

-2 Чем и как питаться? Оборудование

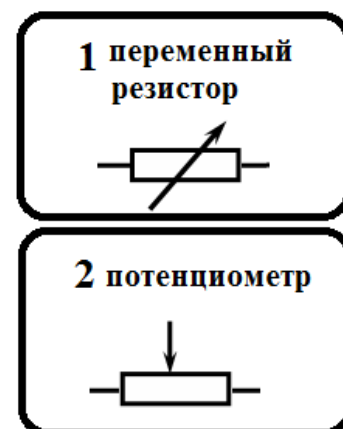
Условие

Задача 9-2 Чем и как питаться?

Оборудование: Источник питания (ЛИП или батарейка), два реостата 6 Ом, амперметр, вольтметр, ключ электрический, соединительные провода.

Для изучения характеристик различных элементов электрических цепей необходимо изменять напряжение. Для изменения напряжения используются различные способы. В данной задаче вам предстоит исследовать возможности изменения напряжения на исследуемом элементе с помощью реостата с максимальным сопротивлением примерно равным $R_0 \approx 6$ Ом.

Реостат можно использовать в цепи как резистор с переменным сопротивлением (обозначение 1) с двумя выводами, либо как потенциометр (обозначение 2) с тремя выводами. В качестве нагрузки во всех случаях используйте второй реостат, как переменный резистор.



Часть 1. Подготовительная.

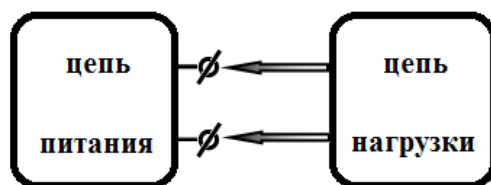
1.1 Измерьте максимальное напряжение на источнике U_0 , подключив к нему вольтметр напрямую.

1.2 Измерьте максимальные сопротивления обоих реостатов R_{10} , R_{20} . Приведите электрическую схему, с помощью которой вы проводили измерения.

В дальнейшем реостат с сопротивлением R_{10} используйте в цепи питания, реостат с сопротивлением R_{20} в цепи нагрузки.

В двух следующих частях Вам предстоит исследовать две схемы регулируемого источника («цепь питания»). Схемы «цепи питания» приведены в условии задачи. Включайте цепь питания только во время проведения измерений.

К этим схемам необходимо подключать «цепь нагрузки». Сопротивление нагрузки должно изменяться в максимально возможном диапазоне. Используя предоставленные измерительные приборы, Вам будет необходимо измерять сопротивление нагрузки и напряжение на нем.



1.3 Приведите электрическую схему «цепи нагрузки», удовлетворяющую этим требованиям. Опишите, как Вы будете измерять сопротивление нагрузки.

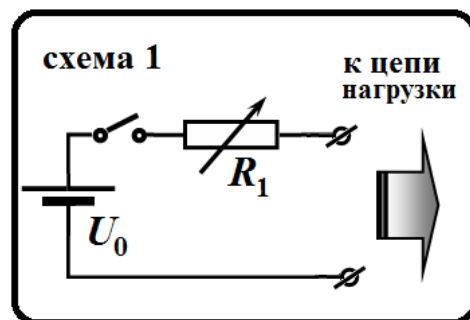
Часть 2. Традиционная схема 1.

Исследуйте цепь питания, схема которой показана на рисунке.

2.1 Считая источник идеальным источником напряжения, рассчитайте, в каких пределах $U_{\min}$, $U_{\max}$ можно изменять напряжение на нагрузке с помощью данной цепи питания, если ее сопротивление равно R_x .

2.2 Измерьте зависимости максимального $U_{\max}$ и минимального $U_{\min}$ напряжения на нагрузке от ее сопротивления R_x . 2.3 Постройте графики полученных зависимостей.

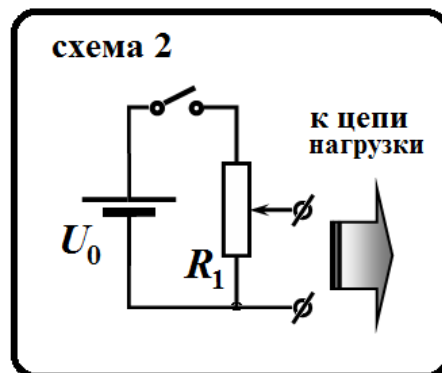
На этом же бланке постройте графики теоретических зависимостей, рассчитанные по формулам, полученными Вами в п. 2.1. 2.4 Качественно объясните причины наблюдающихся различий.



