Аккумулятор телефона

Задача 5. [МОШ 2011/12, 10 класс, задача 5] Ёмкость аккумуляторов мобильных телефонов часто измеряют в миллиампер-часах (мАч). Эта величина показывает, сколько часов может работать аккумулятор, давая ток силой в один миллиампер. Ёмкость некоторого аккумулятора равна $q = 950$ мАч. Мобильный телефон после зарядки аккумулятора проработал $t = 80$ ч, а напряжение на аккумуляторе было почти постоянно и равно $U = 3{,}6$ В, после чего аккумулятор разрядился. Чему равна средняя мощность, потреблявшаяся телефоном в этот период времени? Аккумулятор считать идеальным источником.

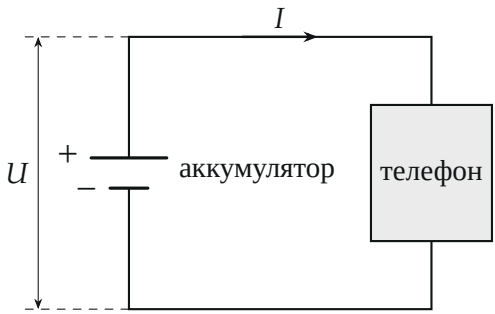


Рис. 1. Аккумулятор разряжается через телефон: напряжение U почти постоянно, ток I меняется со временем

▲ **Решение. Что происходит.** Аккумулятор отдаёт телефону электрический заряд; пока он работает, через него проходит ток, меняющийся от режима к режиму (экран, связь, ожидание). Ёмкость в мА·ч — это не энергия, а полный заряд q, который аккумулятор способен пропустить за разрядку. Энергию получим как работу тока при постоянном напряжении, а среднюю мощность — как работу, делённую на время. Класс задачи: работа и мощность тока, среднее значение.

Обозначения. q — полный заряд, прошедший через аккумулятор, t — время работы, U — напряжение, A — работа тока, P — средняя мощность, $I_{\text{ср}}$ — средний ток.

1. Что значит ёмкость в мА·ч. По определению тока $I = \Delta q/\Delta t$, поэтому заряд, прошедший за время Δt при токе I, равен $I\Delta t$. Один мА·ч

— это ток 1 мА за 1 ч, то есть заряд 10^{-3} А · 3600 с = 3,6 Кл (рис. 2). Для 950 мА·ч:

$$q = 950 \cdot 3{,}6 \text{ Кл} = 3420 \text{ Кл}.$$

Реальный ток менялся, но заряд за все время работы — сумма $I\,\Delta t$ по малым промежуткам, то есть площадь под графиком $I(t)$ (рис. 3): именно она равна q независимо от формы кривой.

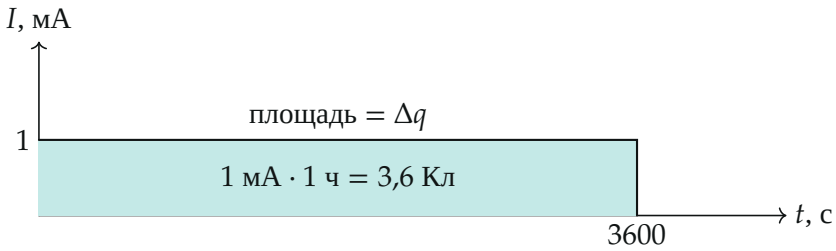


Рис. 2. Один миллиампер-час — площадь прямоугольника 1 мА × 1 ч

2. Работа тока. Напряжение на аккумуляторе почти постоянно, поэтому работа тока на каждом малом участке $dA = U\,dq$, а за всё время (напряжение выносим за сумму)

$$A = Uq = 3{,}6 \text{ В} \cdot 3420 \text{ Кл} = 12\,312 \text{ Дж}.$$

Применимость: $U = \text{const}$, как сказано в условии; аккумулятор — идеальный источник, поэтому вся его энергия, равная работе тока, расходуется телефоном.

3. Средняя мощность. Время работы $t = 80$ ч $= 288\,000$ с:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{qU}{t} = \frac{12\,312}{288\,000} \text{ Вт} \approx 0{,}043 \text{ Вт} = 43 \text{ мВт}.$$

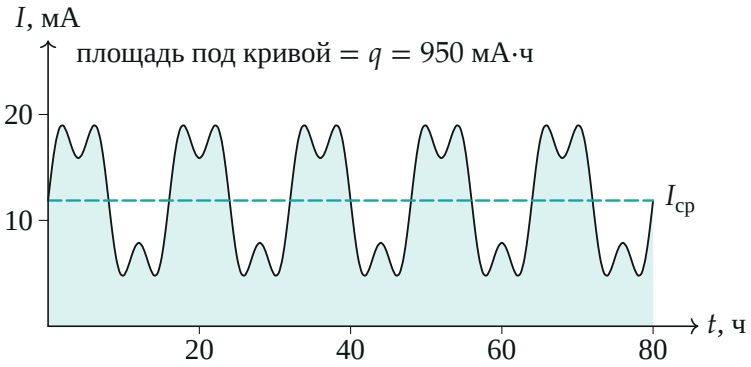


Рис. 3. Ток разряда меняется, но площадь под кривой равна q; прямоугольник высотой $I_{ср}$ (штриховая линия) — такой же площади

Второй способ: через средний ток. Средний ток — высота прямоугольника той же площади q и ширины t (штриховая линия на рис. 3):

$$I_{ср} = \frac{q}{t} = \frac{950\ \text{мА} \cdot \text{ч}}{80\ \text{ч}} = 11{,}9\ \text{мА}.$$

Мощность при постоянном напряжении $P = UI$, значит, средняя мощность $P = UI_{ср} = 3{,}6\ \text{В} \cdot 11{,}9\ \text{мА} \approx 43\ \text{мВт}$ — то же число, и без перевода часов в секунды: мА·В = мВт.

Обратите внимание. Ёмкость в мА·ч — единица заряда, а не энергии: чтобы получить энергию, нужно умножить заряд на напряжение. Поэтому одинаковая ёмкость при разном напряжении — разная энергия аккумулятора.

Проверка. Размерность: $\text{Кл} \cdot \text{В}/\text{с} = \text{Дж}/\text{с} = \text{Вт}$. Порядок величины: 950 мА·ч за 80 ч — это средний ток около 12 мА; он соответствует спокойному режиму телефона (в разговоре ток в десятки раз больше), так что результат правдоподобен.

Ответ. $P = \frac{qU}{t} \approx 43$ мВт (работа тока $A = qU \approx 12{,}3$ кДж за 80 ч).