# Ошибка в монтаже люстры

**Задача 3.** [ИОШ 2014/15, 11 класс, задача 3] При установке люстры с тремя лампами и двумя выключателями допущена ошибка. При замыкании одного из выключателей все три лампы горят неполным накалом. При замыкании другого выключателя нормально горит одна из ламп, а две другие не горят. Тот же эффект даёт одновременное замыкание выключателей. При разомкнутых выключателях все лампы не горят. Нарисуйте возможную схему выполненного монтажа. Дайте также правильную схему, чтобы полным накалом горела одна (при замыкании одного выключателя), две (при замыкании второго) или все лампы (при замыкании обоих выключателей).

▲ **Решение. Что происходит.** Задача на последовательное и параллельное соединение. Лампа рассчитана на напряжение сети $U = 220$ В и горит полным накалом, только если на ней всё это напряжение. «Неполный накал» трёх ламп сразу — признак того, что они соединены *последовательно*: тогда напряжение сети делится между ними. Лампа не горит, если через неё нет тока: её цепь разорвана или её концы соединены проводом (закорочены). Восстановим по этим признакам, где ошибся монтажник.

**Обозначения.** Ф и 0 — провода сети (фаза и ноль), $U = 220$ В между ними; $L_1$, $L_2$, $L_3$ — лампы, все одинаковые, сопротивление каждой $R$; $K_1$, $K_2$ — выключатели. На схемах бирюзовой заливкой показан накал: светлая — неполный, тёмная — полный.

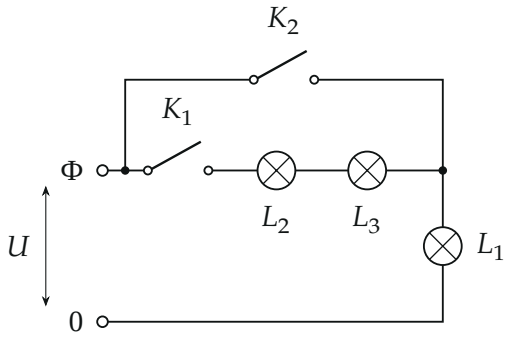
**1. Три лампы горят неполным накалом.** Если лампы одинаковы и включены последовательно, через них идёт один ток $I = U/(3R)$, и на каждой напряжение

$$U_1 = IR = \frac{U}{3} \approx 73\ \text{В}, \qquad P_1 = \frac{U_1^2}{R} = \frac{1}{9} \cdot \frac{U^2}{R}.$$

Каждая лампа выделяет в девять раз меньше мощности, чем положено, — еле светится. Значит, один выключатель ($K_1$) замыкает цепь «сеть → $L_2$ → $L_3$ → $L_1$ → сеть».

**2. Одна лампа горит полным накалом, две не горят.** На горящей

лампе ($L_1$) — всё напряжение сети: второй выключатель $K_2$ подключает её прямо к фазе. Две другие лампы при этом без тока. Проще всего это получить, если $K_2$ соединяет фазу с точкой между $L_3$ и $L_1$: тогда при разомкнутом $K_1$ у цепочки $L_2$–$L_3$ один конец «висит в воздухе», ток по ней не идёт.

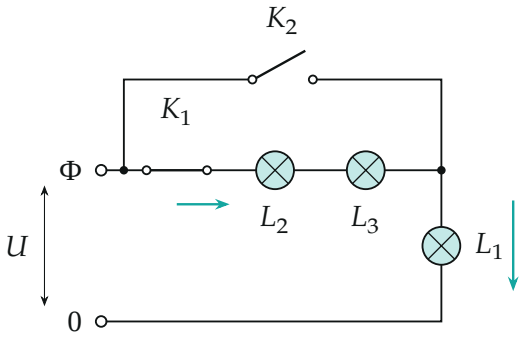



*Возможная ошибочная схема: лампы соединены в одну цепочку, $K_1$ подаёт фазу в её начало, $K_2$ — в точку перед $L_1$.*

**3. Проверим все четыре положения выключателей по этой схеме.**

*Оба разомкнуты.* Фаза ни к одной лампе не подведена — тока нет, лампы не горят. Как в условии.

