



Ставропольский государственный  
аграрный университет



**КАФЕДРА  
«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ  
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

**«ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»**

**ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ПРИВАЛОВ  
ЕВГЕНИЙ ЕВГРАФОВИЧ**



Ставропольский государственный  
аграрный университет



# ЛЕКЦИЯ № 7

## Напряжение шага.



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## Учебные цели

Знать об опасности напряжения шага и способах защиты от него.



Ставропольский государственный  
аграрный университет



## Учебные вопросы

1. Напряжение шага при ОЗУ электроустановки.
2. Напряжение шага при ГЗУ электроустановки.



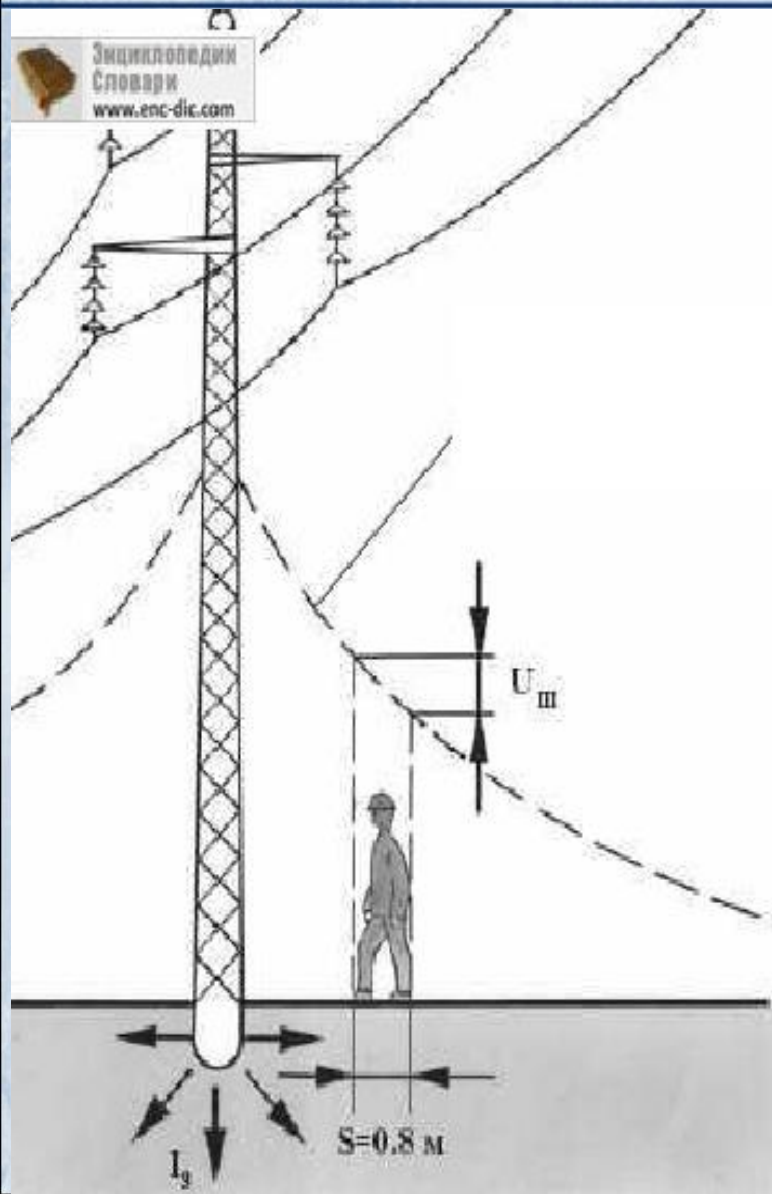
## Учебная литература.

1. Правила устройства электроустановок (**ПУЭ**). 7-е изд. М: **НОРМАТИКА**, 2020. - 464с.
2. Основы электробезопасности. Ч.Ш: защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях: учебное пособие / Е.Е. Привалов. - М. - Берлин-Медиа, 2016. - 180с.



