

## Защитное и рабочее заземление. Уравнивание потенциалов.

Определения:

**Защитное заземление** – заземление, выполняемое в целях электробезопасности. ( ПУЭ п.1.7.29 )

**Рабочее ( функциональное ) заземление** – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки ( не в целях электробезопасности ). ( ПУЭ п. 1.7.30 )

Определение FE для сетей питания информационного оборудования и систем связи дано в следующих пунктах:

«Функциональное заземление: заземление для обеспечения нормального функционирования аппарата, на корпусе которого по требованию разработчика не должен присутствовать даже малейший электрический потенциал ( иногда для этого требуется наличие отдельного электрически независимого заземлителя )» **ГОСТ Р 50571.22-2000 п. 3.14 ( 707.2)**

«Функциональное заземление может выполняться путем использования защитного проводника ( РЕ-проводника ) цепи питания оборудования информационных технологий в системе заземления TN-S.

Допускается функциональный заземляющий проводник ( FE-проводник ) и защитный проводник ( РЕ-проводник ) объединять в один специальный проводник и присоединять его главной заземляющей шине ( ГЗШ )» **ГОСТ Р 50571.21-2000 п. 548.3.1**

**Основная система уравнивания потенциалов** в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

- 1 ) нулевой защитный РЕ- или PEN- проводник питающей линии в системе TN;
- 2 ) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- 3 ) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
- 4) металлические трубы коммуникаций , входящих в здание...
- 5 ) металлические части каркаса здания;
- 6 ) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования....
- 7 ) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категории;
- 8 ) заземляющий проводник функционального ( рабочего ) заземления, если таковое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- 9 ) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов. ( ПУЭ п. 1.7.82. )

**Система дополнительного уравнивания потенциалов** должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток. ( ПУЭ п. 1.7.83. )

**ГОСТ Р 50571.3-94**

### **413.4 Система местного уравнивания потенциалов.**

Незаземленная система местного уравнивания потенциалов предназначена для предотвращения появления опасного напряжения прикосновения.

413.4.1. Все открытые проводящие части и сторонние проводящие части, одновременно доступные для прикосновения, должны быть объединены.

413.4.2. Система местного уравнивания потенциалов не должна иметь связи с землей ни непосредственно, ни посредством открытых или сторонних проводящих частей.

