

Условие

Задача 10-1 Изучение источников тока.

Приборы и оборудование: две батарейки, мультиметр, резистор с известным сопротивлением, переменный резистор, ключ двух полюсный, соединительные провода.

Как известно источники электрического тока характеризуются двумя параметрами – ЭДС ε и внутренним сопротивлением r . В данной работе Вам необходимо разработать методику измерения этих параметров и исследовать законы последовательного и параллельного соединения батареек.

Часть 1. Традиционная.

Для изучения источников электрического тока обычно исследуется их нагрузочная характеристика: зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$. Очевидно, что в этом случае сопротивление цепи должно изменяться.

1.1 Получите формулу, описывающую нагрузочную характеристику электрической батарейки с постоянным внутренним сопротивлением.

Электронный мультиметр лучше всего работает в режиме измерения напряжения (как вольтметр). В этом режиме его сопротивление превышает 1 Мом. Поэтому в данной части используйте мультиметр только как измеритель напряжения.

1.2 Предложите простую схему, позволяющую с помощью одного вольтметра измерять напряжение на внешней цепи и силу тока в ней.

1.3 Измерьте зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$ (нагрузочная характеристика) для плоской батарейки. Постройте график полученной зависимости.

1.4 Используя полученный график, рассчитайте ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

При подключении вольтметра к выводам батарейки, показываемое значение напряжения практически равно ЭДС батарейки. Объясните почему? Также объясните, почему нельзя измерить внутреннее сопротивление батарейки, используя мультиметр в режиме измерения сопротивления (как омметр), напрямую подключая его к выводам батарейки.

1.5 Измерьте напрямую ЭДС плоской батарейки.

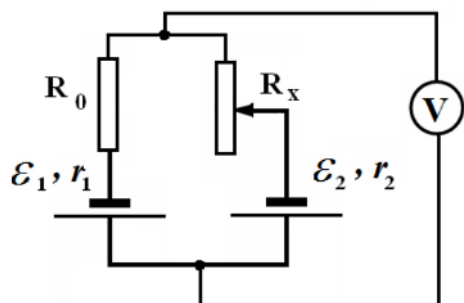
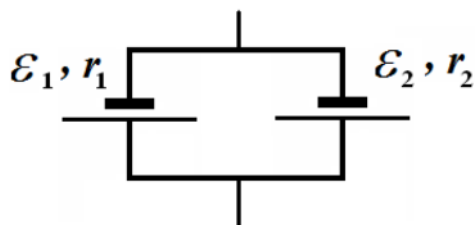
Если известна ЭДС источника, то для определения его внутреннего сопротивления экспериментально исследуется его нагрузочная характеристика $U(I)$, но строится зависимость величины $(\varepsilon - U)$ от силы тока. Эта зависимость содержит единственный параметр, который легко может быть найден. В дальнейшем используйте именно этот метод определения внутреннего сопротивления и ЭДС.

1.6 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивление второй батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

В последующих частях оценивать погрешности не требуется!

Часть 2. Последовательное соединение батареек.

2.1 Получите формулы для общей ЭДС и общего внутреннего сопротивления двух последовательно соединенных батареек. 2.2 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивление двух последовательно соединенных батареек. Сравните полученные результаты с расчетами по полученным Вами в п. 2.1 формулам.



Часть 3. Параллельное соединение батареек.

При параллельном соединении двух батареек суммарная ЭДС рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_2 + r_1} \quad (1)$$

3.1 Докажите формулу (1).

Так как внутренние сопротивления батареек малы, то проверить полученную формулу затруднительно. Поэтому для ее экспериментальной проверки Вам предлагается «увеличить» внутренне сопротивление ваших источников, подключая к ним последовательно резисторы, как показано на схеме. Кроме того, эта схема позволяет изменять «внутреннее» сопротивление. Постоянный резистор подключайте к плоской батарейке.

3.2 Измерьте зависимость ЭДС составного источника, показанного на схеме от сопротивления переменного резистора. Постройте график полученной зависимости.

