



Ставропольский государственный
аграрный университет



**КАФЕДРА
«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

«ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»

**ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ПРИВАЛОВ
ЕВГЕНИЙ ЕВГРАФОВИЧ**



Ставропольский государственный
аграрный университет



ЛЕКЦИЯ № 5

Опасность прикосновения к токоведущим частям в трехфазных электрических сетях



Ставропольский государственный
аграрный университет



Учебные цели

Знать классификацию, состав,
достоинства и недостатки
групповых заземляющих
устройств (ГЗУ).



Ставропольский государственный
аграрный университет



Учебные вопросы

1. Типы, состав, достоинства и недостатки ГЗУ.
2. Расчет и конструкция ГЗУ.



Учебная литература.

- 1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. М: НОРМАТИКА, 2020. – 464с.**
- 2. Основы электробезопасности. Ч. II: заземление электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – М. – Берлин-Медиа, 2016. – 156с.**



1. Типы, состав, достоинства и недостатки ГЗУ.

Требования к электродам.

1. Малое сопротивление.
2. Надежность и прочность.
3. Оптимальная стоимость.
4. Стойкость к токам замыкания на землю.



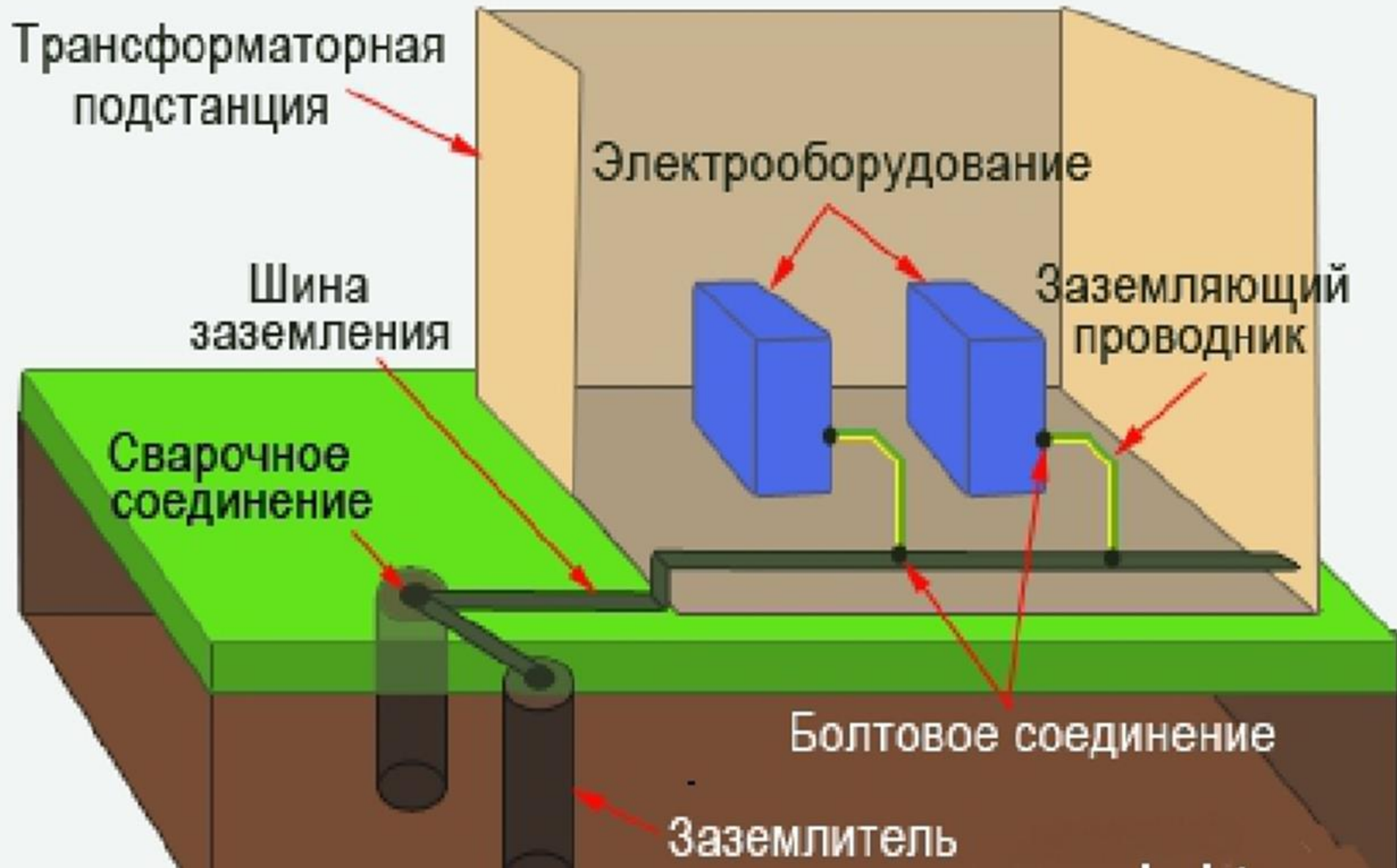
Ставропольский государственный
аграрный университет