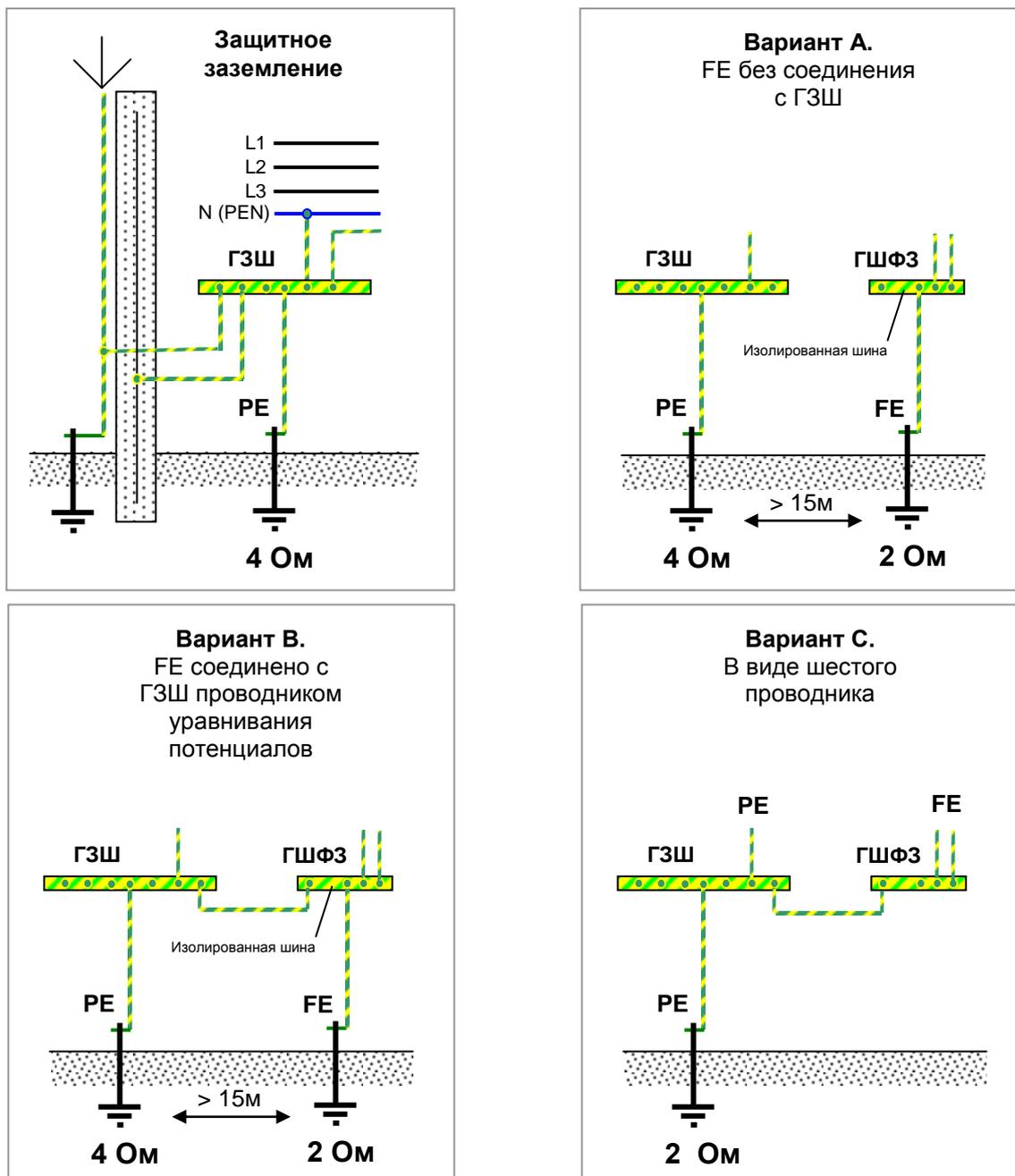
Обозначения:

**PE** – защитное заземление

**FE** – рабочее ( функциональное, технологическое ) заземление

Функциональное заземление применительно к учреждениям ЛПУ - для обеспечения нормальной, без помех работы высокочувствительной электроаппаратуры при питании от разделительного трансформатора или согласно техническим требованиям на некоторые виды оборудования ( электрокардиограф, электроэнцефалограф, реограф, рентгеновский компьютерный томограф и тп. ) в помещениях операционных, реанимационных, родовых, палатах интенсивной терапии, кабинетах функциональной диагностики и других помещениях при установке в них указанной аппаратуры.

При отсутствии особых требований изготовителей аппаратуры общее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства не должно превышать 2 Ом.



**Рис.1. Схема построения защитного заземления и варианты выполнения функционального заземления.**

Где **ГЗШ** – главная заземляющая шина защитного заземления.

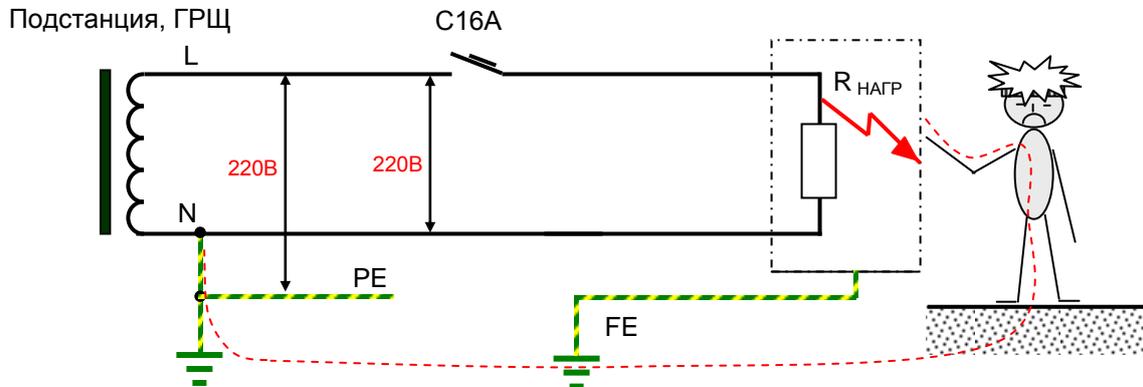
**ГШФЗ** – главная шина функционального ( рабочего ) заземления.

