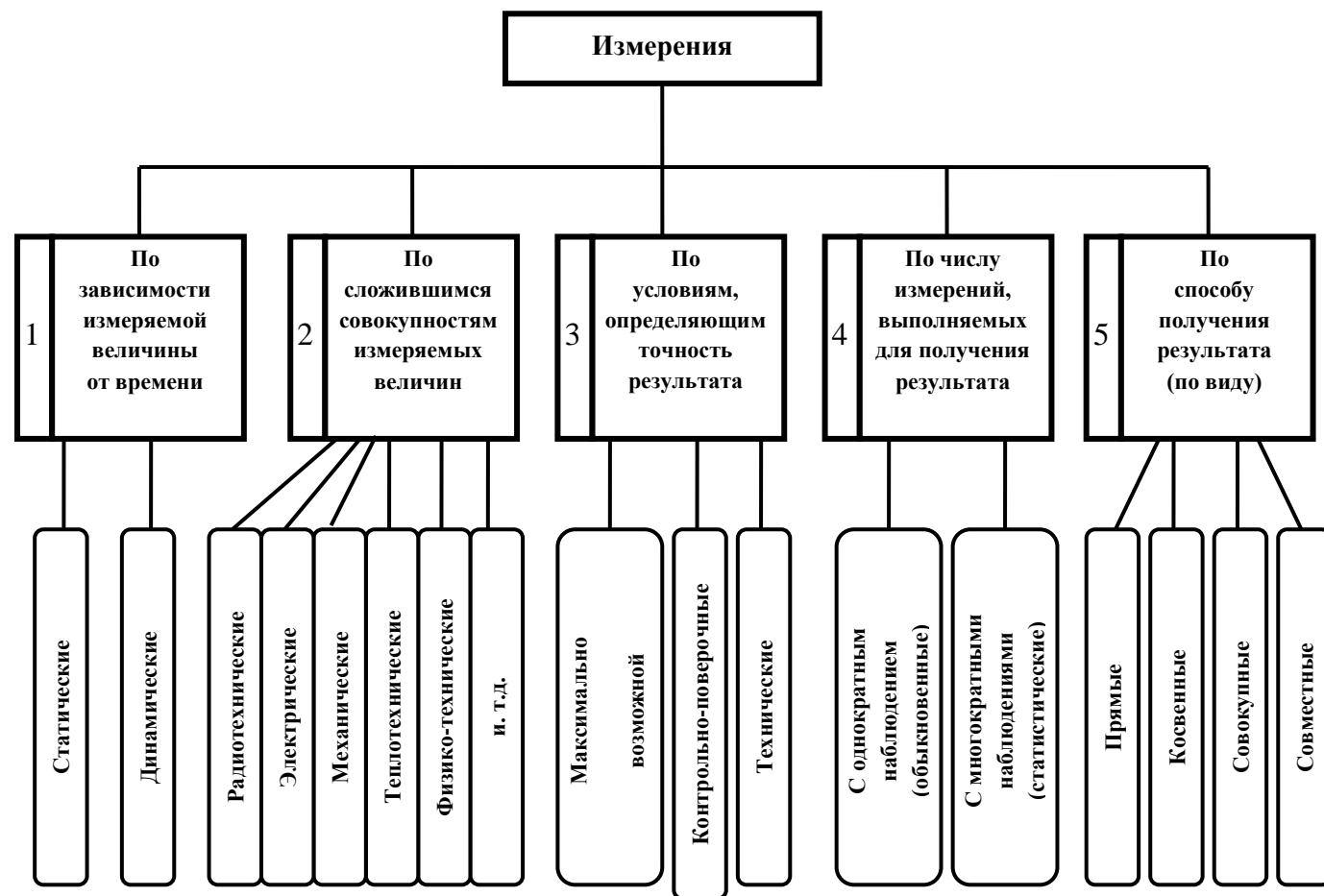


Рисунок 1 – Классификация измерений



## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

**КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

По четвертому признаку измерения классифицируются в зависимости от числа наблюдений многократные и однократные.