# 1. Напряжение шага при ОЗУ электроустановки.

Зависит от силы тока (1),  
длины шага (2), распределения  
потенциала по поверхности  
земли (3), расстояния до  
электрода (4).



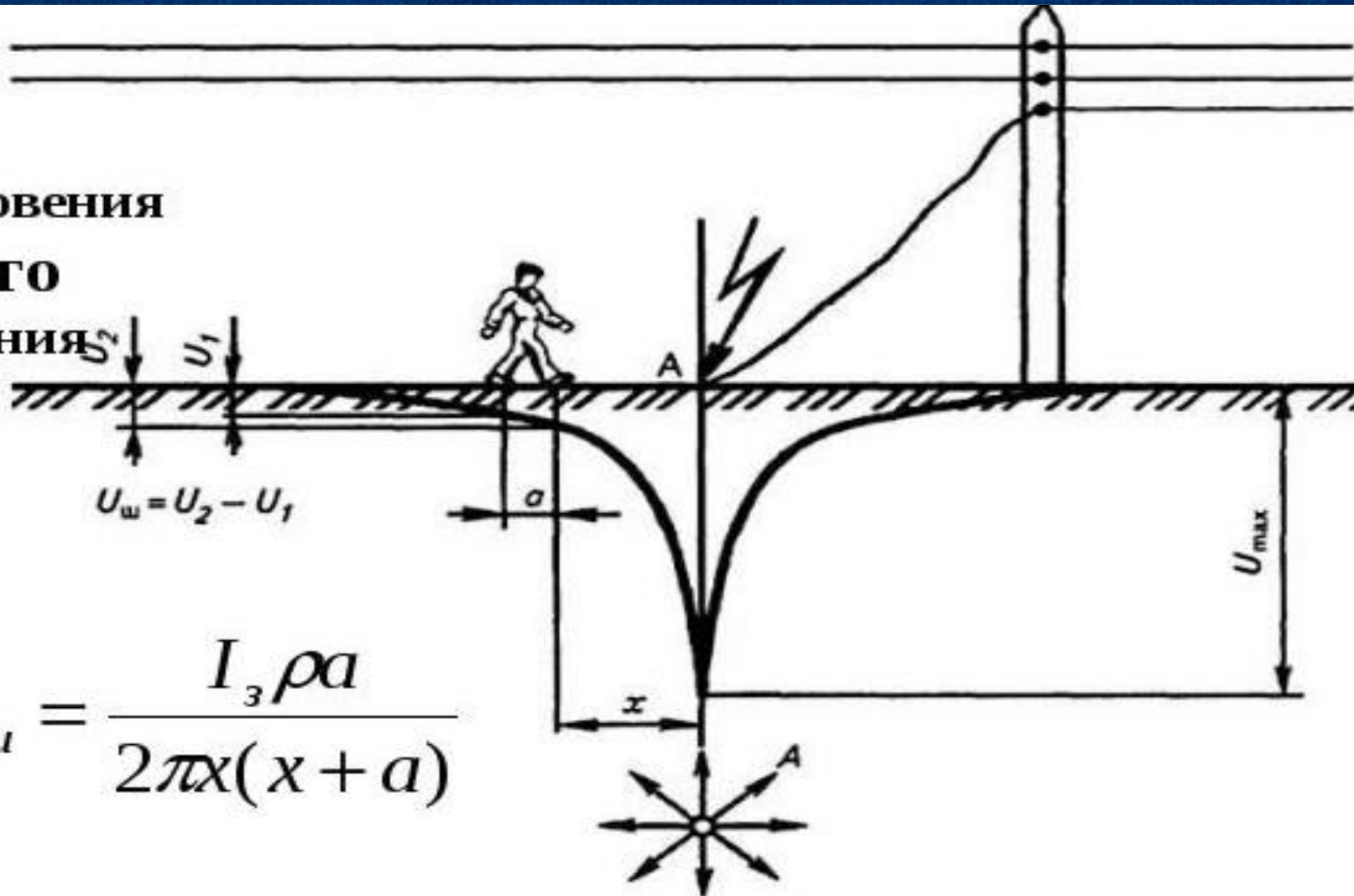
**Разность потенциалов  
между двумя точками**