**Вариант «А»**, с точки зрения электробезопасности, допустим только при условии, что аппаратура питается от разделительного трансформатора ( IT – сеть ).

**Использовать данный вариант для сетей типа TNS категорически не рекомендуется !**

Рассмотрим простой пример:

Сеть с глухозаземленной  
нейтралью  
( TN – S )



**Рис.2. Схема протекания тока замыкания на корпус аппарата при использовании независимого функционального заземления в сети типа TN.**

Так как функциональное заземление в отличие от защитного не имеет точки соединения с ГЗШ, а соответственно с нейтралью, то токи короткого замыкания составят не сотни и тысячи ампер, как это происходит при защитном заземлении, а всего лишь десятки ампер. Ситуация усугубится при условии, что FE по заданию выполнено 10 Ом, а в цепи отсутствует УЗО ( вычислительная техника, томографы, рентгеновское оборудование и тд. ).

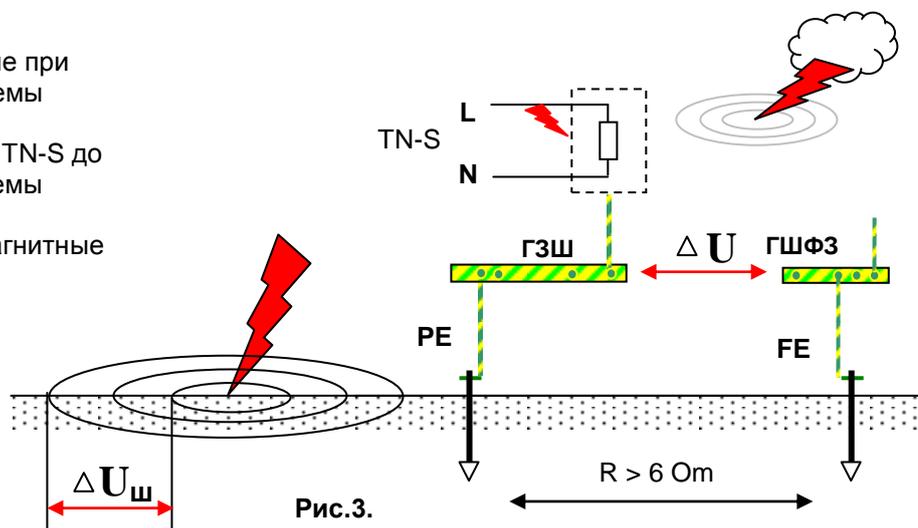
Максимальный ток короткого замыкания составит 15,7А.

$$I_{кз} = \frac{220 (В)}{4 + 10 (Ом)} = 15,7 (А)$$

При данной схеме питания лучше воспользоваться вариантом «В» или «С», особенно если речь идет о мощном стационарном оборудовании ( рентгенаппараты, МРТ и тд. ).

Помимо сказанного выше, ситуация ( с точки зрения электробезопасности ) осложняется вероятностью возникновения разности потенциалов на отдельных системах заземления, тем более если эти системы заземления находятся в пределах одного помещения см. рис.3.

