

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.

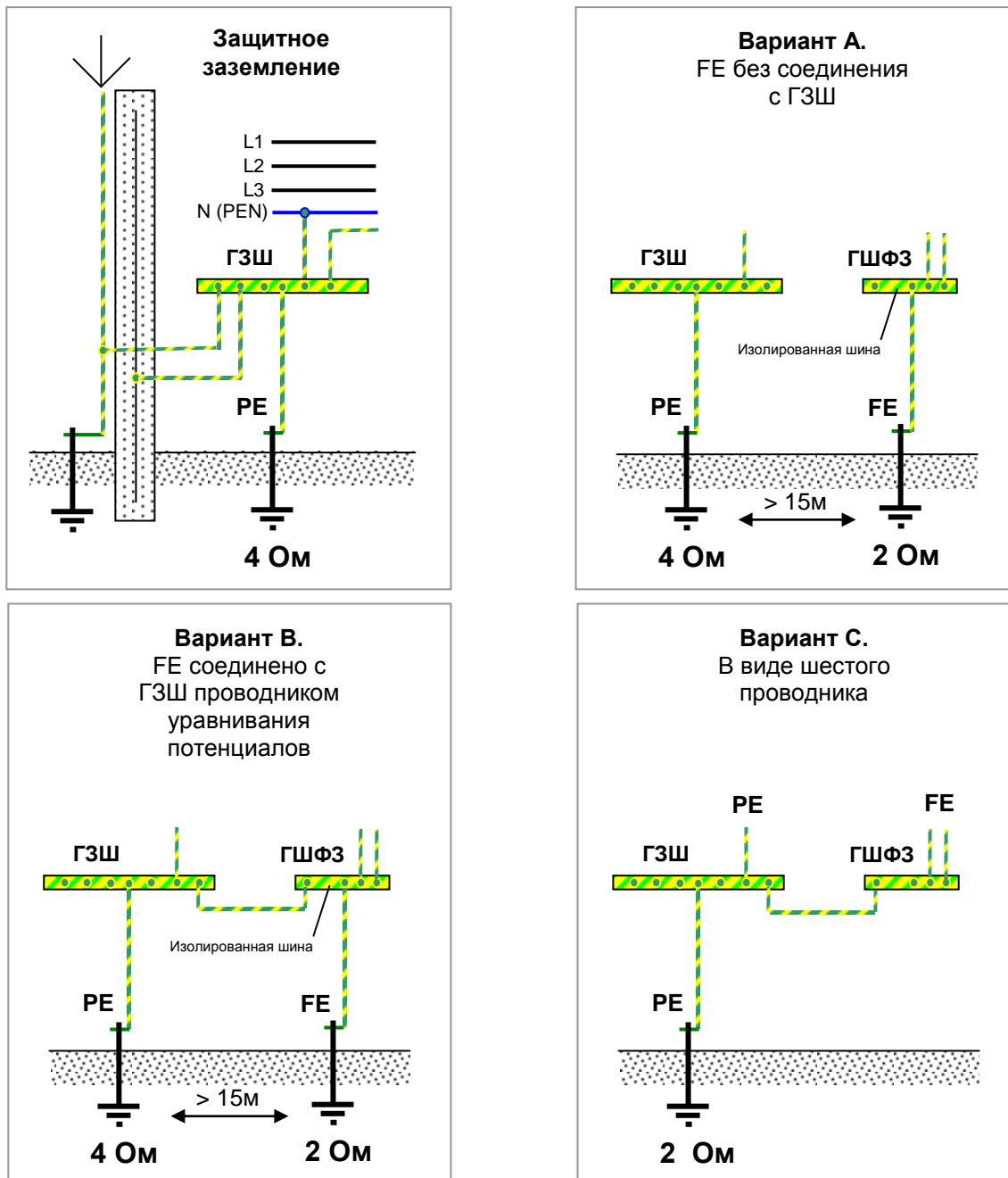


Рис.1. Схема построения защитного заземления и варианты выполнения функционального заземления.

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)