# Ставропольский государственный аграрный университет



## Схема возникновения шагового напряжения



$$U_{ш} = \frac{I_3 \rho a}{2\pi x(x + a)}$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м

$a$  – ширина шага

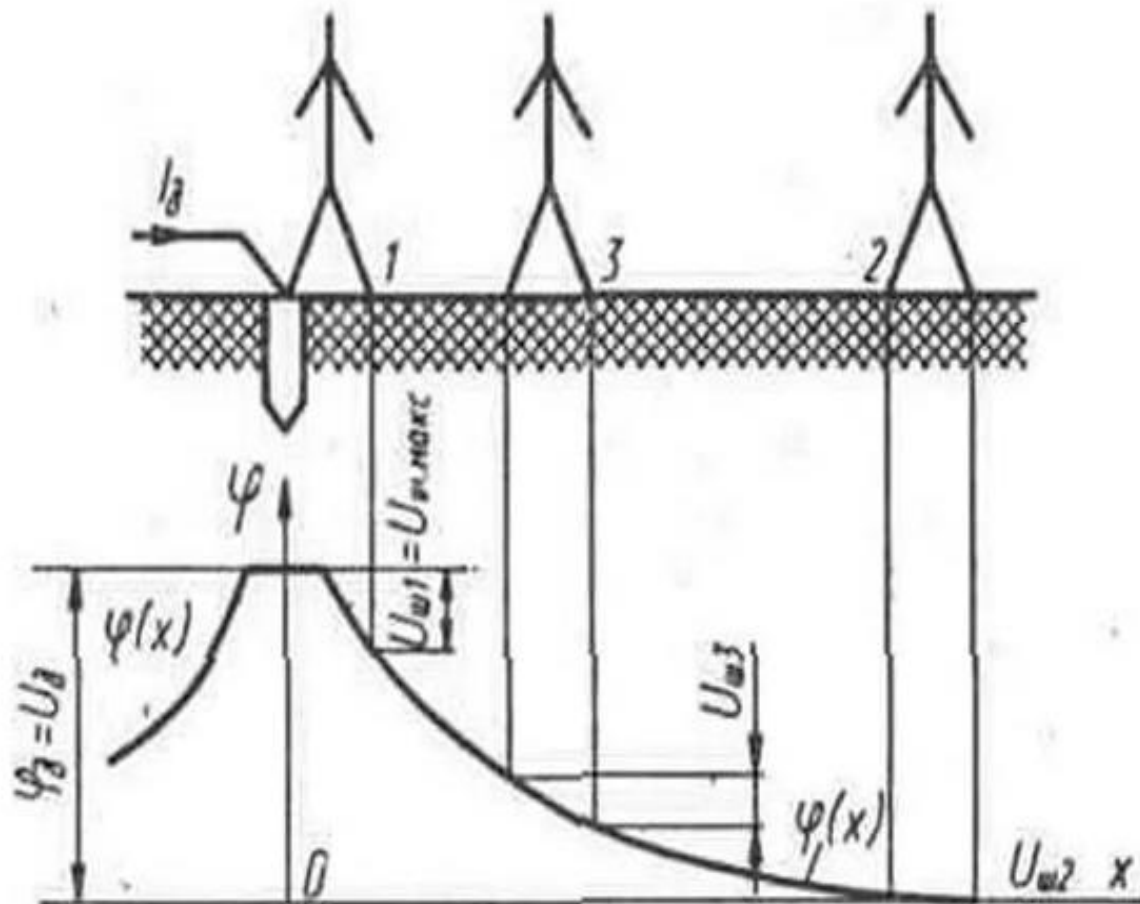