1. Шаговое напряжение при срабатывании системы молниезащиты.
2. КЗ на корпус в сети TN-S до срабатывания системы защиты
3. Внешние электромагнитные поля



**Рис.3.**

**Вариант «В»** удобен при реконструкции уже действующих объектов. Функциональное заземление при этом нередко выполняют с использованием составного, глубинного заземлителя. Вторым положительным моментом – функциональные заземлители и заземлители защитного заземления связанные между собой проводником уравнивания потенциала взаимно дублируют друг друга увеличивая надежность системы заземления. Недостатки по электробезопасности, по сравнению с вариантом «А», либо отсутствуют, либо эффективно снижаются в десятки раз, а «лучевая» схема заземления обеспечивает стабильную работу оборудования.

**Вариант «С»** последнее время получает широкое распространение при проектировании новых объектов и соответствует высокому уровню электробезопасности.

В отечественных нормативных документах существуют противоречия в необходимости применения функционального заземления для заземления высокочувствительной и ответственной медицинской аппаратуры. Ниже приведена таблица с указанием документов относящихся к данной теме.

| <u>ТОЛЬКО ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ</u> | <u>ЗАЩИТНОЕ + ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ</u>                                       |
|-----------------------------------|--|
| РТМ – 42 – 80                     | ПУЭ, гл. 1.7.3, 1.7.85, 1.7.104  |
|                                   | ТКП/ОР/45-4.04-86-2008 ( Белоруссия )                                  |
| Европейские стандарты             | Пособие по проектированию учреждений здравоохранения к СНиП 2.08.02-89 |
| <b>ГОСТ 50571.28 - 2007</b>       |  |

РТМ – 42 – 80 потеряла свое значение с выходом ГОСТ 50571.28.

Европейские и белорусские нормативы на территории РФ не действуют. Пособие по проектированию фактически носит рекомендательный характер. В итоге высшим приоритетом обладает ГОСТ. Однако о функциональном заземлении в нем нет ни слова и нет прямого указания, к чему подключать заземляющие контакты на розетках консолей жизнеобеспечения при питании от разделительного трансформатора.

Выходом из сложившейся ситуации, отчасти, может стать технический циркуляр АССОЦИАЦИИ «РОСЭЛЕКТРОМОНТАЖ» № 24/ 2009 утвержденный 01.07.2009г.

Приводим дословно:

**« ...Устройство независимых заземлителей для защитного и/или функционального заземления медицинского оборудования, не подключенных к ГЗШ, в зданиях с медицинскими помещениями не допускается...»**

Таким образом, из всех вариантов построения функционального ( рабочего ) заземления допустимыми являются вариант «В» или «С».

## **Защитное заземление.**

Операционные помещения должны иметь защитную заземляющую шину из меди сечением не менее 80 мм<sup>2</sup>, либо из другого материала с эквивалентным по проводимости сечением. Удельное электрическое сопротивление для различных проводников дано в таблице 1.

Таблица 1.

| Материал проводника | Удельное сопротивление мкОм х м | Коэффициент сопротивления по отношению к меди | Требуемое сечение для шины заземления мм <sup>2</sup> |
|---------------------|---------------------------------|---|---|
| Медь                | 0,017                           | -   | 80  |
| Сталь               | 0,1                             | 5,88  | 470   |

Примечание: традиционно используется стальная шина 40 x 4 недостаточная по сечению, если рассматривать с формальной точки зрения, однако с практической точки зрения шина такого сечения решает все необходимые задачи.

Операционный стол, наркозный аппарат и вся электромедицинская аппаратура, выполненная по 01 и 1 классам электробезопасности, должны быть соединены с шиной заземления проводниками (проводники уравнивания потенциалов).

Минимальное сечение заземляющего проводника, имеющего механическую защиту, должно быть  $2,5 \text{ мм}^2$ , а не имеющего механической защиты –  $4 \text{ мм}^2$  (ПВ-3).

Все штепсельные розетки должны быть с заземляющими контактами с сечением проводников подключения  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Выбор сечения заземляющего проводника в составе кабеля питания см. табл 2.

