

РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
КОНТАКТНОЙ СЕТИ
ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



Для железной дороги, электрифицированной на переменном (постоянном) токе, определить напряженность электрического поля и потенциал в точках:


А) человек стоит на земле под контактными проводом;

Б) человек стоит на платформе под контактными проводом;

В) на крыше вагона электропоезда.

Во всех случаях точки А, Б, В изолированы от земли.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- 1) Напряжение контактной сети ($U_{\text{КС}}$);
 - 2) Марка контактного провода (МФ-85, МФ-100, МФ-120, МФ-150);
 - 3) Высота подвеса контактного провода ($h_{\text{КП}}$);
 - 4) Высота платформы ($h_{\text{ПЛ}}$);
 - 5) Рост человека ($h_{\text{Чел}}$);
 - 6) Высота вагона ($h_{\text{В}}$).
- 

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

По методу зеркальных изображений поле между контактными проводом и землей является частью поля двухпроводной линии. Радиус провода рассчитывается по формуле (1):

$$r_0 = \sqrt{\frac{S_{\text{пр}}}{\pi}} \quad (1)$$

Напряженность поля и потенциал в каждой точке определяются по формулам (2) и (3):

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} \quad (2)$$

$$\varphi = U_{\text{кс}} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{2h_{\text{кс}}}{r_0} \quad (3)$$

ЗАДАЧА-ПРИМЕР

Для железной дороги, электрифицированной на постоянном токе (напряжение между контактным проводом и землей $U_{\text{КС}}=3300$ В), определить напряженность электрического поля и потенциал в точках:

А) человек стоит на земле под контактным проводом. Высота подвеса контактного провода $h_{\text{КП}}=6,5$ м, рост человека примем 1,8 м;

Б) человек стоит на платформе под контактным проводом, высота платформы $h_{\text{ПЛ}}=1,2$ м;

В) на крыше вагона электропоезда ($h_{\text{В}}=4,1$ м).

РЕШЕНИЕ

Радиус провода рассчитывается по формуле (1):

$$r_0 = \sqrt{\frac{S_{\text{пр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{100}{3,14}} = 5,64 \approx$$

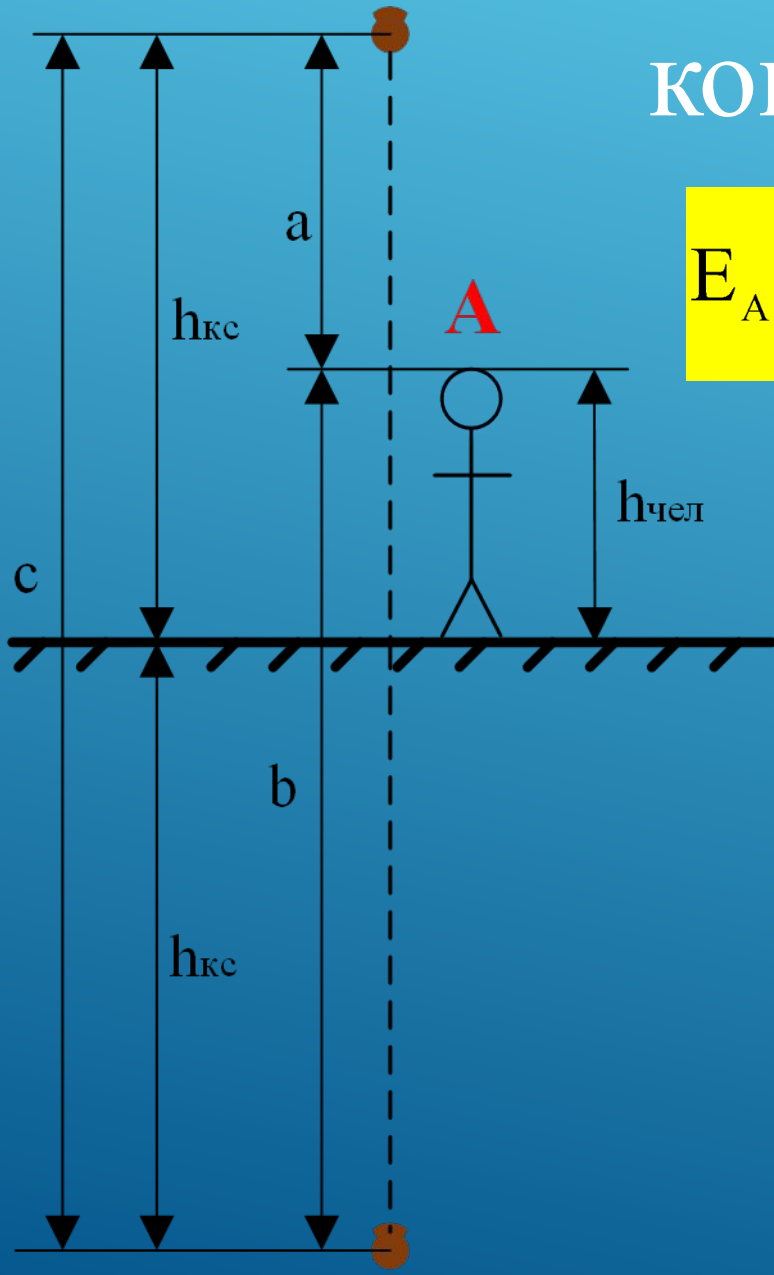
Определим величину линейного заряда τ исходя из формулы (3):

$$\varphi_{\text{пр}} = 3300 = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon} \ln \frac{2h_{\text{кс}}}{r_0}$$