# Ставропольский государственный аграрный университет

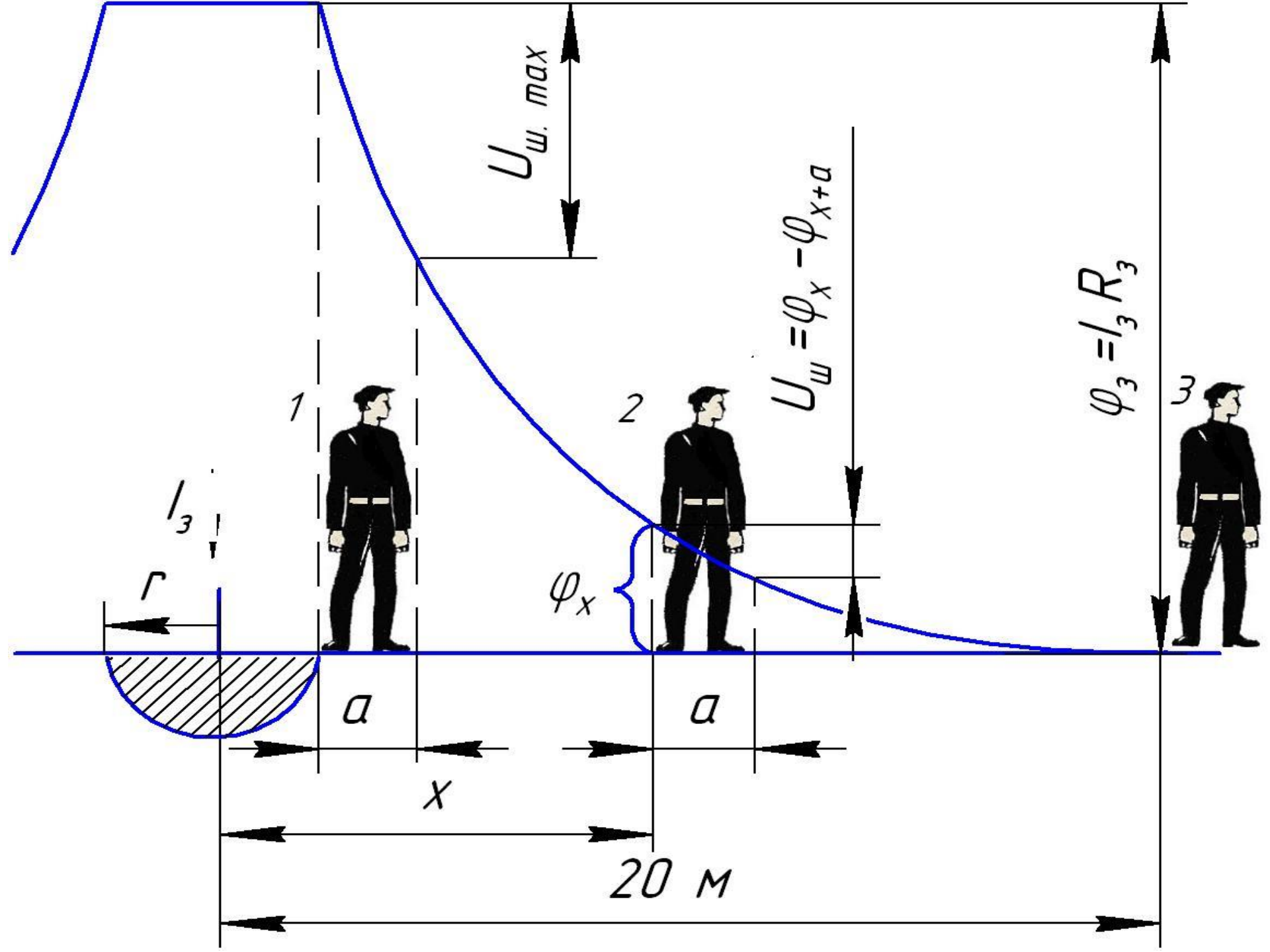


это напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек (0,8 - 1,0 м).

$U_{\text{ш}}$  повышается по мере приближения человека к месту замыкания провода на землю и при увеличении длины шага.



