МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

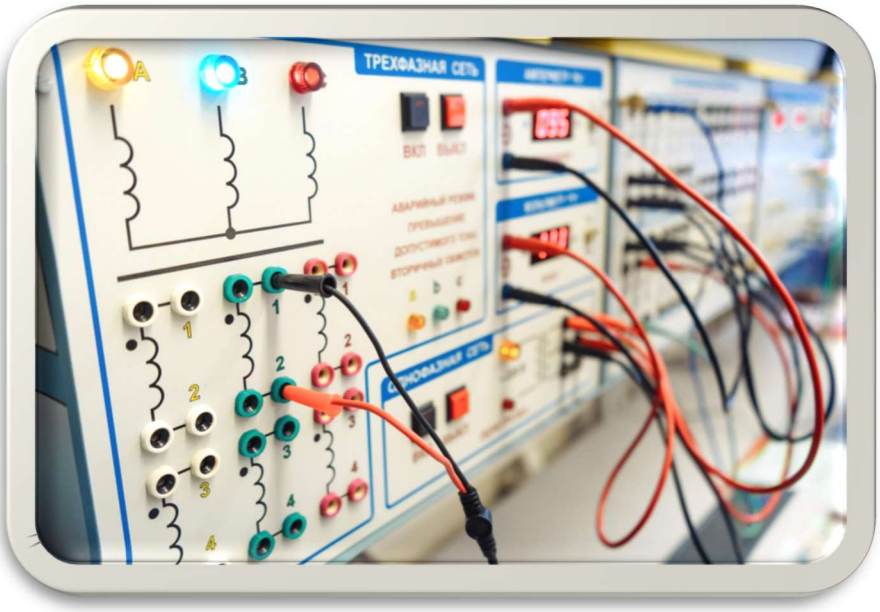
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени СЕРГО
ОРДЖОНИКИДЗЕ» (МГРИ)

Соловьев А.М.

Соловьев И.М.

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Программные положения и учебно-методическое пособие для студентов дневного, заочного и дистанционного обучения




Москва 2022

# Памятка по особенностям и правилам использования лабораторного оборудования

## 1. Лабораторные электроизмерительные приборы

Измерительные приборы выпускаются в различных конструктивных исполнениях и отличаются классом точности, формой измеряемого тока и напряжения, классом изоляции, типом измерительной системы, допустимыми условиями эксплуатации, рабочим положением и некоторыми другими особенностями.

Лабораторное оборудование маркируется следующими условными знаками:

По форме измеряемой электрической величины:

| | |
|---|---|
|  | Постоянный ток |
| | Переменный ток |
| | И постоянный и переменный ток |
| | Трехфазный ток |
| | Трехфазный ток при неравномерной нагрузке |

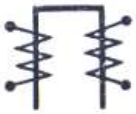
По рабочему положению прибора:

| | |
|---|---|
|  | Горизонтально (прибор надо положить на стол или другую горизонтальную поверхность для снижения погрешности) |
| | Вертикально (такие приборы обычно размещают на электрощитках) |

По электрической прочности изоляции:

| | |
|---|---|
| | Изоляция прибора проверена и выдерживает до 2000 В (если к прибору подключить 2 кВ, то измерительная цепь выйдет из строя, данное изображение характеризует только электрическую прочность изоляции корпуса, но не рабочий диапазон прибора) |

По способу измерения электрической величины:

| Системы приборов | | Условное обозначение | |
|---|---|---|---|
| | | основной механизм | логометр |
| Магнито-электрическая | С подвижной рамкой | | |
| | С подвижным магнитом | | |
| Электро-магнитная | Неполяризованная | |  |
| | Поляризованная | | |
| Электро-динамическая | Электродинамическая | | |
| | Ферродинамическая | | |
| Индукцион-ная | Индукционная | | |
| | Магнитоиндукционная | | |
| Тепловая | С нагреваемой проволокой | | |
| | Биметаллическая | | |
| Электро-статическая | | | |
| Вибрацион-ная | | | |

По классу точности маркировка наносится в виде цифры, обычно перед надписью ГОСТ. По классу точности электроизмерительные приборы делятся на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. Например, при классе точности 2,5 прибор при измерении допускает ошибку до

2,5% (это его приведенная погрешность). Фактическая погрешность может быть меньше 2,5%, но не может превышать этого значения.