Сопротивление резистора можете измерять с помощью мультиметра в режиме омметра. Укажите, как Вы проводили эти измерения.

3.3 На этом же бланке приведите график теоретической зависимости, рассчитанной по формуле (1). При расчетах используйте данные, полученные в предыдущих частях работы. Сделайте вывод о применимости (или неприменимости) формулы (1).

Решение

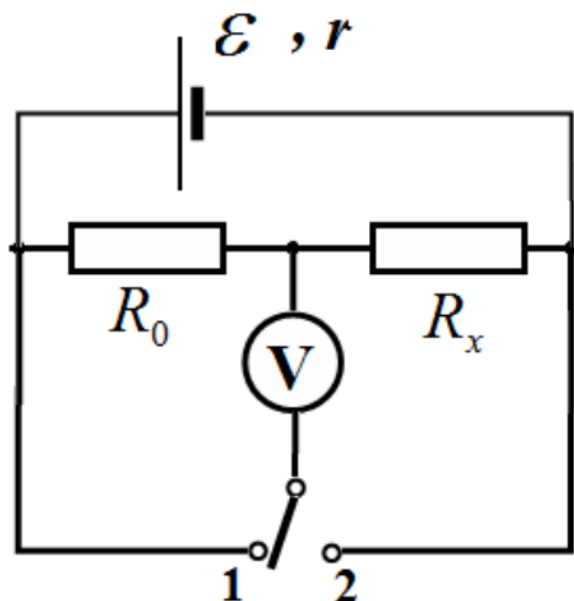
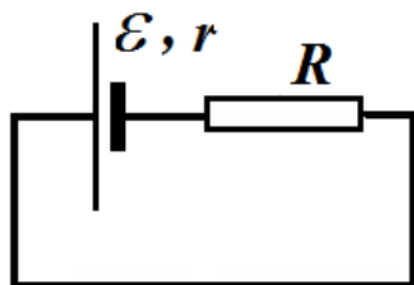
Задача 10-1 Изучение источников тока.

1.1 Из закона Ома для полной цепи следует, что зависимость напряжения на внешней цепи зависит от силы тока по закону

$$U = \varepsilon - Ir \quad (1)$$

СИМВОЛ
ИЗМЕРЕНИЯ

(1)