Часть 3. Традиционная схема 2.

Исследуйте цепь питания, схема которой показана на рисунке.

3.1 Считая источник идеальным источником напряжения, рассчитайте, в каких пределах $U_{\min}$, $U_{\max}$ можно изменять напряжение на нагрузке с помощью данной цепи питания, если ее сопротивление равно R_x . 3.2 Измерьте зависимости максимального $U_{\max}$ и минимального $U_{\min}$ напряжения на нагрузке от ее сопротивления R_x . 3.3 Постройте графики полученных зависимостей. На этом же бланке постройте графики теоретических зависимостей, рассчитанные по формулам, полученными Вами в п. 3.1. 3.4 Качественно объясните причины наблюдающихся различий.



Часть 4. Какой у Вас источник?

Может все проблемы в источнике? Проверьте! Подключите реостат (переменный резистор) напрямую (через ключ!) к источнику (ЛИП или батарее). Подключите измерительные приборы так, чтобы можно было измерять напряжение на резисторе и силу тока через него. 4.1 Приведите схему цепи, использованную Вами. 4.2 Изменяя сопротивление реостата, измерьте зависимость напряжения U на реостате от силы тока I через него. 4.3 Постройте график полученной зависимости $U(I)$. Качественно объясните полученную зависимость. 4.4 Постройте график зависимости мощности, выделяющейся на реостате от его сопротивления. Качественно объясните полученную зависимость.

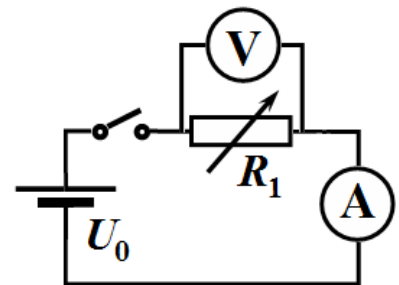
Решение

Задача 9-2 Чем и как питаться?

Часть 1. Подготовительная.

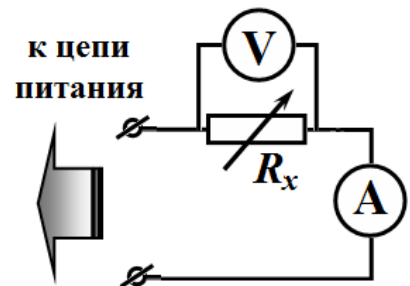
1.1 В результате измерений получено значение $U_0 = 3,7$ В

Примечание. Данное значение может быть иным, в зависимости от типа ЛИП или свежести батарейки.



1.2 Для измерения сопротивления необходимо одновременно измерить напряжение на реостате и силу тока через него. Схема для таких измерений очевидна и показана на рисунке. В результате измерений получено $R_{10} = R_{20} = 6,4$ Ом.

Примечание. Данное значение может быть иным, в зависимости от реостата.



1.3 Для выполнения заданий необходимо измерять напряжение U на реостате и силу тока I через него. Тогда сопротивление реостата можно рассчитать по закону Ома

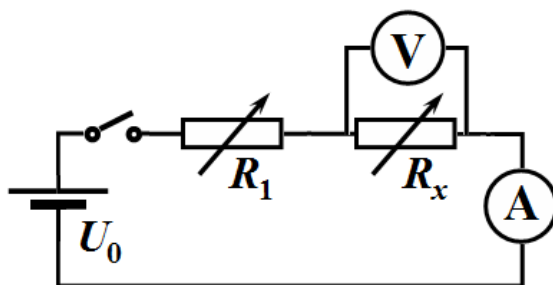
$$R = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Схема такой цепи также традиционна и показана на рисунке.

Часть 2. Традиционная схема 1.

Схема измерений в данной части имеет вид, показанный на рисунке.