~20 м



$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a}.$$

$$U_{\text{ш}} = \varphi_3 \beta_1.$$

$$\beta_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_3} < 1.$$

*Случай1.*

$$x = r$$

$$U_{\text{ш}} = U_{\text{ш max}} = \varphi_3 = I_3 R_3.$$

$$\beta_1 = 1$$

*Случай2.*

$$r < x < 20\text{м}$$

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a}.$$

$$0 < \beta_1 < 1$$

*Случай3.*

$$x \geq 20\text{м}$$

$$U_{\text{ш}} = I_3 R_3.$$

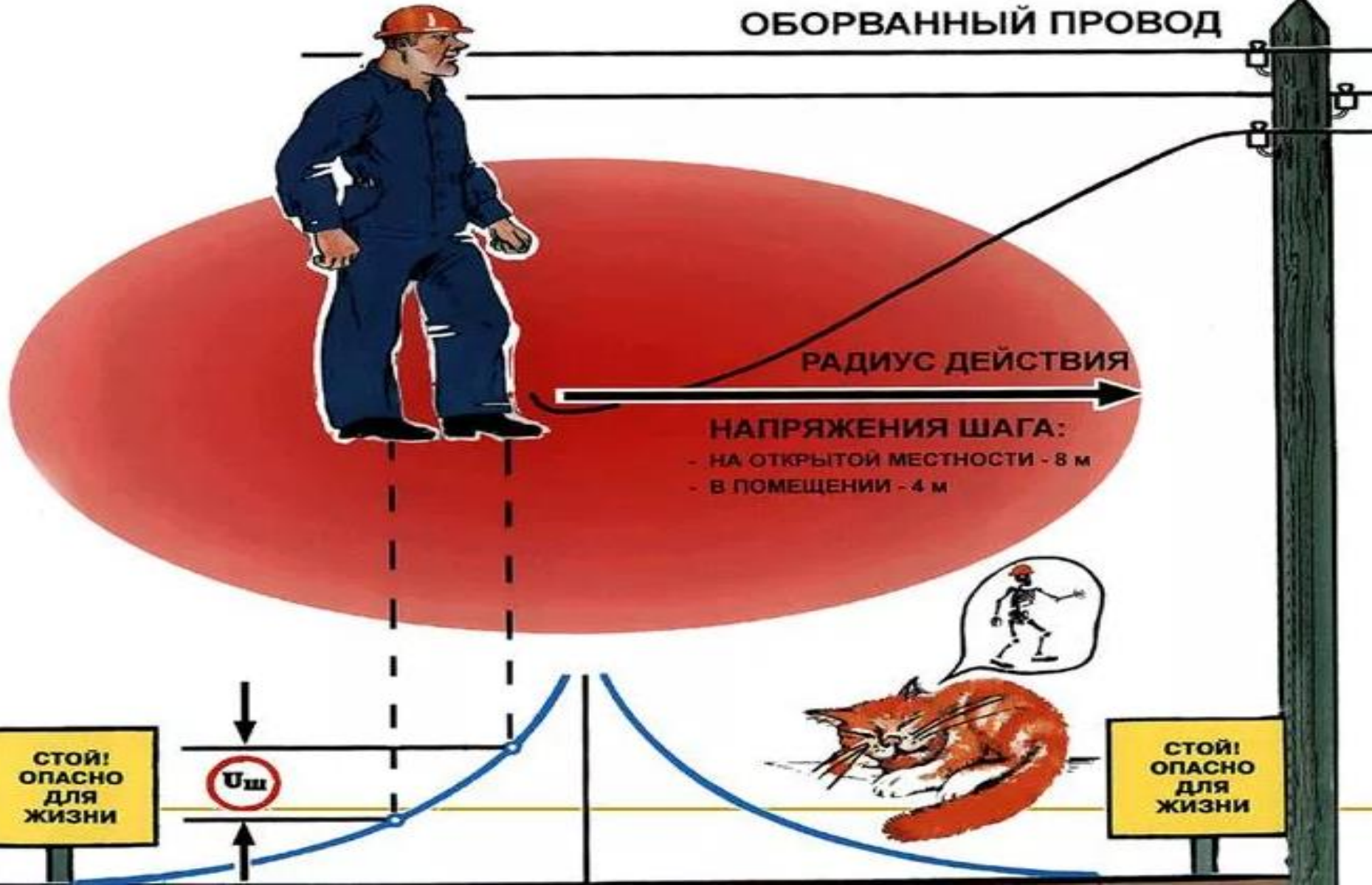
$$\beta_1 \rightarrow 0$$



# Ставропольский государственный аграрный университет



ОБОРВАННЫЙ ПРОВОД



РАДИУС ДЕЙСТВИЯ

НАПРЯЖЕНИЯ ШАГА:

- НА ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ - 8 м