**Амперметр**

Измеряет силу тока. Поэтому весь измеряемый ток должен протекать через прибор, следовательно он включается в цепь последовательно (в разрыв). Имеет один вход (слева) и один выход (справа). Внутреннее сопротивление амперметра мало и, в идеале, должно равняться нулю, что бы амперметр не повлиял своим сопротивлением на суммарное сопротивление цепи и не вызвал снижение величины измеряемого тока.

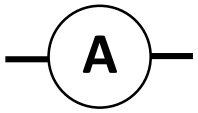
Условное обозначение на принципиальных схемах: 

*Рисунок 1. Амперметр лабораторный.*

Для повышения точности измерений в широком диапазоне у аналоговых лабораторных электроизмерительных приборов присутствуют переключатели диапазона измерений.

На рис. 1 изображен амперметр с шестью режимами измерений: 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10.

При включенном режиме «10» вся шкала прибора соответствует 10 амперам и цифра написанная на шкале в точности соответствует измеряемой силе тока.

При включенном режиме «2» вся шкала прибора (на рис.1 на шкале максимальная отметка 10) соответствует 2 амперам. Поэтому если стрелка прибора покажет 6 делений, то измеряемая величина равна 2·6/10 = 1,2 А.

В общем случае измеренная величина рассчитывается по формуле:

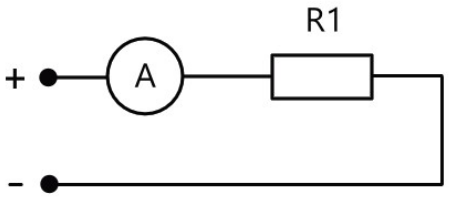
$$X_{\text{изм}} = \frac{\text{показание} \times \text{режим}}{\text{максимум шкалы}}$$

Эти переключатели помогают измерять электические величины болеее точно. У аналоговых приборов погрешность измерения

минимальна, когда стрелка близка к максимуму шкалы. В первой половине шкалы измерения менее точны.

Переключение режимов измерения позволяет перемещать стрелку во второю половину шкалы как для низких токов, так и для высоких.

Пример правильного подключения амперметра для схемы



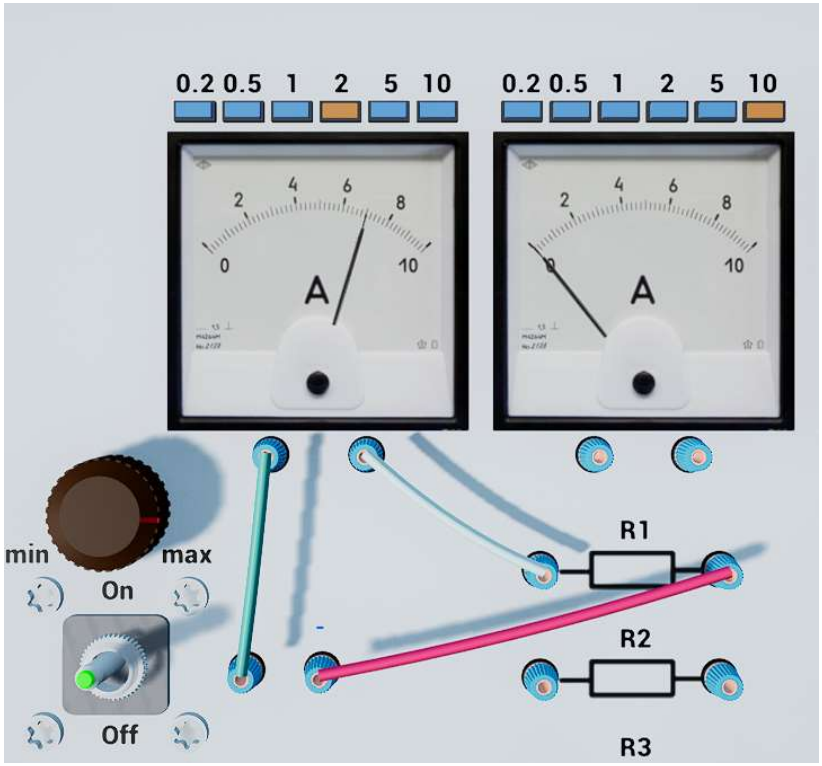
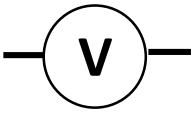




*Рисунок 2. Принципиальная и реальная схема включения амперметра*

**Вольтметр**

Измеряет величину напряжения, т.е. разницу потенциалов. Вольтметр включается параллельно. Для того, что бы через параллельно включенный вольтметр не пошел ток как по шунту его внутреннее сопротивление должно быть максимально высоким и, в идеале, быть бесконечно большим. Вольтметр имеет один вход (слева) и один выход (справа).