2.1 Не сложно подсчитать, что напряжение на нагрузке должно быть равно (если считать напряжение источника постоянным):



$$U = U_0 \frac{R_x}{R_1 + R_x}. \quad (2)$$

Соответственно, максимально напряжение на нагрузке будет при отключенном резисторе в цепи питания (при $R_1 = 0$)

$$U_{\max} = U_0; \quad (3)$$

А минимальное напряжение при полностью включенном резисторе в цепи питания (при $R_1 = R_{10} = 6,4 \text{ Ом}$)

$$U_{\min} = U_0 \frac{R_x}{R_{10} + R_x}. \quad (4)$$

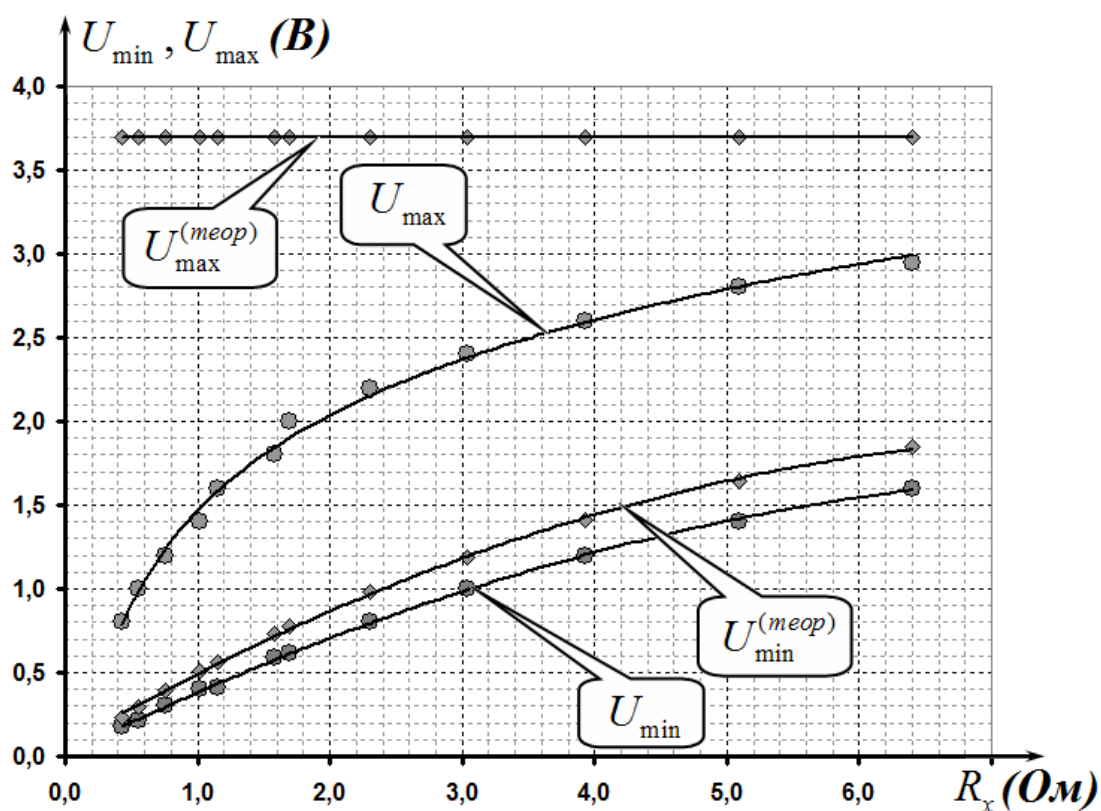
2.2 Измерения проводились в следующей последовательности: Устанавливалось некоторое значение сопротивление резистора R_x (в порядке убывания); устанавливалось максимальное сопротивление резистора R_1 в цепи нагрузки, при этом измерялись

значение напряжения через резистор R_x ($U_{\min}$) и силы тока через него ($I_{\min}$); не изменяя сопротивления R_x , сопротивление резистора R_1 устанавливалось минимальным (нулевым) и проводились измерения напряжения и силы тока через резистор R_x ($U_{\max}$, $I_{\max}$, соответственно). Сопротивление R_x рассчитывалось, как по максимальным ($R_x^{(1)} = \frac{U_{\max}}{I_{\max}}$), так и по минимальным ($R_x^{(2)} = \frac{U_{\min}}{I_{\min}}$) напряжения и силы тока. Ввиду недостаточной точности измерения эти величины незначительно различались, поэтому в качестве окончательного значения использовалось среднее значение $R_x = \frac{R_x^{(1)} + R_x^{(2)}}{2}$. Также в таблице приведены теоретические значения минимального и максимального напряжений.