- В ПОМЕЩЕНИИ - 4 м

СТОЙ!  
ОПАСНО  
ДЛЯ  
ЖИЗНИ

$U_{ш}$

СТОЙ!  
ОПАСНО  
ДЛЯ  
ЖИЗНИ



Ставропольский государственный  
аграрный университет



# Правила перемещения в зоне «шагового» напряжения



**ЗАПОМНИ!**  
Двигаться в диэлектрических  
ботах/галошах  
Или  
«гусиным шагом»

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ!**  
Отрывать подошвы от  
поверхности земли и делать  
широкие шаги

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ!**  
Приближаться бегом к лежащему  
проводу



## Радиус действия напряжения шага

- на открытой местности - **8 метров**
- в помещении - **4 метра**

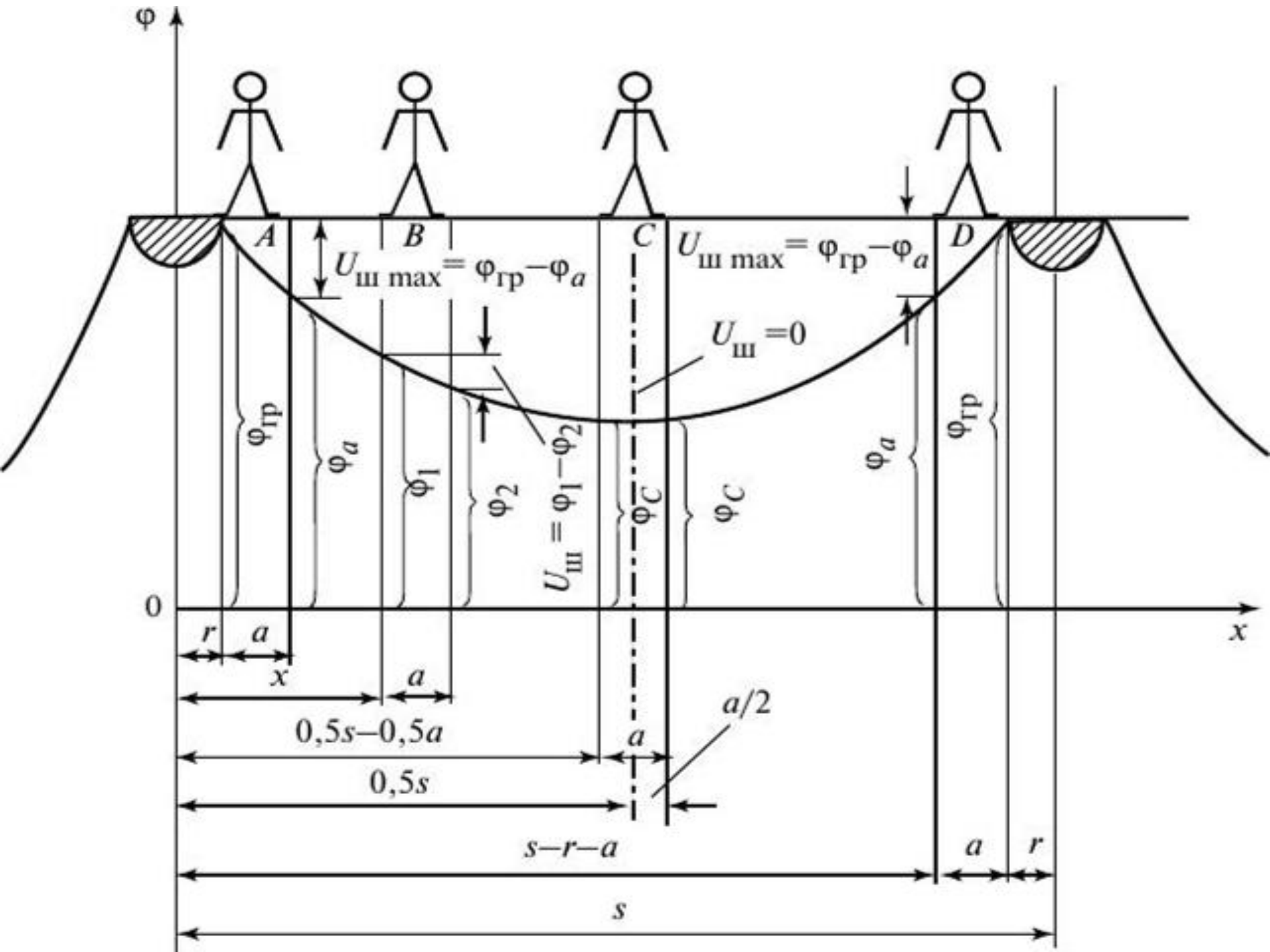
Почувствовав раздражающее воздействие  
напряжения шага,