Условное обозначение на принципиальных схемах: 

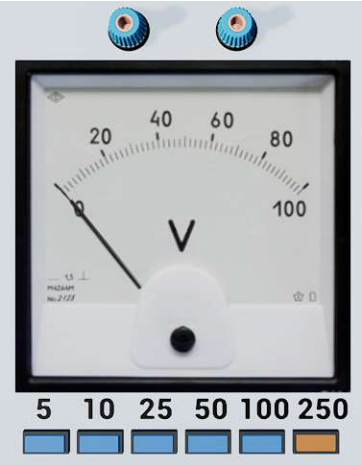



*Рисунок 3. Вольтметр лабораторный.*

Для повышения точности измерений на вольтметре так же могут быть переключатели режимов измерения.

На рис. 3 изображен вольтметр с шестью режимами измерений: 5, 10, 25, 50, 100, 250.

При включенном режиме «100» вся шкала прибора соответствует 100 вольтам и цифра, написанная на шкале, в точности соответствует измеряемой величине напряжения.

При включенном режиме «25» вся шкала прибора (на рис. 3 на шкале максимальная отметка 100) соответствует 25 вольтам. Поэтому если стрелка прибора покажет 40 делений, то измеряемая величина равна 40·25/100 = 10 В.

В общем случае измеренная величина рассчитывается по формуле:

$$X_{\text{изм}} = \frac{\text{показание} \times \text{режим}}{\text{максимум шкалы}}$$