ГЗУ обеспечивает защиту
электроустановки, а также
защиту людей от воздействия
опасных токов, возникающих в
аварийных режимах и при
разрядах молний на объекте.



Ставропольский государственный аграрный университет





Ставропольский государственный аграрный университет



- выносные - заземлитель за площадкой установки оборудования;
- контурное – заземлитель по контуру площадки.

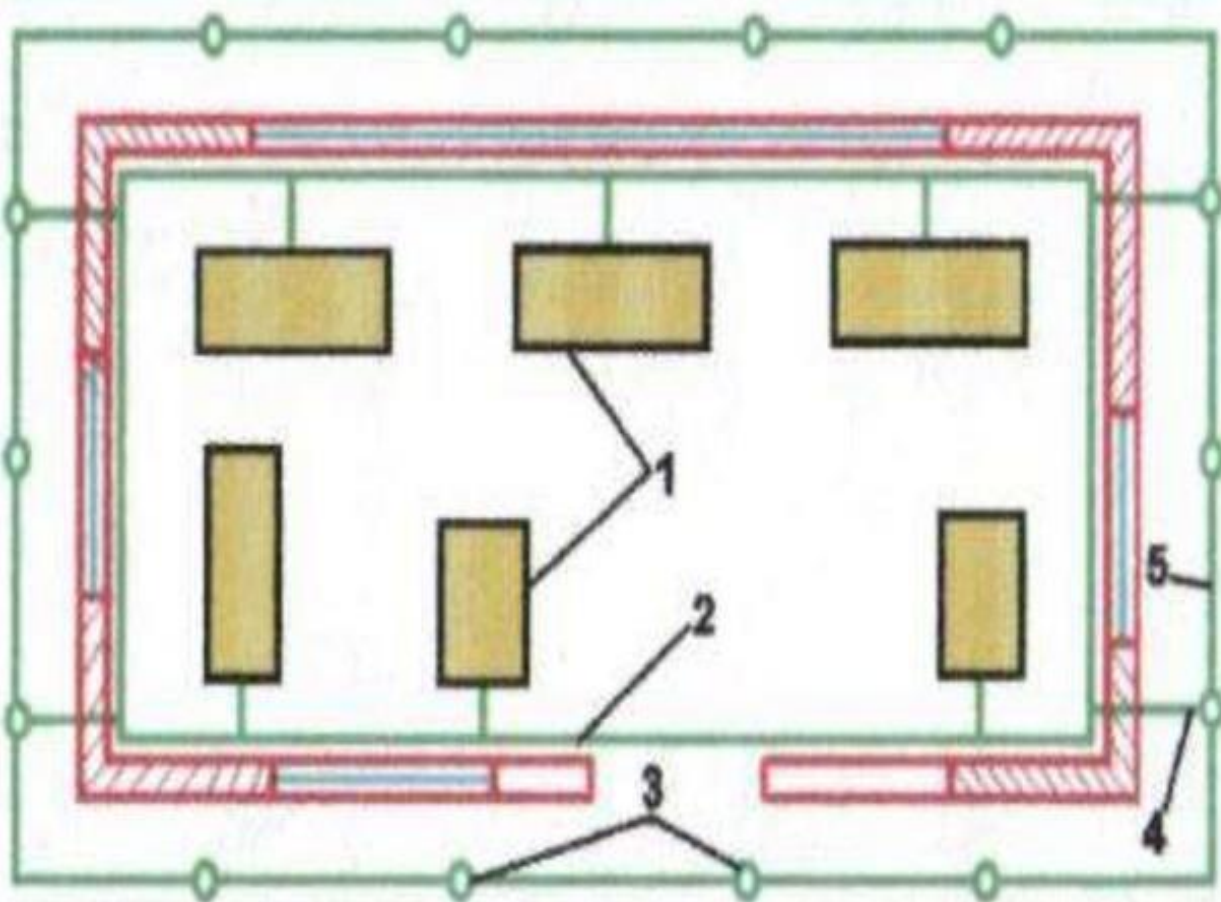
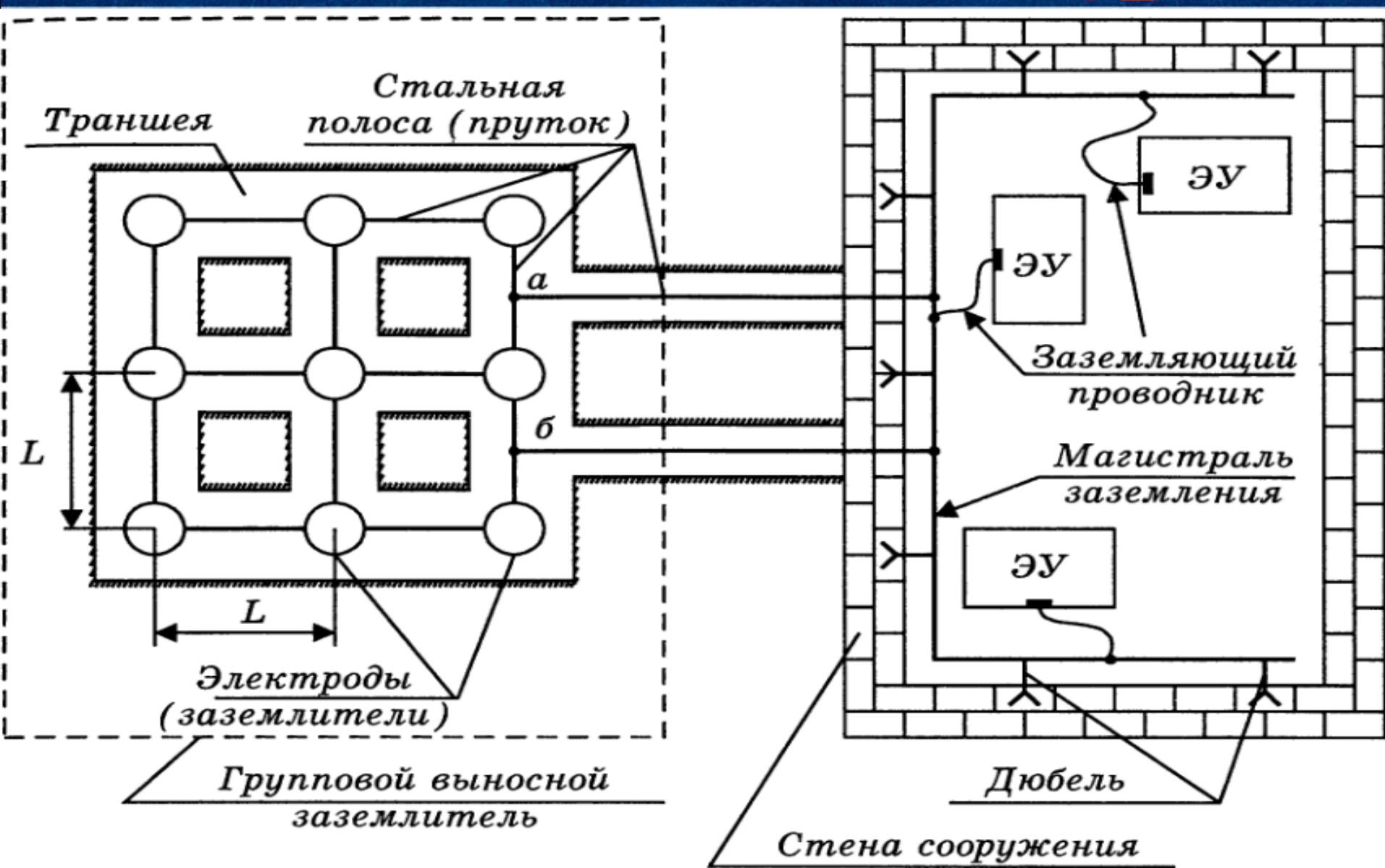