- сомкните ступни ног;
- развернитесь;
- двигайтесь от места замыкания короткими шагами.



## 2. Напряжение шага при ГЗУ электроустановки.

Зависит от силы тока (1),  
длины шага (2), распределения  
потенциалов по поверхности  
земли (3), расстояния между  
электродами (4).



**Напряжение шага:**

$$U_{Ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \varphi_{ГР} r(s-r) \left[ \frac{1}{x(s-x)} - \frac{1}{(x+a)(s-x-a)} \right]$$

**Работник находится в точках *A* и *D*:**

$$U_{Ш_{МАКС}} = \varphi_{ГР} \left[ 1 - \frac{r(s-r)}{(r+a)(s-r-a)} \right]$$

**Работник находится в точке *C*:**  $U_{Ш} = 0$

**Работник находится в точке *B*:**

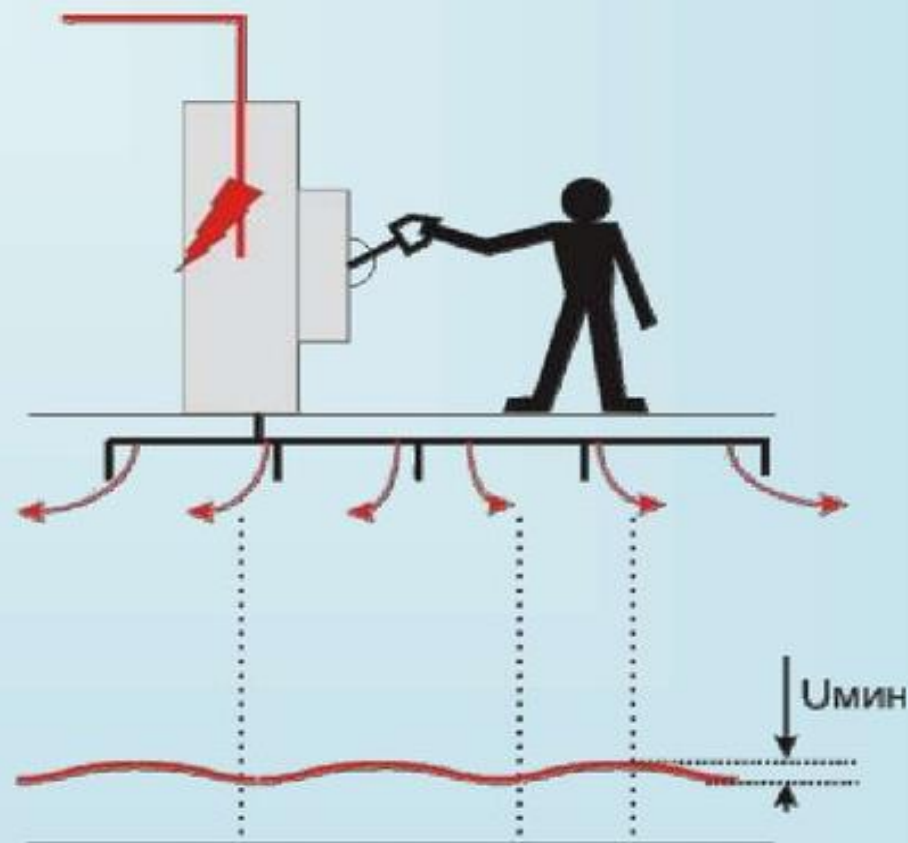
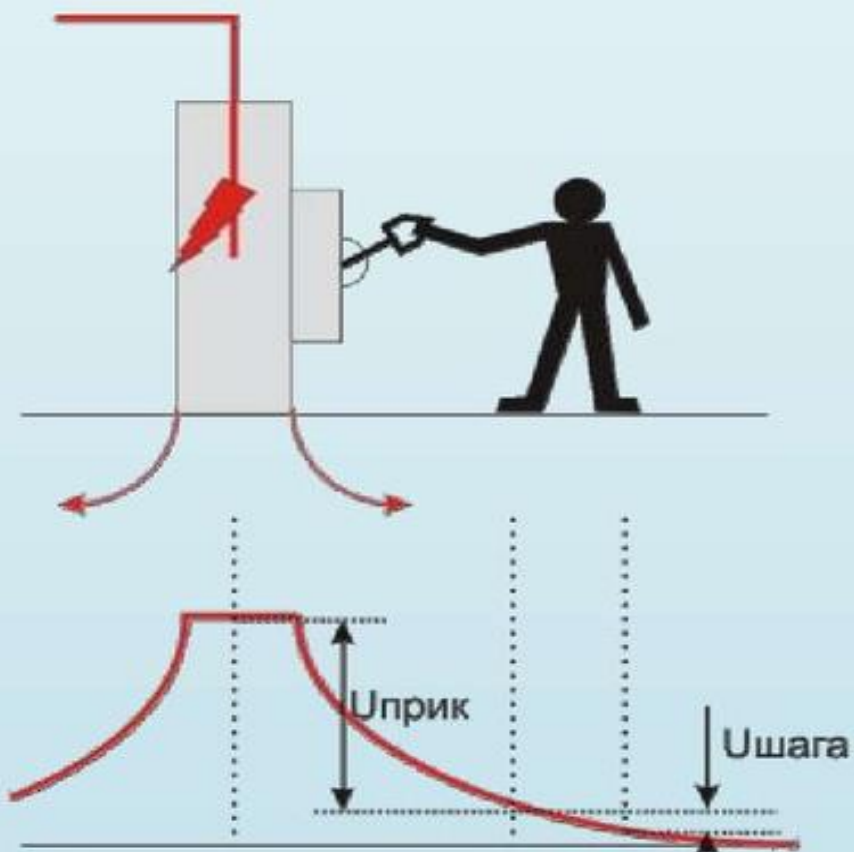
$$U_{Ш} = \varphi_1 - \varphi_2$$



Ставропольский государственный  
аграрный университет



# Выравнивание потенциалов на территории электроустановки для снижения напряжений прикосновения и шага







# Ставропольский государственный аграрный университет





## Заключение.

1. Чем дальше от **ОЗУ** находится работник, тем меньше опасность напряжения шага (**от 20м**).
2. При **ГЗУ** опасность напряжения шага минимальна, если работник находится между электродами в **точке С**.