Пример правильного подключения вольтметра для схемы

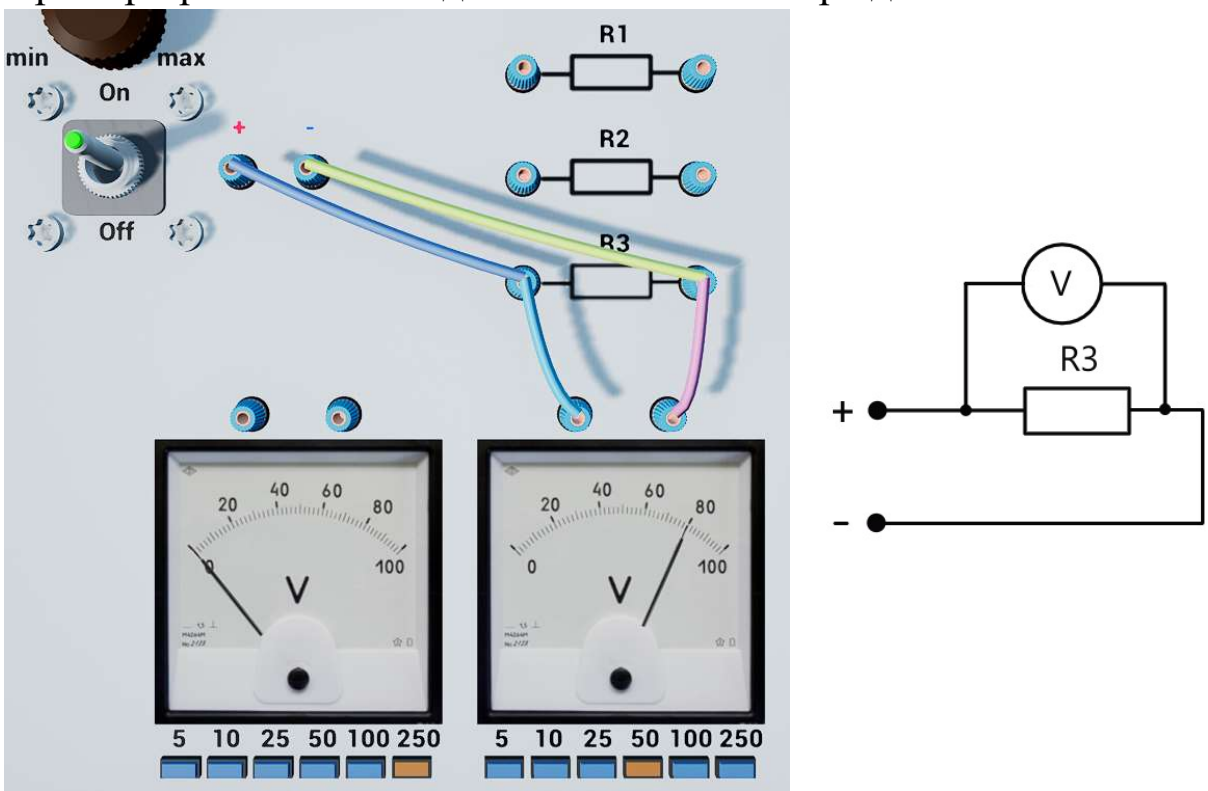



*Рисунок 4. Принципиальная и реальная схема включения вольтметра*

## 2. Виртуальный лабораторный стенд

Компоновка виртуального стенда представлена на рис. 5.

- Для перемещения камеры используйте мышку с зажатой средней кнопкой (колесиком).
- Для увеличения или уменьшения используйте колесико мышки.
- Для добавления проводников – при выключенном переключателе 4 - щелкните левой кнопкой мышки по нужным синим коннекторам (при наведении они перекрасятся в зеленый цвет).
- Для удаления ненужных проводников нажимите кнопку 2 (удаляет последний добавленный проводник, при условии, что переключатель 4 выключен).
- Для проверки результатов расчета или выхода из программы нажмите меню 1 и выберите соответствующий пункт.

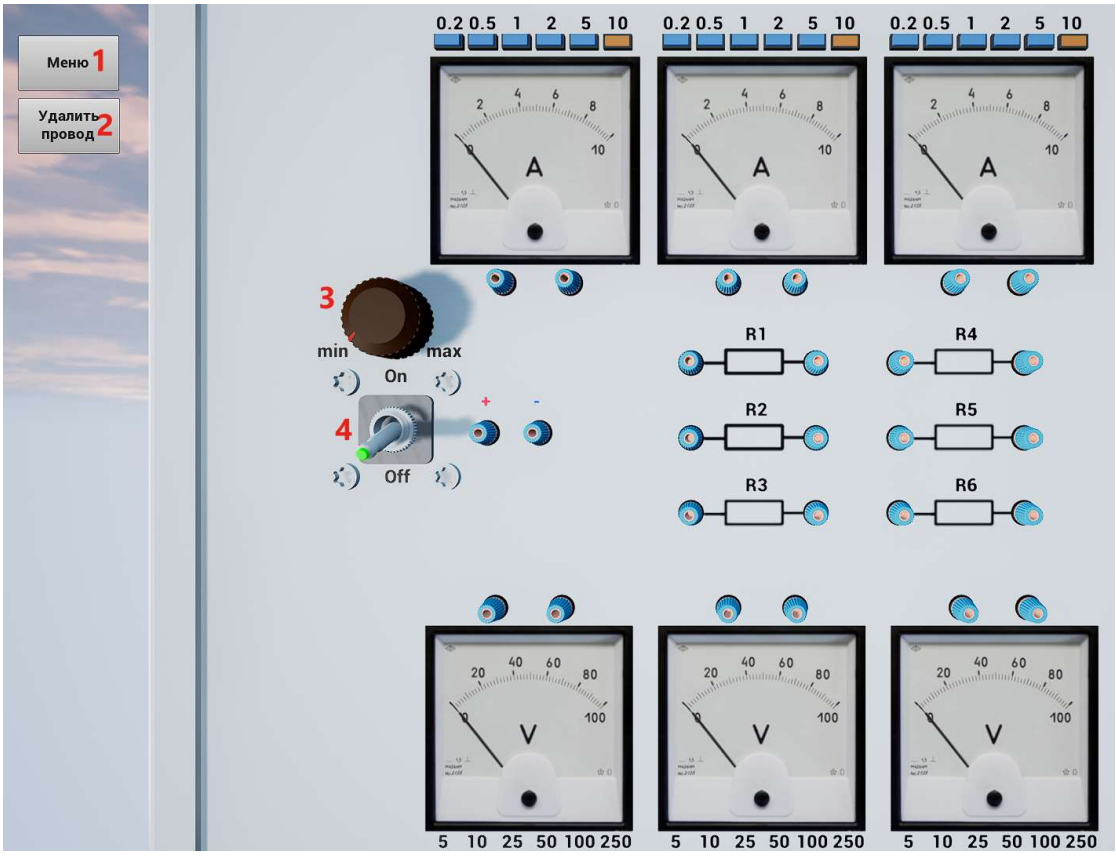



*Рисунок 5. Компоновка и элементы управления виртуальным стендом:*

*1 – кнопка меню; 2 – кнопка удаления последнего проводника, она работает только если переключатель 4 выключен; 3 – регулятор величины напряжения на выходах «+» «-»; 4 – переключатель включено-выключено.*

Внимание!