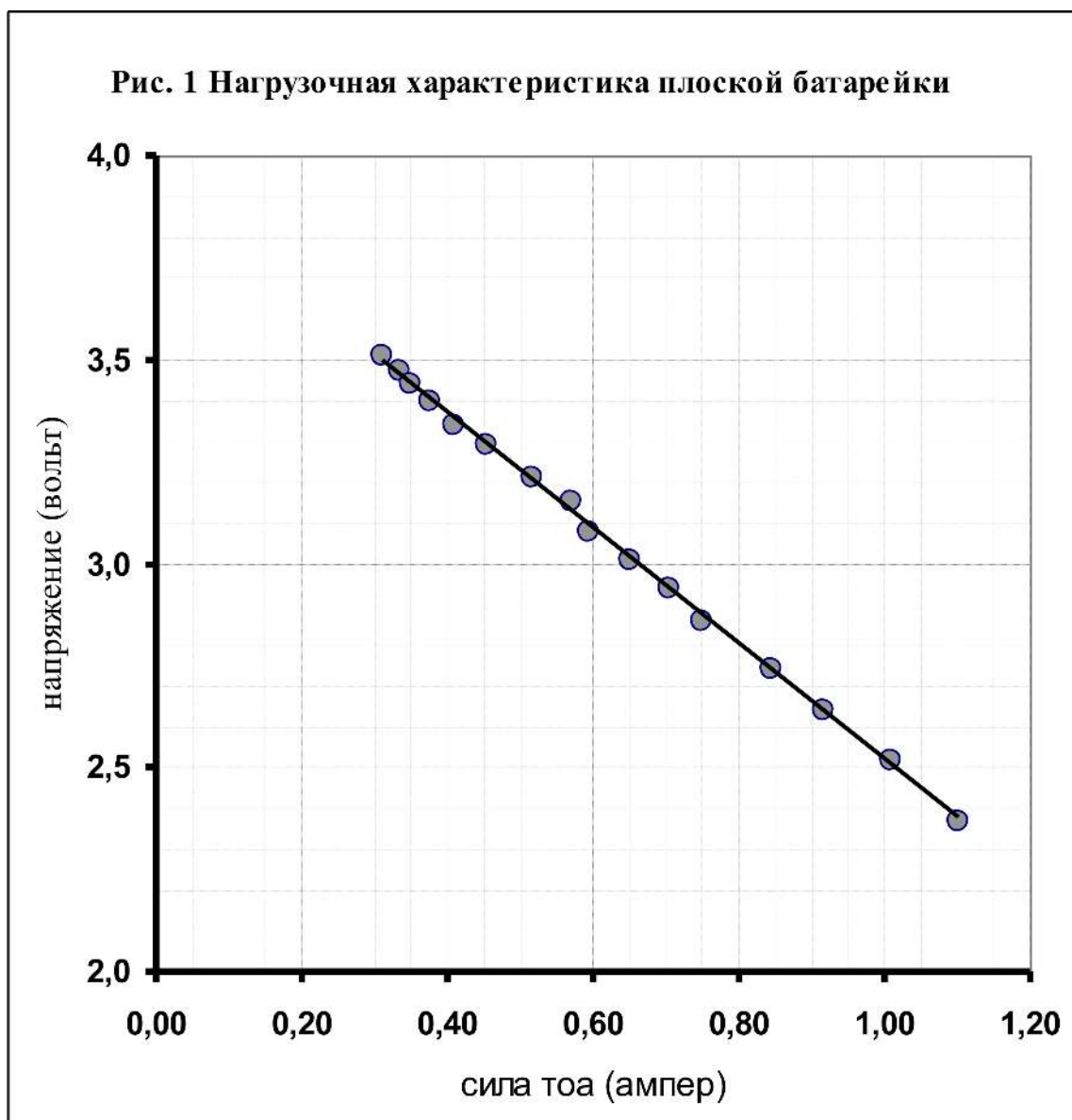
1.2 Требуемая схема является традиционной для проведения подобных измерений и показана на рисунке. В положении ключа 1 вольтметр показывает напряжение U_0 на постоянном резисторе $R_0 = 2,0$ Ом, в положении 2 — напряжение U_x на переменном резисторе R_x . Тогда для построения нагрузочной характеристики следует провести расчеты по следующим формулам: Сила тока в цепи: $I = \frac{U_0}{R_0}$; Напряжение на внешнем участке $U = U_0 + U_x$.

1.3 Результаты измерений зависимости напряжения на внешней цепи от силы тока в ней $U(I)$ (нагрузочная характеристика) для плоской батарейки приведены в таблице 1. График полученной зависимости показан на рис.1

Таблица 1.

<i>U_x</i>	<i>U_o</i>	<i>I_o</i>	<i>U</i>
2,89	0,62	0,31	3,51
2,80	0,67	0,34	3,47
2,74	0,70	0,35	3,44
2,65	0,75	0,38	3,40
2,52	0,82	0,41	3,34
2,38	0,91	0,46	3,29
2,18	1,03	0,52	3,21
2,01	1,14	0,57	3,15
1,89	1,19	0,60	3,08
1,71	1,30	0,65	3,01
1,53	1,41	0,71	2,94
1,36	1,50	0,75	2,86
1,05	1,69	0,85	2,74
0,81	1,83	0,92	2,64
0,50	2,02	1,01	2,52
0,17	2,20	1,10	2,37