Таблица 2.

| Сечение питающего проводника<br>$\text{мм}^2$ | Сечение заземляющего проводника<br>$\text{мм}^2$ |
|---|--|
| менее или равно 16                            | равно питающему                                  |
| от 16 до 35                                   | не менее 16                                      |
| более 35                                      | $1/2$ питающего                                  |

При расположении шины заземления по всему периметру операционной шину выравнивания потенциалов (РА) не устанавливают.

Шина заземления крепится к стене с плотным прилеганием. Щели недопустимы.

В случае, если стены защиты специальными панелями для чистых помещений, то шина заземления должна проходить по капитальной стене, а в панелях располагаются специальные розетки заземления (РЗ – 01), соединенные с основной шиной заземления проводником сечением  $4 \text{ мм}^2$ . Рекомендуемое расстояние между розетками заземления 1,5 м.

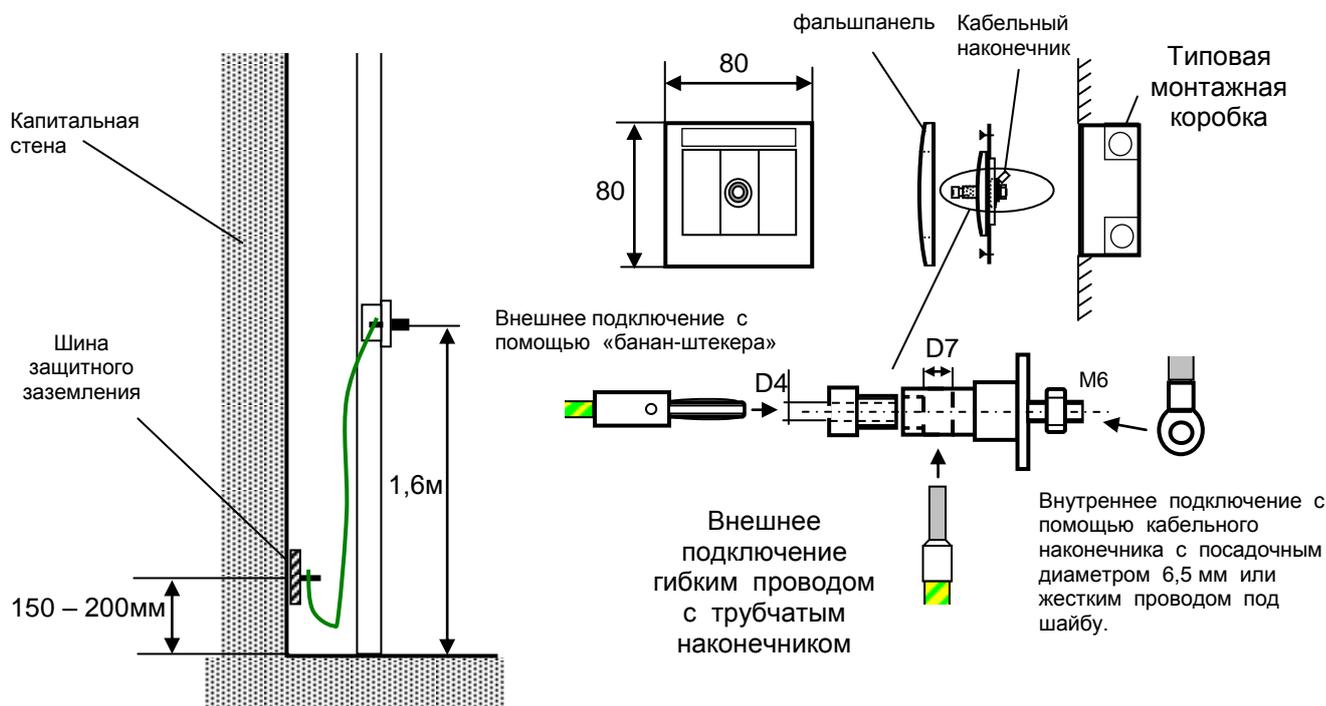


Рис.4.