Если собрать схему с большим количеством ветвей, то после включения, ее обработка и расчет может занять значительное время. Если Вы хотите прервать работу программы во время расчета, тогда нажмите сочетание клавиш **Alt+F4**

Вы можете переключаться на другие окна не закрывая программы виртуального стенда нажатием сочетания клавиш **Alt+Tab**

# Лабораторная работа № 2

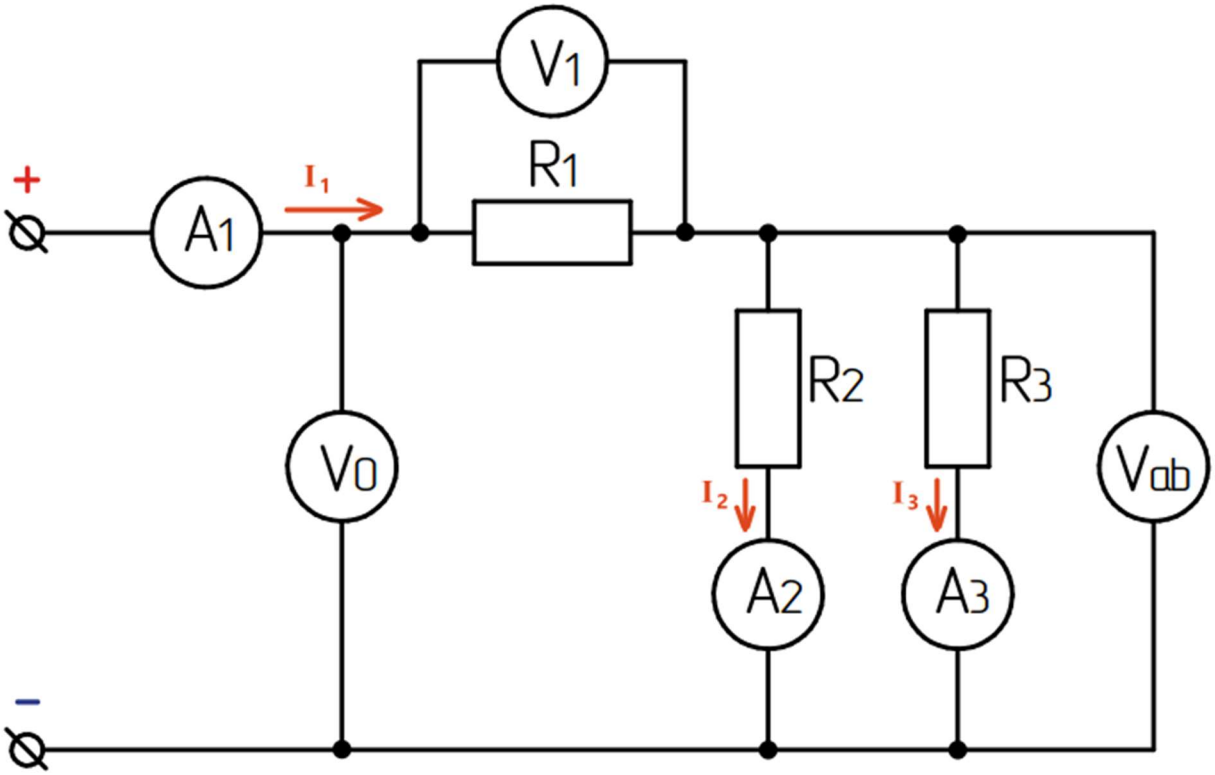
Работу выполнил студент _____ группа _____
Отметка о выполнении работы _____ дата (_____)
Отметка о защите работы _____ дата (_____)

**1. Наименование работы.**
Исследование линейной цени постоянного тока.

**2. Цель работы.**
Целью работы является практическое ознакомление с законами Ома и Кирхгофа при смешанном соединении резисторов.

**3. Требования к домашней подготовке.**
3.1. Ознакомиться с методическими указаниями.
3.2. Сделать заготовку отчета (поз. 1, 2, 4, 6) по данной лабораторной работе.
3.3. Устно ответить на контрольные вопросы п.8.
3.4. Письменно ответить на тестовую задачу п.9.