СХЕМА ЗАЕМЛЯЮЩИХ КОНТУРОВ ИЗ ПОЛОСОВОЙ СТАЛИ

1. Электрооборудование
2. Внутренний контур
(сечение не менее 24 мм^2)
3. Заземляющие трубы
или уголки
4. Соединение внутреннего
контра с наружным
(сечение не менее 24 мм^2)
5. Соединительная полоса
наружного контра
(сечение не менее 48 мм^2)



Ставропольский государственный аграрный университет



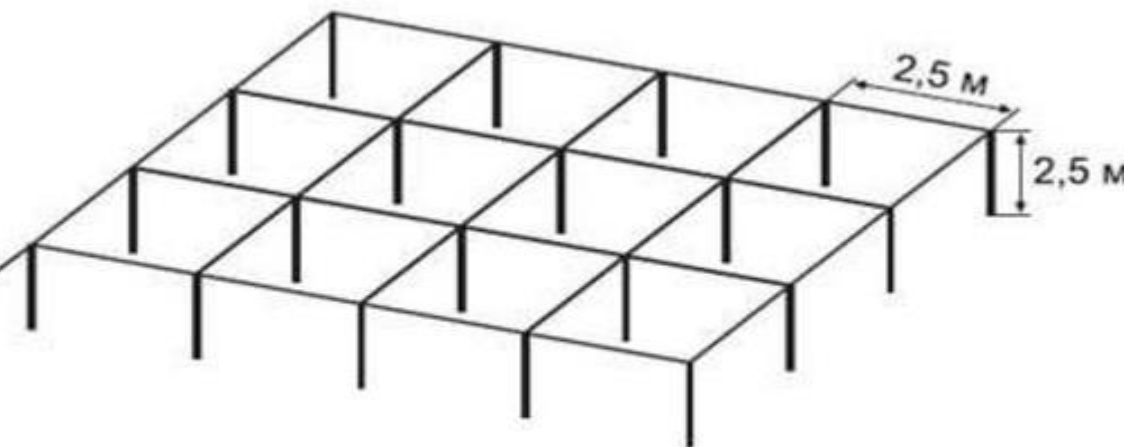


Выносное ГЗУ.



30 м

$R_{\text{общ.}} < 2 \text{ Ом}$
Площадь = $0,5 \text{ м}^2$



ИЛИ

$R_{\text{общ.}} < 4 \text{ Ом}$
Площадь = 75 м^2
 $n = 20 \text{ шт.}$



2. Расчет и конструкция ГЗУ.