Под наблюдением понимают экспериментальную операцию, выполняемую в процессе измерения, в результате которой получают одно значение из серии значений величин, подлежащих совместной обработке для получения результата измерений.

По пятому признаку измерения подразделяются в зависимости от вида уравнения измерения, что и определяет способ получения результата.

Прямыми называют измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных (по показаниям ИП).

Косвенными называют измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, измеренными прямым методом.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \tau), \quad (1)$$

где  $Y$  – искомая, косвенно измеренная величина;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – величины, измеренные прямым методом;

$\tau$  – время.





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Совокупными называют производимые одновременно измерения нескольких одноимённых величин, при которых искомые значения величины находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин или ряда других величин, функционально связанных с измеряемыми.

Совместными называют проводимые одновременно измерения двух или нескольких разноимённых величин для нахождения зависимости между ними. Примером совместных измерений может служить измерение тепловой энергии по температуре, давлению и расходу теплоносителя, определение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения.





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**Внимание!** Все коммутации осуществлять при выключенном электропитании лабораторной установки с помощью сетевых автоматов АВ1 и АВ2 блока питания.

### Прямой метод измерения напряжения постоянного тока

Для прямого измерения напряжения постоянного тока необходимо собрать схему, приведенную на рис. 2.

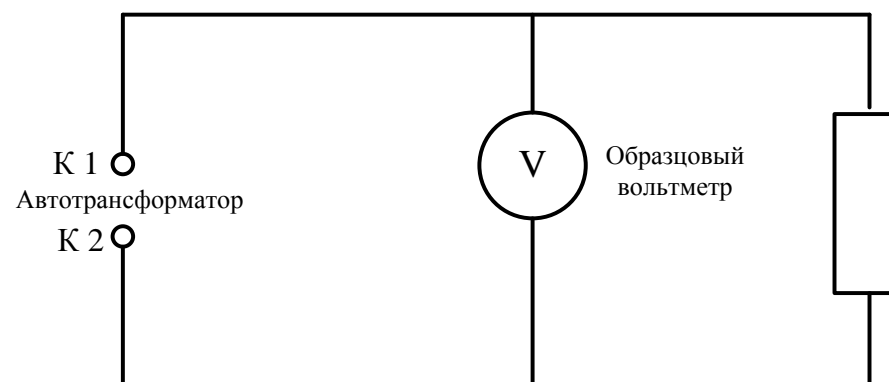


Рисунок 2 – Схема экспериментальной цепи

Порядок сборки схемы экспериментальной цепи:

1. Установить регулятор Р2 «Установка +U» в крайнее левое положение.
2. Соединить контакт К5.1 резистора R1 Наборного поля с общим контактом К7 Блока питания.
3. Соединить контакт К6.1 резистора R1 Наборного поля с контактом «0...+15В» К8.



## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4. Установить переключатель режима работы Мультиметра в положение измерения **постоянного напряжения**, предел измерения 20 В.
5. Соединить общий контакт измерения Мультиметра COM с контактом K5.2 резистора R1 Наборного поля (5 рис. 1.2).
6. Соединить контакт измерения VΩHz с контактом K6.2 резистора R1 Наборного поля.
7. Включить электропитание лабораторной установки (установить переключатели сетевых автоматов АВ1 и АВ2 вверх), мультиметр.
8. Плавно поворачивать регулятор «Установка +U» по часовой стрелке, изменяя величину измеряемого напряжения. Показания мультиметра занести в таблицу 1.

Таблица 1 – результаты измерения постоянного напряжения

Угол поворота регулятора P2 «Установка +U», °	Результаты прямого измерения напряжения, В	Результаты косвенного измерения напряжения, В
0		
60		
120		
180		







## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### Косвенный метод измерения напряжения постоянного тока

Напряжение и ток в цепи постоянного тока связаны законом Ома:

$$U = I \cdot R, \quad (2)$$

где  $U$  – искомое значение напряжения, В,

$I$  – измеренное значение постоянного тока, А,

$R$  – известное значение сопротивления, Ом.

следовательно, величину напряжения постоянного тока в цепи можно оценить, измерив величину тока в цепи.