Все эти результаты приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

$U_{\min}, \text{В}$	$I_{\min}, \text{А}$	$U_{\max}, \text{В}$	$I_{\max}, \text{А}$	$R_x^{(1)}, \text{Ом}$	$R_x^{(2)}, \text{Ом}$	$R_x, \text{Ом}$	$U_{\max}^{(\text{теор})}, \text{В}$	$U_{\min}^{(\text{теор})}, \text{В}$
1,600	0,250	2,950	0,460	6,400	6,413	6,407	3,7	1,851
1,400	0,275	2,800	0,550	5,091	5,091	5,091	3,7	1,639
1,200	0,300	2,600	0,675	4,000	3,852	3,926	3,7	1,407
1,000	0,325	2,400	0,800	3,077	3,000	3,038	3,7	1,191
0,800	0,350	2,200	0,945	2,286	2,328	2,307	3,7	0,980
0,620	0,375	2,000	1,150	1,653	1,739	1,696	3,7	0,775
0,590	0,360	1,800	1,175	1,639	1,532	1,585	3,7	0,735
0,410	0,390	1,600	1,275	1,051	1,255	1,153	3,7	0,565
0,400	0,400	1,400	1,350	1,000	1,037	1,019	3,7	0,508
0,300	0,410	1,200	1,525	0,732	0,787	0,759	3,7	0,392
0,210	0,420	1,000	1,675	0,500	0,597	0,549	3,7	0,292
0,180	0,430	0,800	1,775	0,419	0,451	0,435	3,7	0,235

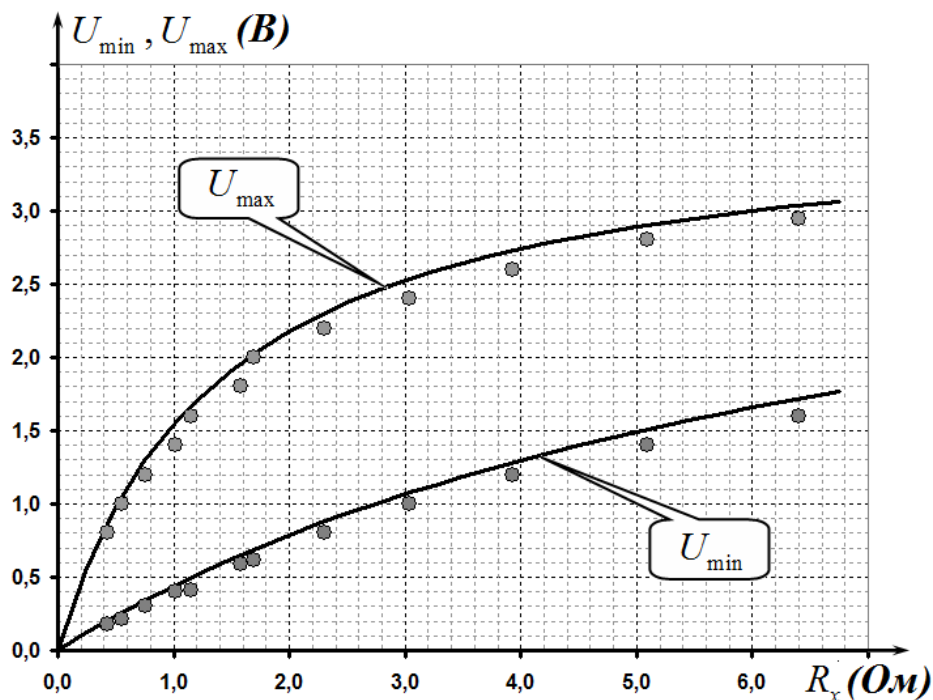


2.3 Графики полученных зависимостей показаны на рисунке.

2.4 Во всем диапазоне теоретические значения напряжений заметно превышают измеренные значения. Единственная возможная причина — уменьшение напряжения источника при увеличении силы тока через него.

Теоретическое дополнение (от участников олимпиады не требуется!)

Объяснение полученных зависимостей не сложно, если знать такие характеристики источника, как ЭДС и внутреннее сопротивление. Однако эти понятия не входят в программу курса физики 9 класса, поэтому и дано такое краткое объяснение.