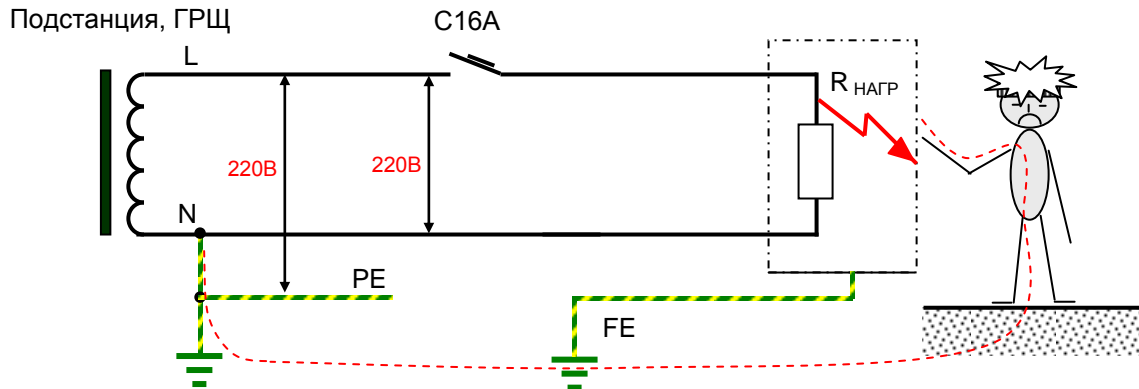


Рис.2. Схема протекания тока замыкания на корпус аппарата при использовании независимого функционального заземления в сети типа TN.

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

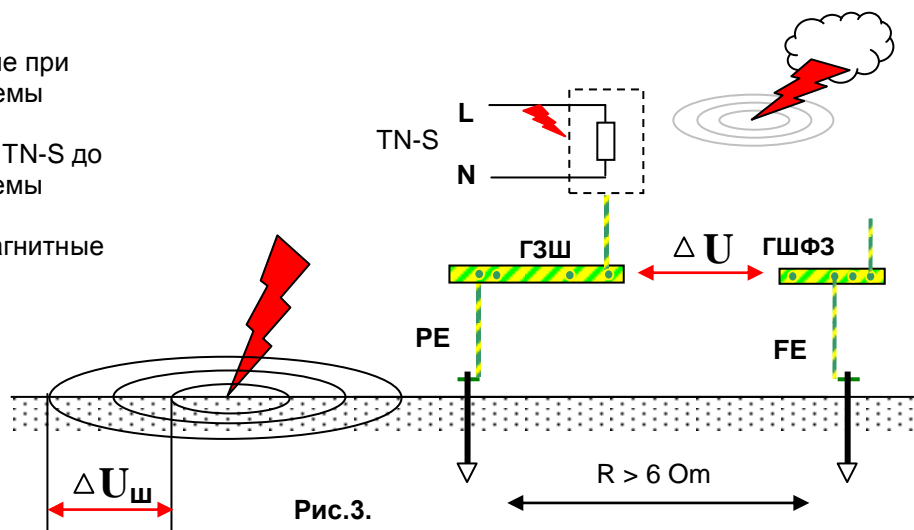


Рис.3.

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
ГОСТ 50571.28 - 2007	

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 мм², 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 ²
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 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 мм^2	Сечение заземляющего проводника 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 мм^2 . Рекомендуемое расстояние между розетками заземления 1,5 м.