Горизонтальный проводник,
сталь, полоса 4x40 mm

Заземляющий проводник к
заземляющей шине здания



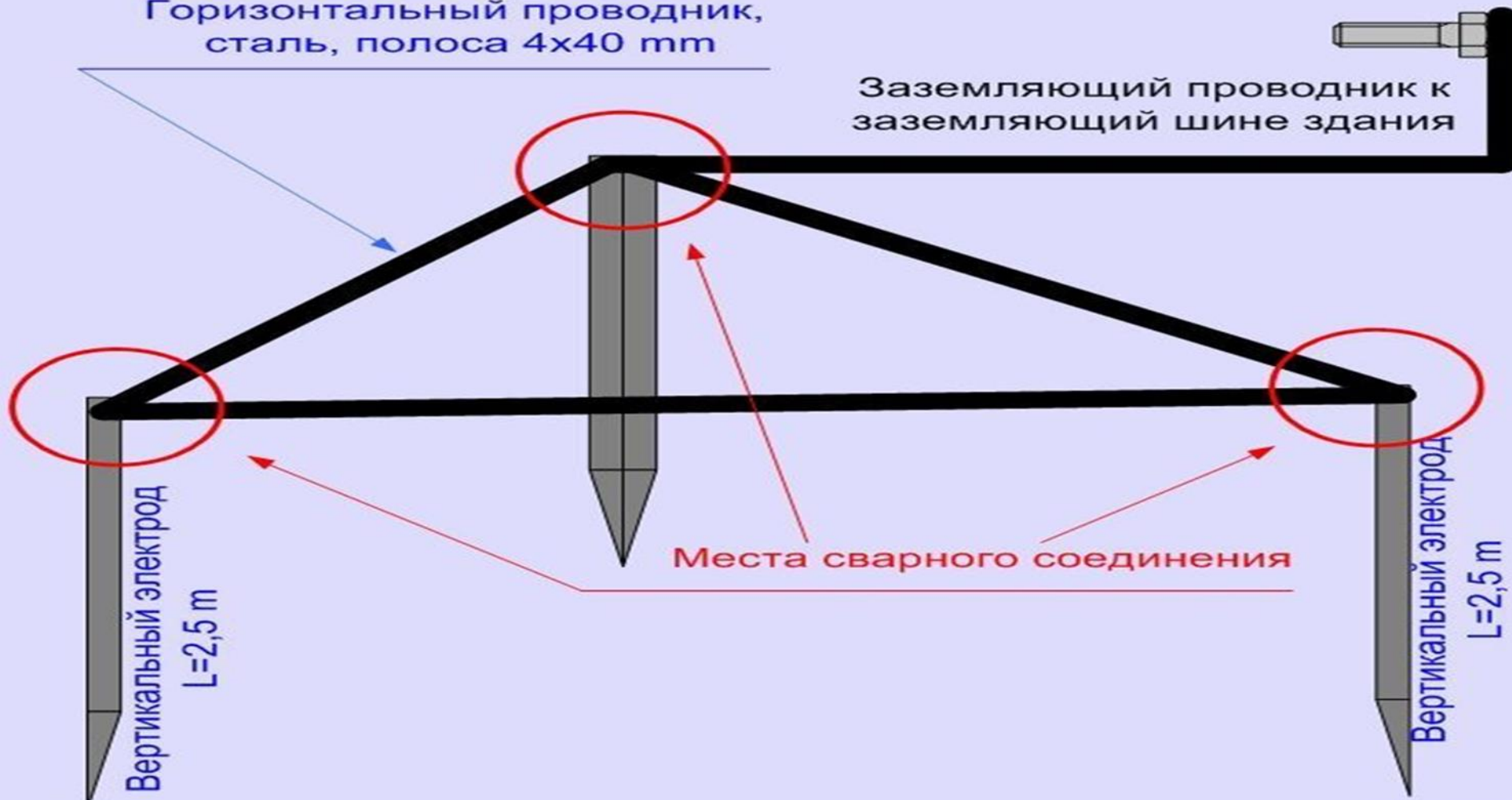
Места сварного соединения

Вертикальный электрод

L=2,5 m

Вертикальный электрод

L=2,5 m





Ставропольский государственный
аграрный университет



При применении вертикальных
заземляющих электродов **второй способ
более эффективен**, если глубинные слои
грунта имеют более низкое электрическое
сопротивление, чем верхние.
На практике в 70% случаев грунт на
глубине более 5 метров имеет в разы
меньшее удельное электрическое
сопротивление, чем у поверхности, за счет
большей влажности и плотности.