Рис. 1 Нагрузочная характеристика плоской батарейки



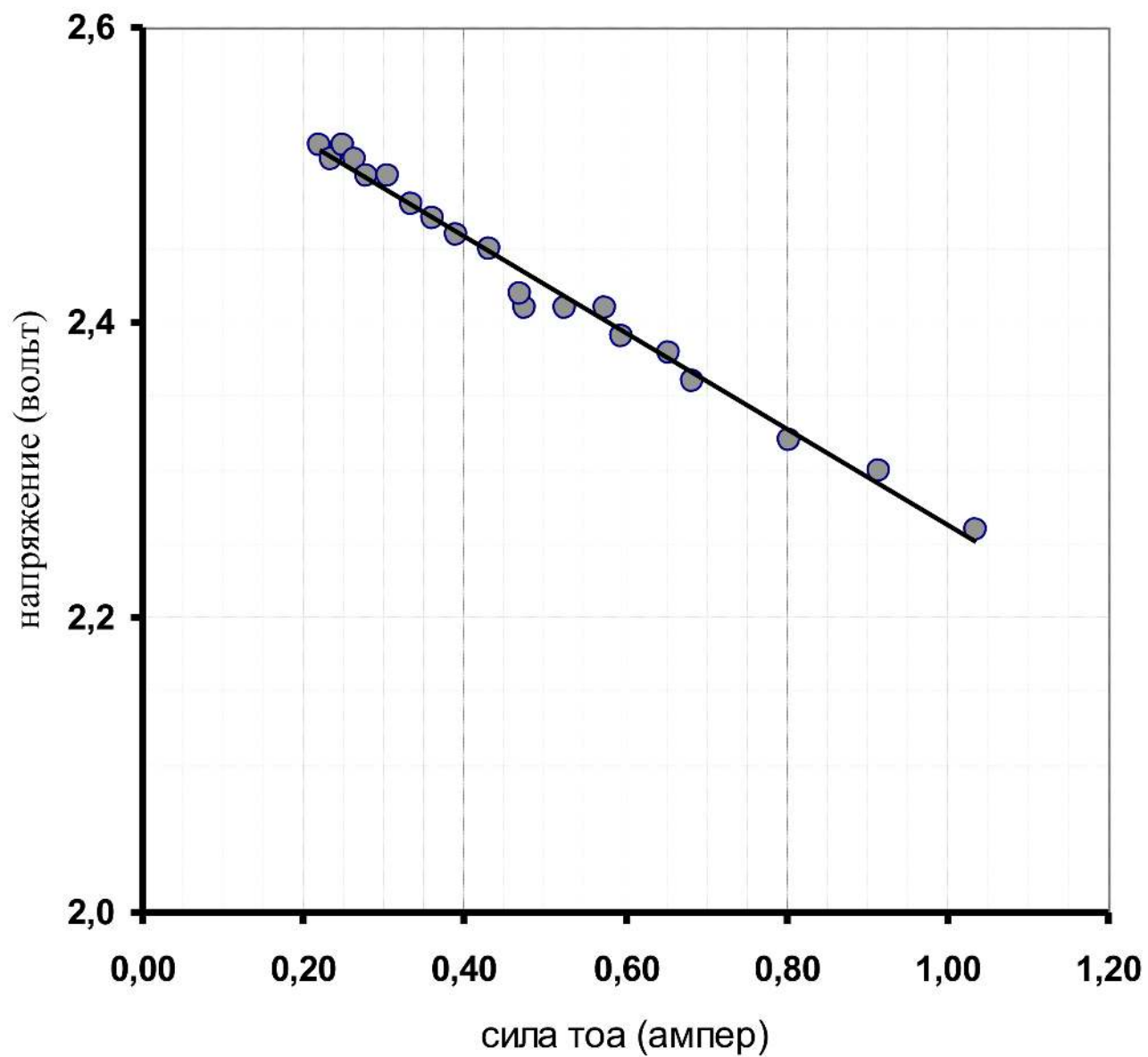
1.4 Как следует из формулы (1) коэффициент наклона данной прямой равен внутреннему сопротивлению батарейки, а величина сдвига — ее ЭДС. Расчет по методу наименьших квадратов приводит к следующим значениям этих параметров

$$\begin{aligned} \varepsilon &= (3,94 \pm 0,02) \text{ В} \\ r &= (1,42 \pm 0,02) \text{ Ом} \end{aligned} \tag{2}$$

1.5 Прямое измерение ЭДС плоской батарейки дало значение 4,18 В. Аналогичные измерения проведены для набора двух аккумуляторов. Результаты представлены в Таблице 2 и на графике рис. 2

Таблица 2.