Для косвенного измерения напряжения постоянного тока цепи необходимо собрать схему:

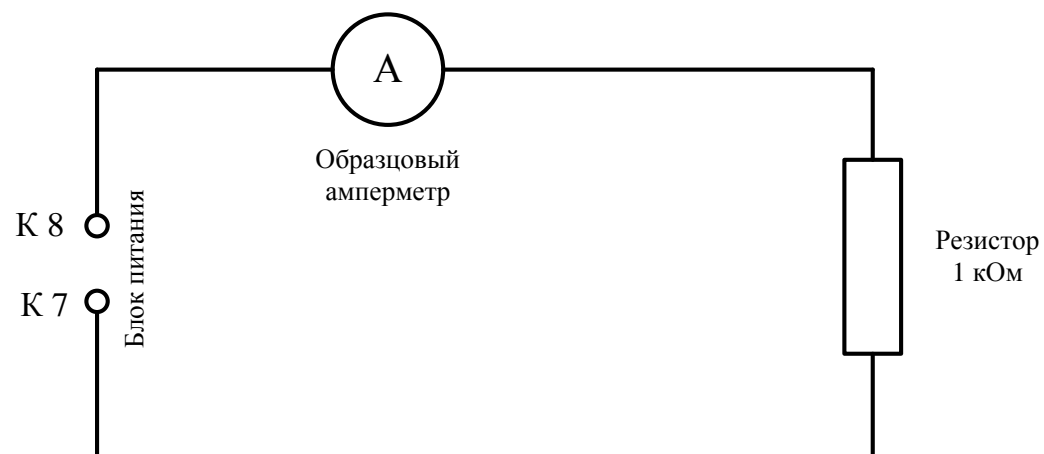


Рисунок 3 – Схема экспериментальной цепи



## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Порядок сборки схемы экспериментальной цепи:

1. Установить регулятор Р2 «Установка +U» в крайнее левое положение.
2. Установить переключатель режима работы Мультиметра в положение измерения **постоянного тока**, предел измерения 20 мА.
3. Соединить общий контакт измерения Мультиметра СОМ с общим контактом К7 Блока питания.
4. Соединить контакт измерения mA Мультиметра с контактом К6.1 резистора R1 (1 кОм) Наборного поля.
5. Соединить контакт К5.1 резистора R1 (1 кОм) Наборного поля с контактом «0...+15В» К8.
6. Плавно поворачивать регулятор «Установка +U» по часовой стрелке, изменяя величину измеряемого напряжения. Показания мультиметра занести в таблицу 2.

Таблица 2 – результаты измерения постоянного тока

Угол поворота регулятора Р2 «Установка +U», °	Результаты измерения тока, мА
0	
60	
120	
180	





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

**Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока**

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Значения напряжения постоянного тока в цепи рассчитываются по формуле (2) и заносятся в таблицу 1.

По данным таблицы 1 в одной системе координат построить графики зависимости результатов прямого и косвенного измерений от значения угла поворота регулятора Р2. Графически показать абсолютную погрешность измерений. Сделать вывод о характере погрешности.





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### Прямой и косвенный методы измерения постоянного тока

Порядок выполнения эксперимента:

1. Собрав схему, представленную на рис. 3, и плавно поворачивая регулятор «Установка +U» по часовой стрелке, установить значение тока в цепи равным  $I_1$  мА. Отключить питание установки с помощью сетевых выключателей АВ1 и АВ2, выключить мультиметр.
2. Установить переключатель режима работы мультиметра в положение измерения **постоянного напряжения**, предел измерения 20 В.
3. Отключить проводник, соединяющий контакт измерения mA Мультиметра с контактом К6.1 резистора R1 (1 кОм) Наборного поля.
4. Проводником соединить контакт К5.2 резистора R1 (1 кОм) Наборного поля и контакт измерения мультиметра VΩHz. Включить питание установки и мультиметр.
5. Измеренное значение напряжения занести в таблицу 3.
6. Отключить мультиметр и питание установки, повторить действия 1 – 5 для значений постоянного тока  $I_2, I_3, I_4$ .
7. Рассчитать абсолютную погрешность косвенного измерения величины постоянного тока по формуле:

$$\Delta = I_n - I_u \quad (3)$$





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Таблица 3 – результаты измерения постоянного тока