Примечание: расположение розеток заземления у самого пола, как правило, приводит к их разрушению за счет перемещения каталок или стоек с аппаратурой в процессе эксплуатации. Во-вторых, сам процесс подключения гораздо удобнее, если розетка заземления расположена в районе розеток питания аппаратуры.

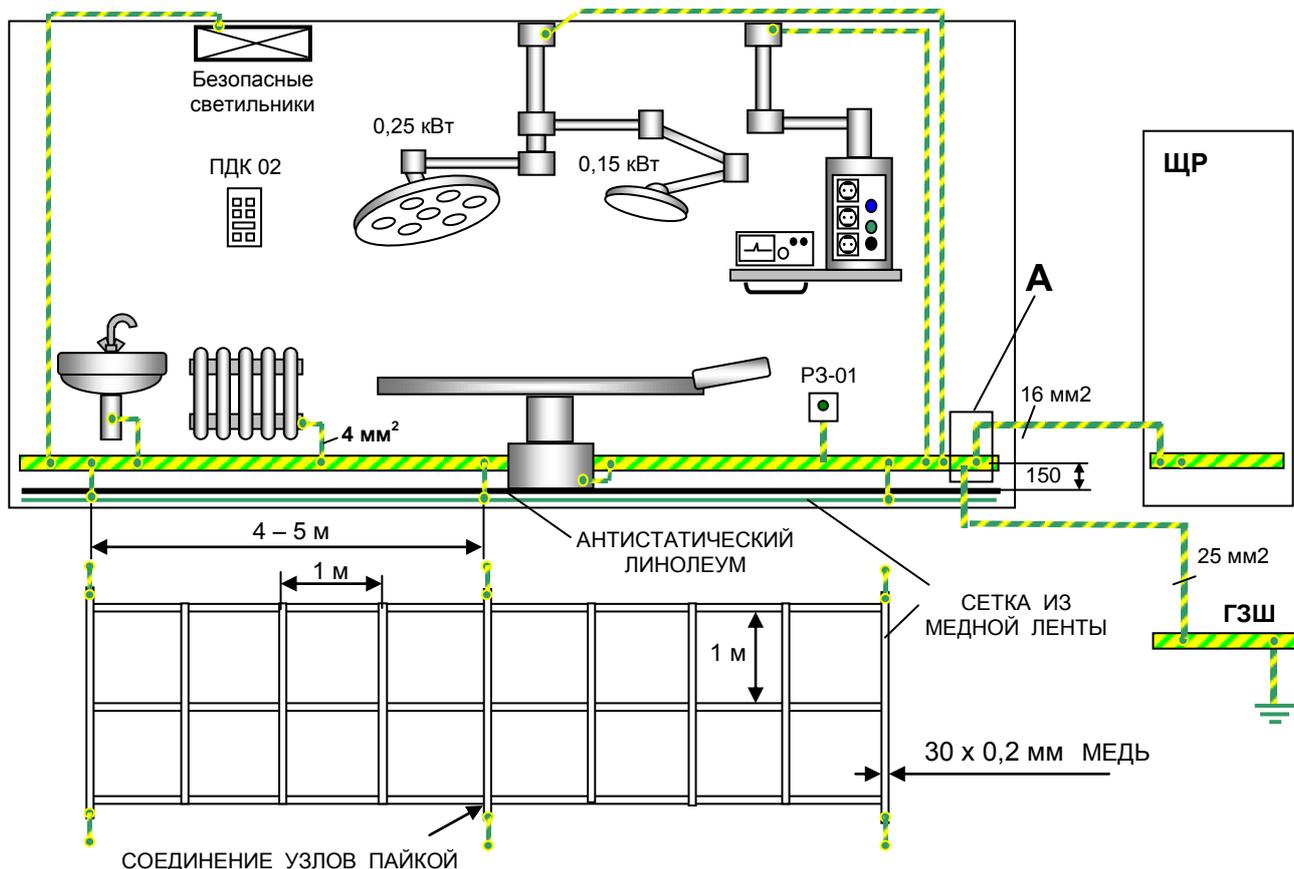


Рис.5.