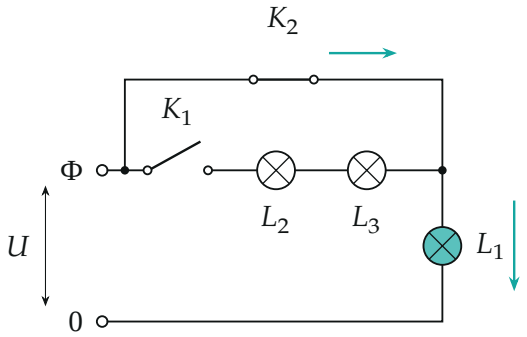
*Замкнут $K_1$.* Ток идёт по всей цепочке $L_2 \to L_3 \to L_1$, лампы соединены последовательно и горят неполным накалом (пункт 1).




*Замкнут $K_1$: один ток через три лампы, на каждой $U/3$.*

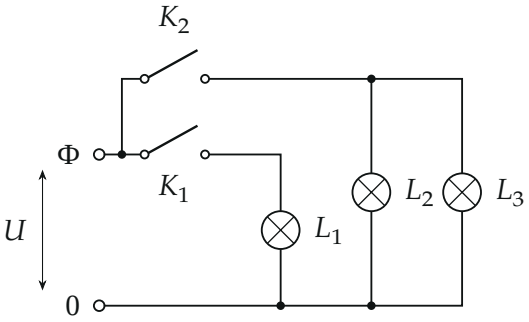
*Замкнут* $K_2$. На $L_1$ — полное напряжение сети, она горит нормально. Цепочка $L_2$–$L_3$ подключена к фазе только одним концом (через точку перед $L_1$), второй конец оборван разомкнутым $K_1$ — тока нет.

*Замкнуты оба.* Оба конца цепочки $L_2$–$L_3$ подключены к фазе, разность потенциалов на ней ноль — лампы закорочены и не горят; $L_1$ по-прежнему под полным напряжением. Картина та же, что при одном $K_2$, — в точности как в условии.



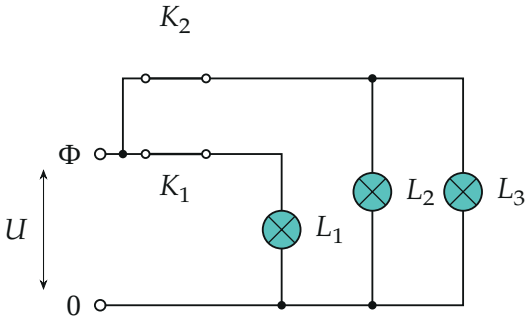

*Замкнут $K_2$ (или оба): горит только $L_1$, по $L_2$ и $L_3$ ток не идёт.*

**4. Правильная схема.** Чтобы каждая лампа горела полным накалом, на каждой должно быть напряжение сети — все три подключаются к сети *параллельно*, каждая своим проводом между фазой и нулём. Выключатель управляет той группой ламп, в провод фазы которой он стоит: $K_1$ — лампой $L_1$, $K_2$ — парой $L_2$, $L_3$, соединённых между собой параллельно.



*Правильная схема: каждая лампа — между фазой и нулём; $K_1$ включает $L_1$, $K_2$ — $L_2$ и $L_3$.*

Проверка положений: замкнут $K_1$ — горит одна $L_1$; замкнут $K_2$ — горят две, $L_2$ и $L_3$; замкнуты оба — горят все три, и каждая под напряжением $U$, потому что ветви параллельны и друг на друга не влияют.




*Оба выключателя замкнуты: все три лампы под полным напряжением сети.*

**Обратите внимание.** Ошибочная схема — не единственная. Годится любая, где $K_1$ подаёт фазу на три лампы, соединённые последовательно, а $K_2$ подаёт фазу прямо на одну из крайних ламп цепочки (ту, что примыкает к нулю). Если же $K_2$ присоединить к точке между $L_2$ и $L_3$, при его замыкании горели бы вполнакала две лампы $L_3$ и $L_1$ — это противоречит условию.

**Проверка.** В ошибочной схеме при замкнутом $K_1$ на каждой лампе $U/3$, мощность $1/9$ номинальной — «неполный накал»; при замкнутом $K_2$ на $L_1$ ровно $U$. В правильной схеме на каждой включённой лампе ровно $U$ при любом положении другого выключателя.

**Ответ.** Ошибка: лампы соединены последовательно; $K_1$ подаёт фазу на всю цепочку $L_2$–$L_3$–$L_1$ (три лампы вполнакала, на каждой $U/3$), $K_2$ — на точку между $L_3$ и $L_1$ (горит только $L_1$, а $L_2$, $L_3$ обесточены или закорочены). Правильно: все лампы параллельно между фазой и нулём, $K_1$ в проводе к $L_1$, $K_2$ — в общем проводе к параллельно соединённым $L_2$ и $L_3$.