Рис. 2 Нагрузочная характеристика аккумулятора



<i>**U_x**</i>	<i>**U_o**</i>	<i>**I_o**</i>	<i>**U**</i>
2,08	0,44	0,22	2,52
2,04	0,47	0,24	2,51
2,02	0,50	0,25	2,52
1,98	0,53	0,27	2,51
1,94	0,56	0,28	2,50
1,89	0,61	0,31	2,50
1,81	0,67	0,34	2,48
1,46	0,95	0,48	2,41
1,75	0,72	0,36	2,47
1,68	0,78	0,39	2,46
1,59	0,86	0,43	2,45
1,48	0,94	0,47	2,42
1,36	1,05	0,53	2,41
1,26	1,15	0,58	2,41
1,20	1,19	0,60	2,39
1,07	1,31	0,66	2,38
0,99	1,37	0,69	2,36
0,71	1,61	0,81	2,32
0,47	1,83	0,92	2,30
0,19	2,07	1,04	2,26

Расчет по МНК характеристик аккумулятора приводит к следующим значениям

$$\begin{aligned}\varepsilon &= (2,59 \pm 0,01) \text{ В} \\ r &= (0,37 \pm 0,02) \text{ Ом}\end{aligned}\tag{3}$$

1.6 Результат прямого измерения ЭДС – 2,57 В.

Часть 2. Последовательное соединение батареек.

2.1 Почти очевидно, что суммарные ЭДС и внутреннее сопротивление последовательно соединенных источников равны сумма соответствующих величин отдельных элементов

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \\ r &= r_1 + r_2\end{aligned}\tag{4}$$

2.2 Аналогичные измерения для последовательно соединенных плоской батареи и аккумулятора приводят к следующим характеристикам

$$\begin{aligned}\varepsilon &= (6,35 \pm 0,15) \text{ В} \\ r &= (1,77 \pm 0,19) \text{ Ом}\end{aligned}\tag{5}$$

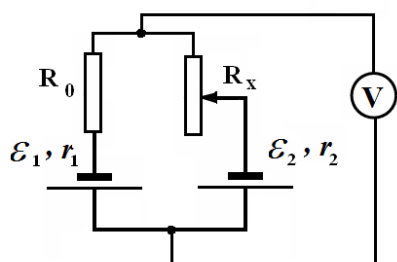
Эти результаты подтверждают (в пределах погрешности) справедливость приведенных формул (4). График нагрузочной характеристики составной батареи приведен на рис. 3. Обратите внимание на большой разброс данных и большую погрешность результатов.

Часть 3. Параллельное соединение батареек.

3.1 Приведенная формулы следует из корректного использования правил Кирхгофа.

3.2 Результаты измерений зависимости ЭДС параллельно соединенной батареи от сопротивления переменного резистора приведены в Таблице 3. Отметим, что при измерении сопротивления резистора его следует отключать от источника.