Соединение в точке «А» нужно делать контролируемым. Например, герметичный люк для контроля присоединенного к шине наконечника проводника заземления ( болтовое соединение ).

Традиционно при проектировании и строительстве помещений используется шина опоясывающее помещение по периметру, как показано на рисунке. Однако вполне допустимо использование специальной шины расположенной в самом помещении или в непосредственной близости от нее согласно пункту 710.413.1.6.3 ( ГОСТ Р 50571.28 )

Приводим дословно:

« Шины уравнивания потенциалов должны быть расположены в самом медицинском помещении или в непосредственной близости от него. В каждом распределительном шкафу или в непосредственной близости от него должна быть расположена шина дополнительной системы уравнивания потенциалов, к которой подключают проводники дополнительного уравнивания потенциалов и защитные проводники. Все соединения должны быть выполнены так, чтобы они были хорошо различимы и предусматривали возможность индивидуального отключения».

Варианты исполнения шины:

**1. Шина по периметру помещения.**

Удобна с точки зрения присоединения проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов за счет минимальной длины данных проводников. Однако требование ГОСТа о контроле соединений и возможности смены проводника редко удается выполнить корректно.

**2. Короткая шина в щитовом корпусе.**

Целесообразно использовать, если в помещении минимальное количество оборудования и сторонних проводящих частей. Например: зубоврачебный кабинет с одним креслом. Для большой операционной, за счет количества и большой длины проводников, может оказаться неприемлемым.

**3. Комбинированная шина.**

Фактически две-три шины в одном помещении соединенные между собой проводником сечением от 16 мм<sup>2</sup>.

На рис.6. приведен один из вариантов организации систем заземления в помещении группы 2.