С учетом внутреннего сопротивления источника $r \approx 1,4$ Ом и его ЭДС $U_0 \approx 3,7$ В минимальное и максимальное значения напряжения рассчитываются по формулам

$$U_{\min} = U_0 \frac{R_x}{R_{10} + R_x + r}. \quad (4)$$

$$U_{\max} = U_0 \frac{R_x}{R_x + r}$$

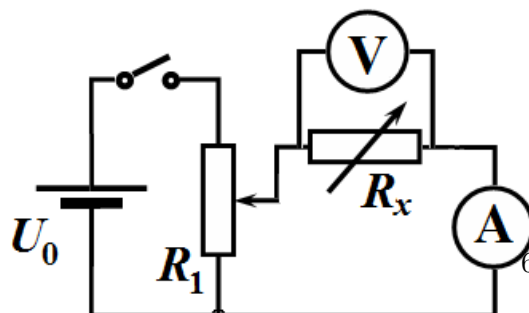
На рисунке приведены результаты расчетов по этим формулам, для наглядности оставлены экспериментальные данные.

Как видно, наблюдается вполне приличное соответствие.

Часть 3. Традиционная схема 2.

В данной части используется следующая схема.

3.1 При постоянном напряжении источника в данной схеме цепи питания напряжение на нагрузке должно изменяться от нуля до U_0 .



3.2 Измерения подтверждают, что минимальное значение напряжения на нагрузке равно нулю, поэтому эти данные не приводятся. Методика измерения аналогично той, которая описана в части 2. Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 2. По этим данным построен соответствующий график. Для экономии места теоретическое постоянное значение $U_0 = 3,7$ В не приведено (не поместилось!).

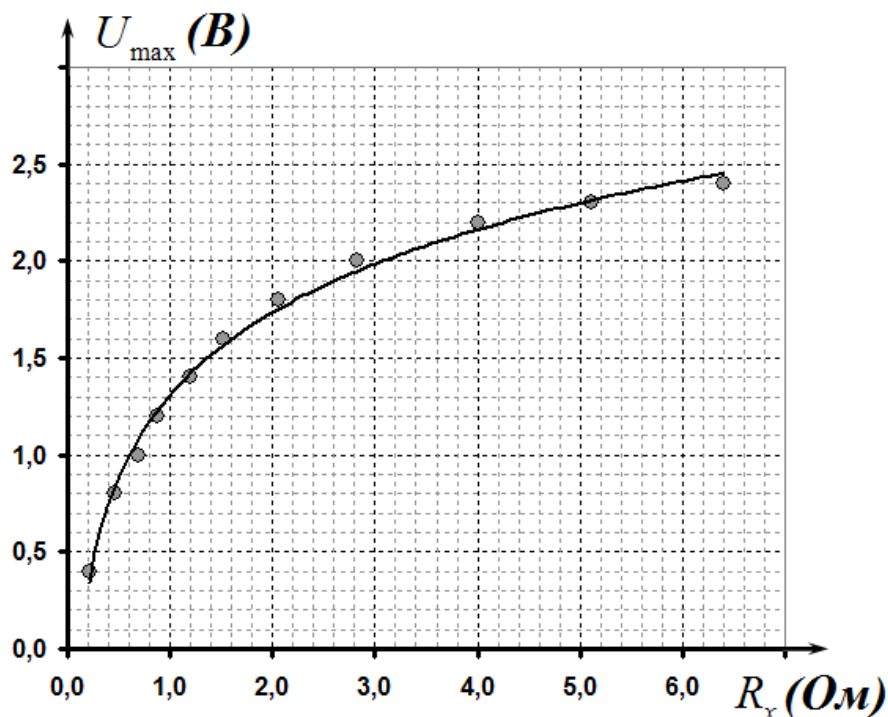


Таблица 2.

$U_{\max}, \text{ В}$	$I_{\max}, \text{ А}$	$R_x, \text{ Ом}$
2,400	0,375	6,400
2,300	0,450	5,111
2,200	0,550	4,000
2,000	0,710	2,817
1,800	0,875	2,057
1,600	1,050	1,524
1,400	1,175	1,191
1,200	1,375	0,873
1,000	1,450	0,690
0,800	1,750	0,457
0,400	1,925	0,208

3.4 В этой схеме максимально возможное значение напряжения значительно меньше теоретического. Основная причина та же – падение напряжения (точнее ЭДС источника).