Результат прямого измерения постоянного тока, мА	Значение напряжение постоянного тока в цепи, В	Результат косвенного измерения постоянного тока в цепи, мА	Абсолютная погрешность косвенного измерения, мА
$I_1$			
$I_2$			
$I_3$			
$I_4$			

Значения постоянного тока  $I_1, I_2, I_3, I_4$  для выполнения индивидуальных заданий  
представлены в таблице 4.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_1, \text{мА}$	1,0	2,0	3,0	3,5	1,5	2,3	1,7	5,9	4,2	4,5
$I_2, \text{мА}$	3,0	4,0	6,0	5,5	5,5	5,3	4,7	8,9	7,2	7,0
$I_3, \text{мА}$	5,0	6,0	9,0	7,5	9,5	8,3	7,7	11,9	10,2	9,5
$I_4, \text{мА}$	7,0	8,0	12,0	9,5	13,5	11,3	10,7	14,9	13,2	12,0





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Теоретические сведения о классификации методов измерений по способу получения результатов.
2. Порядок выполнения экспериментов с изображением экспериментальных схем.
3. Графическое представление результатов измерения напряжения постоянного тока.
4. Ответы на контрольные вопросы.





## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Прямой метод измерения напряжения  
постоянного тока

Косвенный метод измерения напряжения  
постоянного тока

Прямой и косвенный методы измерения  
постоянного тока

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите примеры прямых, косвенных, совокупных и совместных измерений.
2. Какие измерения (косвенные/прямые) вы считаете более точными и почему?
3. Каким образом можно косвенно измерить мощность электрического тока?





Возврат  
из справки

## КЛАВИАТУРА

Home

Нажатие клавиши «**Home**» на клавиатуре вызывает переход к **титульной странице** документа.  
**С титульной страницы можно осуществить переход к оглавлению** (в локальной версии курса).

PgUp



Нажатие клавиши «**PgUp**» («**PageUp**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

PgDn



Нажатие клавиши «**PgDn**» («**PageDown**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

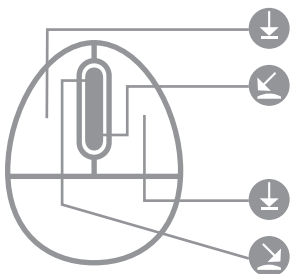
Alt

+

F4

Нажатие комбинации клавиш «**Alt**»+«**F4**» на клавиатуре вызывает **завершение работы программы просмотра** документа (в локальной версии курса).


## МАНИПУЛЯТОР «МЫШЬ»



Нажатие **левой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**от себя**» вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

Нажатие **правой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**к себе**» вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

## ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

**1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПО**

- 1.1. Основные понятия
- 1.2. Особенности промышленного ПО и кризис его разработки
- 1.3. Сложность разработки ПО
- 1.4. Характеристики программного продукта
- 1.5. Жизненный цикл программного продукта
- 1.6. Процессы разработки
- 1.7. Модели разработки
- 1.8. Методологии разработки
  - 1.8.1. Единая система программной документации
  - 1.8.2. Microsoft Solutions Framework
  - 1.8.3. Экстремальное программирование
  - 1.8.4. Rational Unified Process
- 1.9. Выбор и адаптация методологии разработки

Глоссарий

**Панель управления** – содержит перечень разделов, а также кнопки навигации, управления программой просмотра и вызова функции поиска по тексту.

Просматриваемый в данный момент **раздел**.

**Доступные разделы.**

В зависимости от текущего активного раздела в перечне могут присутствовать подразделы этого раздела.



Кнопка переключения между полноэкранным и оконным **режимом просмотра**.

Кнопки **последовательного перехода** к предыдущей и следующей страницам.

Кнопка **возврата к предыдущему виду**. Используйте её для обратного перехода из глоссария.

Кнопка вызова функции **поиска по тексту**.

Кнопка перехода к **справочной (этой) странице**.

Кнопка **завершения работы**.