отсюда

$$\tau = 3300 \frac{2\pi\varepsilon}{\ln \frac{2h_{\text{кс}}}{r_0}} = 3300 \frac{2\pi\varepsilon}{\ln \frac{2 \cdot 6,5}{5,6 \cdot 10^{-3}}} = 426,2 \cdot 2\pi\varepsilon$$

1. Человек стоит (или идет) на земле под КОНТАКТНЫМ ПРОВОДОМ



$$E_A = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = \frac{426,2 \cdot 2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = 426,2 \frac{13}{4,7 \cdot 8,3} = 142 \text{ В / м}$$

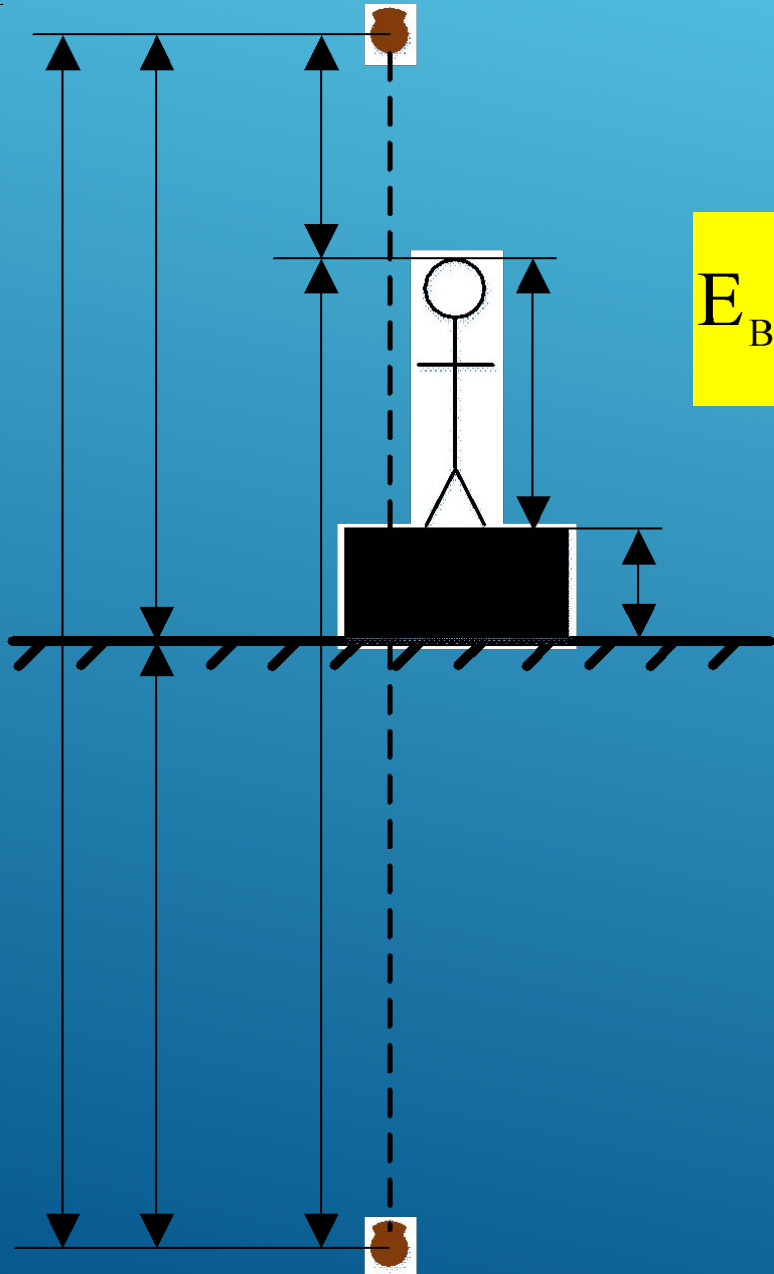
$$c = 2h_{\text{кc}} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ м};$$

$$a = h_{\text{кc}} - h_{\text{чел}} = 6,5 - 1,8 = 4,7 \text{ м};$$

$$b = c - a = 13 - 4,7 = 8,3$$

$$\varphi_A = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} = 426,2 \frac{2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \ln \frac{8,3}{4,7} = 242$$