**4. Схема экспериментального исследования.**



**5. Порядок выполнения работы.**

5.1. Собрать схему представленную на рис. 2.1.

5.2. Для получения вольт-амперных характеристик (ВАХ), необходимо изменять напряжение $U_0$ поворачивая рукоять лабораторного автотрансформатора TV и записывать текущие значения силы тока. Записать показания соответствующих приборов в таблицу 2.1, при этом вольтметр (V1) подключается к сопротивлению R1.

5.3. Установить напряжение $U_0$ = 60 В и записать показания приборов в таблицу 2.2.

5.4. Установить напряжение $U_0$ = 40 В и записать показания приборов в таблицу 2.2.

5.5. Установить напряжение $U_0$ = 20 В и записать показания приборов в таблицу 2.2.

**Обработка результатов эксперимента.**

5.6. По данным таблицы 2.1 построить вольт-амперную характеристику $I_1$( $U_1$) резистора $R_1$.

5.7. По опытным данным в таблице 2.2 рассчитать сопротивления и проводимости, внести их в таблицу 2.2.

5.8. По опытным данным убедиться в справедливости закона Ома, сравнив для 3-х опытов таблицы 2.2 $R_{э1} = U_0/I_1$ с полученным расчетным значением $R_{э2}$.

5.9. По опытным данным убедиться в справедливости законов Кирхгофа.

5.10. Если работа выполняется на виртуальном стенде, то перед ее отправкой преподавателю, обязательно проверьте правильность расчетных значений в соответствующем меню программы стенда.

**6. Таблицы и расчетные формулы.**

***Таблица 2.1***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ [A] | | | | | |
| $U_1$ [B] | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |

***Таблица 2.2***

| № опыта | Измерено | | | | | | Вычислено | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_0$ [B] | $U_1$ [B] | $U_{ab}$ [B] | $I_1$ [A] | $I_2$ [A] | $I_3$ [A] | $R_1$ [Ом] | $R_2$ [Ом] | $R_{23}$ [Ом] | $R_{э1}$ [Ом] | $R_{э2}$ [Ом] | $G_{э1}$ [См] |
| 1 | 20 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 40 | | | | | | | | | | | |
| 3 | 60 | | | | | | | | | | | |

Расчетные формулы:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1};\ R_2 = \frac{U_{ab}}{I_2};\ R_3 = \frac{U_{ab}}{I_3};\ R_{э1} = \frac{U_0}{I_1};\ R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{(R_2 + R_3)};$$

$$R_{э2} = (R_1 + R_{23});\ G_{э1} = \frac{1}{R_{э1}}$$

**7. Требования к выполнению отчёта**

7.1. В отчете должны быть представлены позиции 1, 2, 4, 6, 7.3, 9, описания с необходимыми расчетами.

7.2. При очном выполнении лабораторной работы: по результатам расчетов сделать выводы в письменном виде о точности косвенных измерений R на начальной, средней и конечной частях шкалы амперметра (при выполнении на виртуальных стендах данный пункт выполнять не надо).

7.3. При выполнении работы на виртуальных стендах приложите к отчету скриншот собранной схемы.

**8. Контрольные вопросы**

8.1. Что называется электрической цепью? Из каких элементов она состоит?

8.2. Как обозначаются в схеме элементы электрической цепи?

8.3. Что называется ветвью электрической цепи? Узлом?

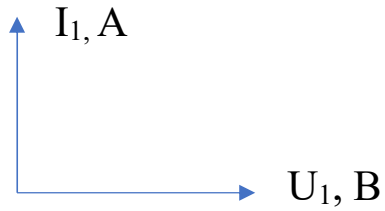
8.4. Подсчитайте количество ветвей и узлов в схеме, представленной на рис. 2.1.

8.5. Укажите число уравнений, которые можно составить для схемы рис. 2.1 по первому закону Кирхгофа.

8.6. Укажите число уравнений, которые можно составить для схемы рис. 2.1 по второму закону Кирхгофа.

8.7. Как формулируются законы Ома и Кирхгофа? Каковы их математические выражения?

8.8. Напишите уравнения по первому закону Кирхгофа для схемы рис. 2.1.

8.9. Напишите уравнения по второму закону Кирхгофа для схемы рис. 2.1.

9. Задача: как изменятся показания приборов (рис. 2.1), если параллельно сопротивлению $R_1$ подключить еще одно такое же сопротивление? Свой ответ обоснуйте, используя законы Ома и Кирхгофа.