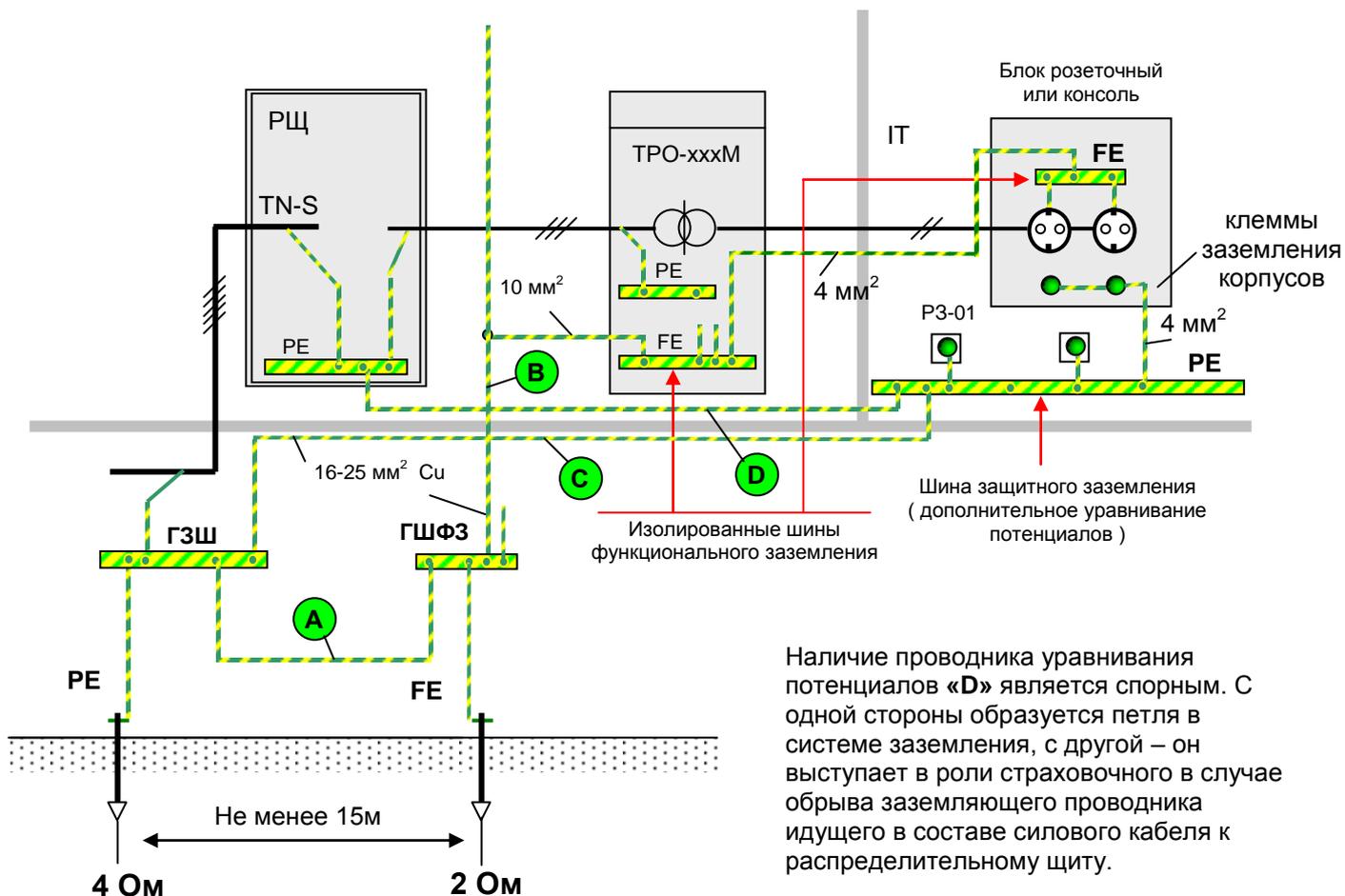


Рис.6.

В данном варианте функциональное заземление выполнено магистральным способом (проводник «B»). От основной магистрали делаются отводы (без разрыва магистрального провода) в сторону операционной и подключаются к изолированной групповой шине, которая может быть расположена либо в щите разделительного трансформатора, либо непосредственно в операционной (щиток ЩРМ-ШЗ). От групповой шины идут отдельные проводники сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$  из расчета один проводник – одиночная розетка, один проводник – розеточный блок и один проводник – консоль жизнеобеспечения. Указанный способ прокладки описан в техническом кодексе устоявшейся практики республики Белоруссия. Помимо этого магистральный проводник прокладывается в металлических трубах, для уменьшения электромагнитных наводок и механической защиты от повреждений. Металлическая труба заземляется на PE через неравные промежутки. В России более распространен не магистральный, а лучевой способ прокладки, где на каждую операционную идет собственный проводник соединения групповой шины FE с шиной ГШФЗ. Вполне допустимо соединение защитных контактов розеток IT-сети к шине защитного заземления, но при условии, что в электроустановке выполнено единая система заземления 2 Ом.

Заземление контактов розеток сети TN-S в операционной осуществляется классическим способом – посредством проводника в составе кабеля подключения.

Наличие проводника уравнивания потенциалов («A») является обязательным, о чем было сказано выше. Сечение -  $16 \text{ мм}^2$ , что вполне достаточно по механической прочности, а вариантов аварийного протекания больших токов короткого замыкания на корпус не существует (свойство IT-сети). Проводник «C» в некоторых случаях подключают к шине ГШФЗ, что на работе аппаратуры не сказывается, но является не совсем корректным. Проводник идет от шины дополнительного уравнивания потенциалов, которая обеспечивает дополнительную электробезопасность помещения и по ней при корпусном коротком замыкании в TN-S сети могут протекать токи короткого замыкания. Соответственно и подключен он должен быть на основную шину уравнивания потенциалов (ГЗШ).