2. Человек стоит на платформе под контактным проводом



$$E_B = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = \frac{426,2 \cdot 2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = 426,2 \frac{13}{3,5 \cdot 9,5} = 195 \text{ В / м}$$

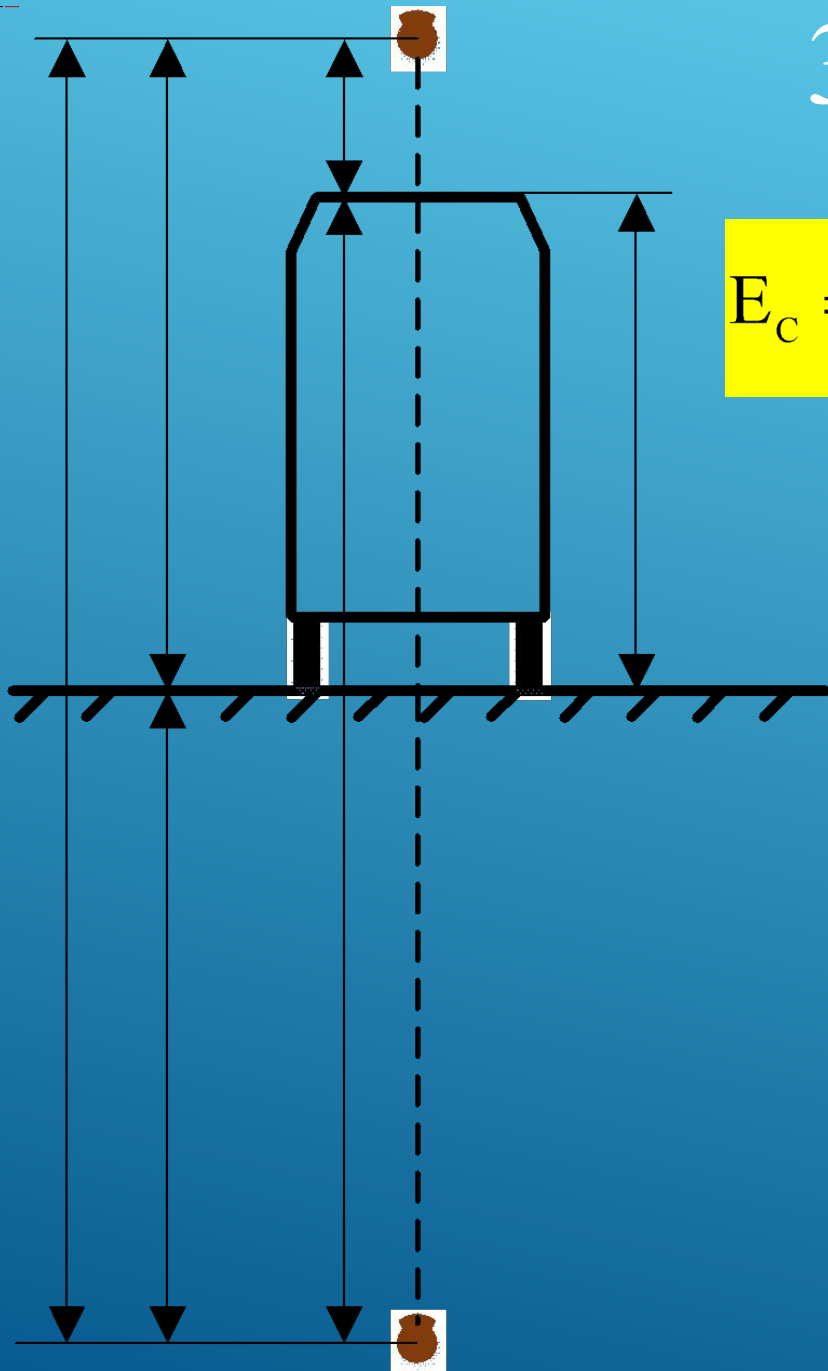
$$c = 2h_{\text{КС}} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ м};$$

$$a = h_{\text{КС}} - h_{\text{чел}} - h_{\text{пл}} = 6,5 - 1,8 - 1,2 = 3,5 \text{ м};$$

$$b = c - a = 13 - 3,5 = 9,5$$

$$\varphi_B = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} = 426,2 \frac{2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \ln \frac{9,5}{3,5} = 425$$

3. Крыша вагона электропоезда



$$E_c = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = \frac{426,2 \cdot 2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \frac{c}{ab} = 426,2 \frac{13}{2,4 \cdot 10,6} = 217,8 \text{ В/м}$$

$$c = 2h_{KC} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ м;}$$

$$a = h_{KC} - h_B = 6,5 - 4,1 = 2,4 \text{ м;}$$

$$b = c - a = 13 - 2,4 = 10,6$$

$$\varphi_c = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} = 426,2 \frac{2\pi\epsilon}{2\pi\epsilon} \ln \frac{10,6}{2,4} = 633$$