Контурное заземление. Достоинства.

- 1. Высокая эффективность заземления.**
- 2. Применение на с/х предприятиях.**
- 3. Коэффициент прикосновения меньше единицы.**

Недостатки.

- 1. Большая стоимость монтажных работ.**
- 2. Нельзя выбрать место размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта.**



Глубинное заземление. Достоинства.

- 1. Невысокие затраты на монтажные работы и благоустройство участка.**
- 2. Выбор места установки заземлителей с грунтом наименьшего сопротивления.**
- 3. Компактность расположения.**

Недостатки.

- 1. Не применяют для ЭУ выше 1000В.**
- 2. Коэффициент прикосновения равен единице.**



Ставропольский государственный
аграрный университет



ТП-10/0,4 кВ должно иметь
сопротивление заземления не
более 4 Ом (ПУЭ 1.7.101).

ПС-110/35/10 кВ должно иметь
сопротивление заземления не
более 0,5 Ом (ПУЭ 1.7.90)



Вертикальный электрод.

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{d} \right) + 0,5 \ln \left(\frac{4T + L}{4T - L} \right) \right]$$

где:

ρ - удельное электрическое сопротивление грунта (Ом*м)

L - длина электрода (м)

d - диаметр электрода (м)

T - заглубление электрода (м)

Пример 1. Рассчитать защитное заземление, выполненное трубами, на киноустановке, если питающая сеть $3N \sim 380$ В с глухозаземленной нейтралью.

Решение:

1. В качестве искусственных заземлителей выбираем вертикально забитые на глубину 2 м оцинкованные трубы длиной 2,5 м, диаметром 60 мм (2 дюйма).
2. Трубы размещаем в ряд с отношением расстояния между электродами к их длине, равном 1 (труба от трубы забита на расстоянии 2,5 м).
3. В качестве грунта выбираем суглинок.
4. Определяем по упрощенной формуле сопротивление растеканию тока одиночного заземлителя:

$$R = 0,00308 \cdot \rho = 0,00308 \cdot 10000 = 30,8 \text{ Ом.}$$

5. По полученной величине $R = 30,8$ Ом и заданной $r_z \leq 10$ Ом (повторное заземление нулевого провода) определяем произведение числа заземлителей n и коэффициента использования η сложного заземлителя:

$$n \cdot \eta = \frac{R}{r_z} = \frac{30,8}{10} = 3,08.$$

К этому значению ближе всего $\eta = 0,73$ и $n = 5$, т.к. $n \cdot \eta = 5 \cdot 0,73 = 3,65$ что несколько больше требуемой по расчету величины $n \cdot \eta = 3,08$

6. Определяем сопротивление повторного защитного заземления:

$$r_z = \frac{R}{n \cdot \eta} = \frac{30,8}{3,65} = 8,5 \text{ Ом.}$$

Полученное значение r_z меньше заданного r_z , что соответствует требованиям ПУЭ.



Сопротивление вертикального электрода зависит от:

1. Площади (**S**) электрического контакта с грунтом.
2. Сопротивления (**R**) грунта.

Для увеличения площади контакта с грунтом.

1. Добавить электроды.
2. Увеличить размер электродов.



Конструкция модульного ГЗУ.





Достоинства.

- 1. Простота и легкость монтажа.**
- 2. Высокая эффективность заземлителя.**
- 3. Компактность.**
- 4. Большой срок службы электрода (до 100 лет в суглинке).**
- 5. Независимость заземления от сезона (зима/лето).**



Недостатки.

- 1. Невозможность монтажа электрода в каменистом грунте.**
- 2. Сравнительно высокая цена омедненных штырей (380 руб. за метр) и дополнительной комплектации.**



Заключение.

1. Выбор и расчет ГЗУ

**выполняют в соответствии с
требованиями ПУЭ.**

**2. Наиболее эффективны -
модульные заземлители.**