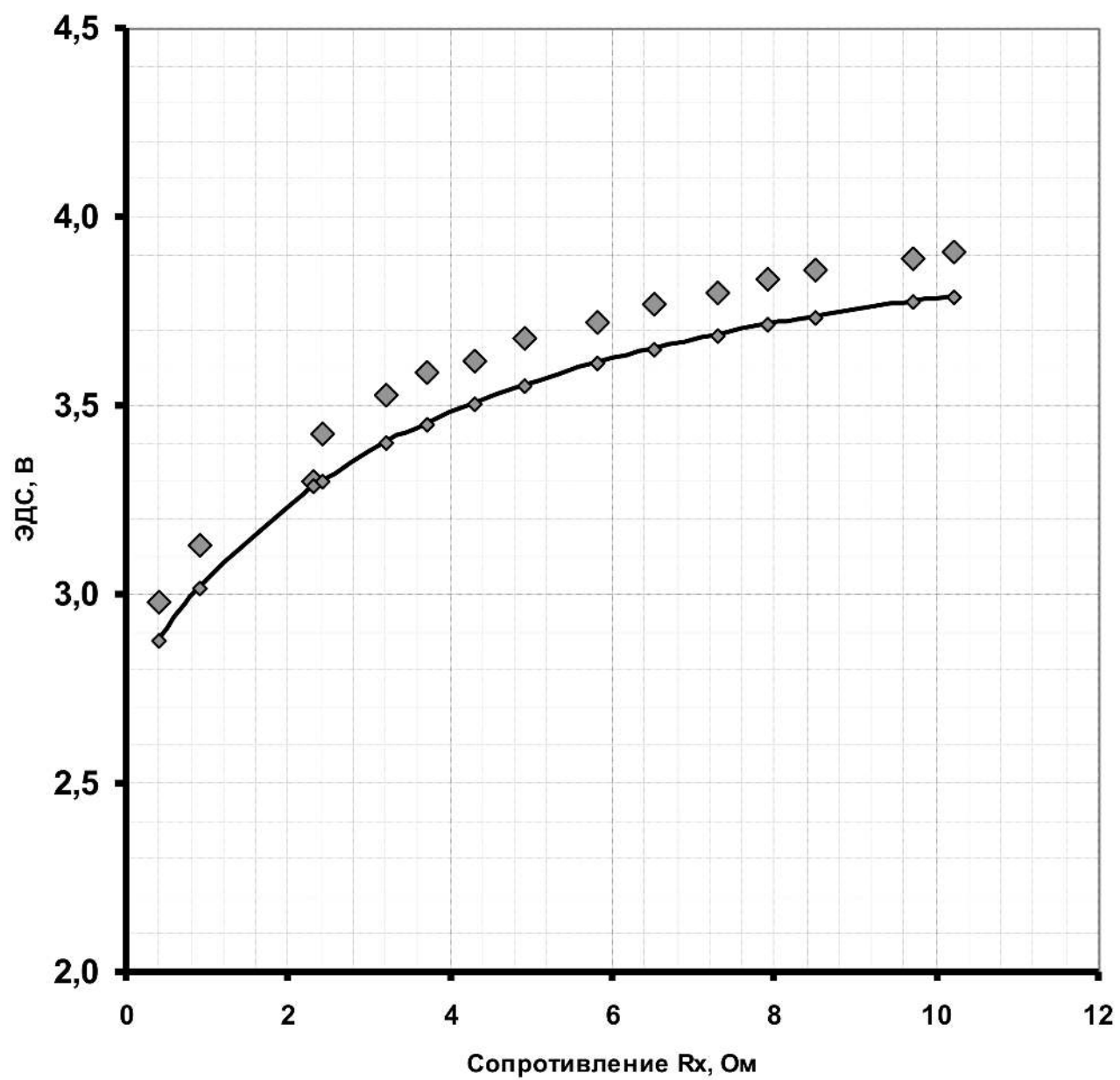
В последней столбце таблицы приведены теоретические значения ЭДС, рассчитанные по формуле.



$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1(R_0 + r_2) + \varepsilon_2(R_x + r_1)}{R_0 + r_2 + R_x + r_1}$$

Таблица 3.

Рис. 3 Зависимость ЭДС от сопротивления



<i>U</i>	<i>R_x</i>	теория
2,98	0,4	2,88
3,13	0,9	3,02
3,30	2,3	3,29
3,43	2,4	3,30
3,53	3,2	3,40
3,59	3,7	3,45
3,62	4,3	3,51
3,68	4,9	3,55
3,72	5,8	3,61
3,77	6,5	3,65
3,80	7,3	3,69
3,84	7,9	3,71
3,86	8,5	3,74
3,89	9,7	3,78
3,91	10,2	3,79

Получено хорошее соответствие между теоретическими и экспериментальными данными. Что подтверждает тот факт, что «физика наука! Точная, но приближенная»