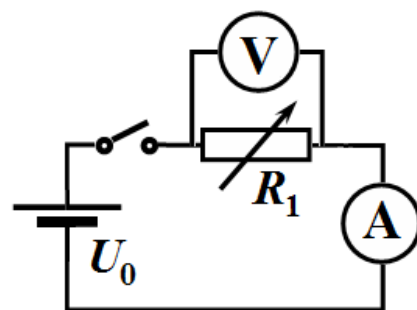
Дополнение. Можно провести точные расчет верхней границы напряжения с учетом ЭДС

и внутреннего сопротивления источника. Результаты этих расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Часть 4. Какой у Вас источник?

Схема измерений приведена на рисунке. Для получения необходимых данных следует провести измерения силы тока в цепи и напряжения на реостате. Сопротивление реостата рассчитывается по формуле (1), а мощность, выделяющаяся на реостате, по формуле

$$P = UI. \quad (5)$$

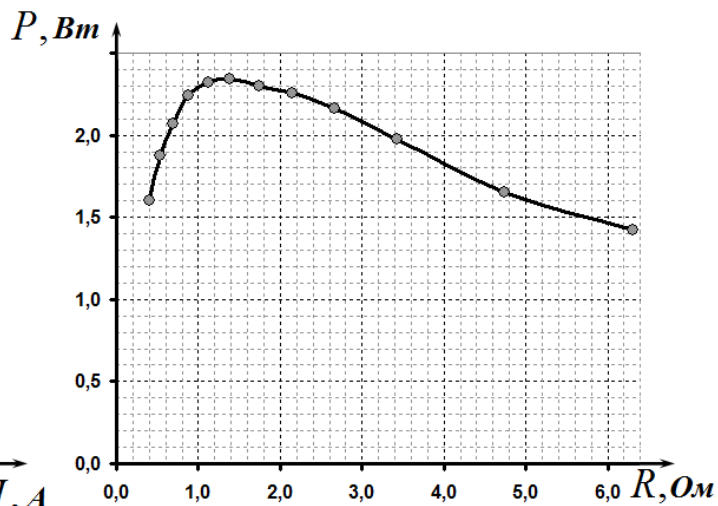
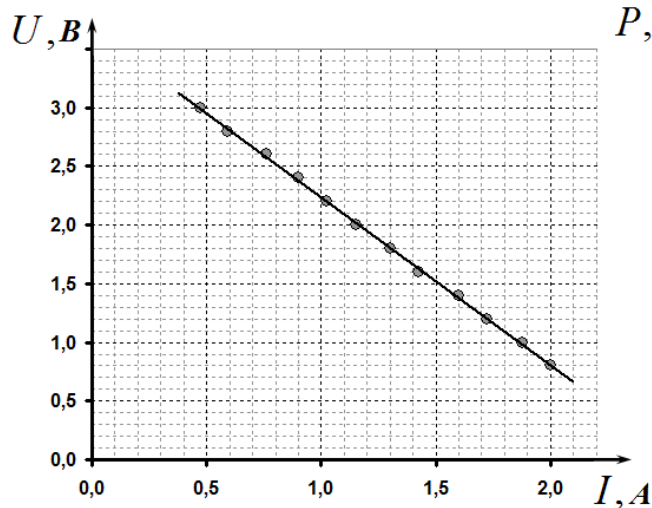


В таблице 3 приведены результаты измерений и соответствующих расчетов.

Таблица 3.

$U, В$	$I, А$	$R, Ом$	$P, Вт$
3,00	0,475	6,316	1,425
2,80	0,590	4,746	1,652
2,60	0,760	3,421	1,976
2,40	0,900	2,667	2,160
2,20	1,025	2,146	2,255
2,00	1,150	1,739	2,300
1,80	1,300	1,385	2,340
1,60	1,425	1,123	2,280
1,40	1,600	0,875	2,240
1,20	1,725	0,696	2,070
1,00	1,875	0,533	1,875
0,80	2,000	0,400	1,600

Графики полученных зависимостей приведены ниже.



Эти графики подтверждают сделанное предположение – напряжение на выходе источника уменьшается при увеличении силы тока через него.