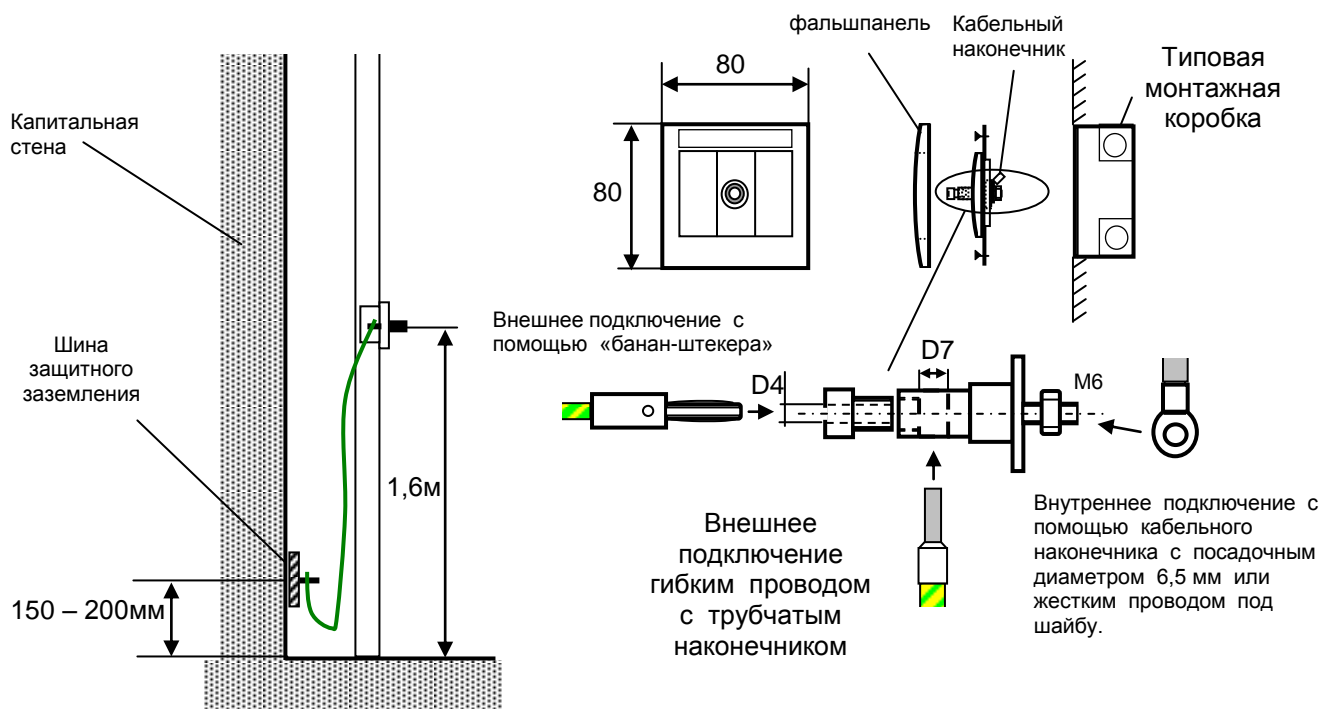


Рис.4.

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.

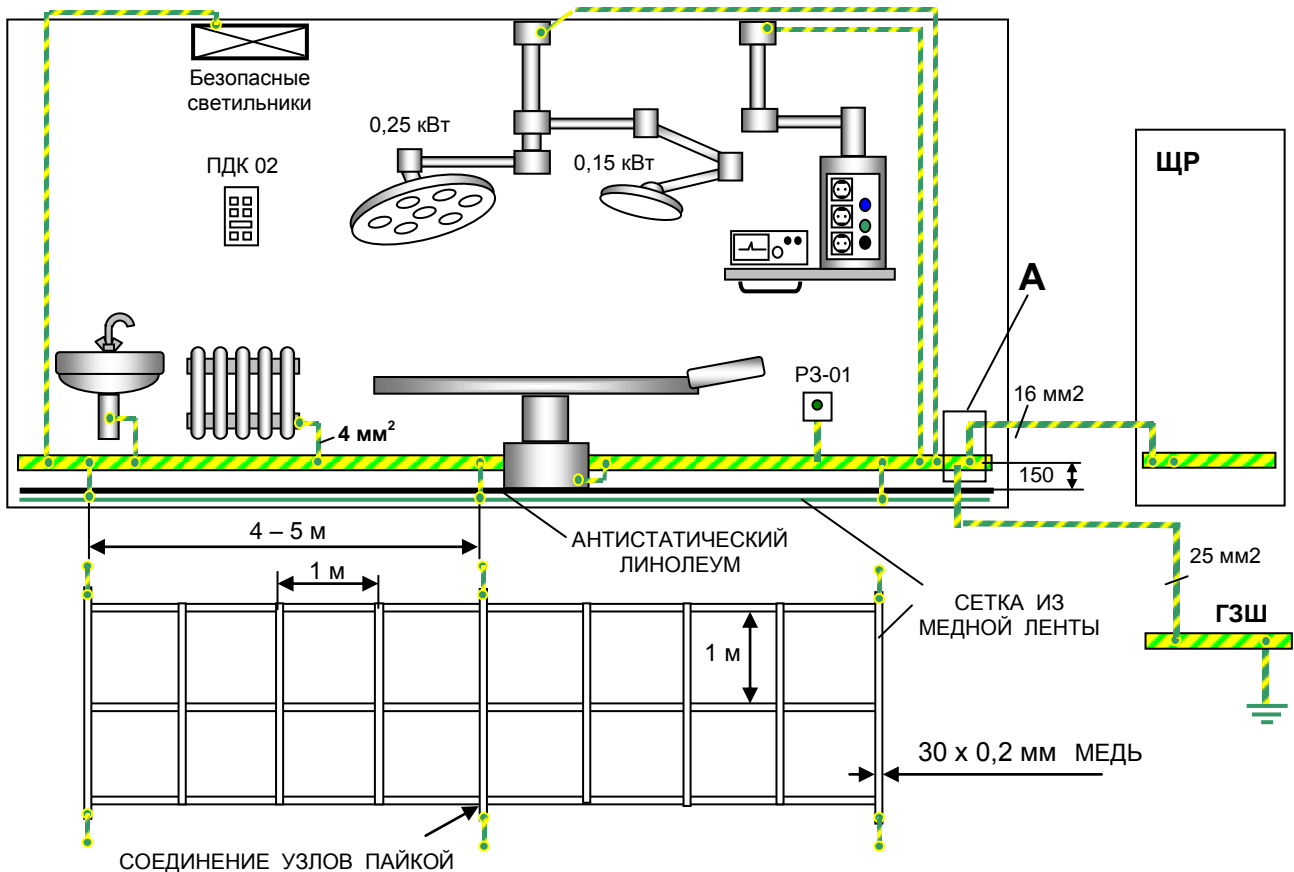


Рис.5.

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 мм².

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

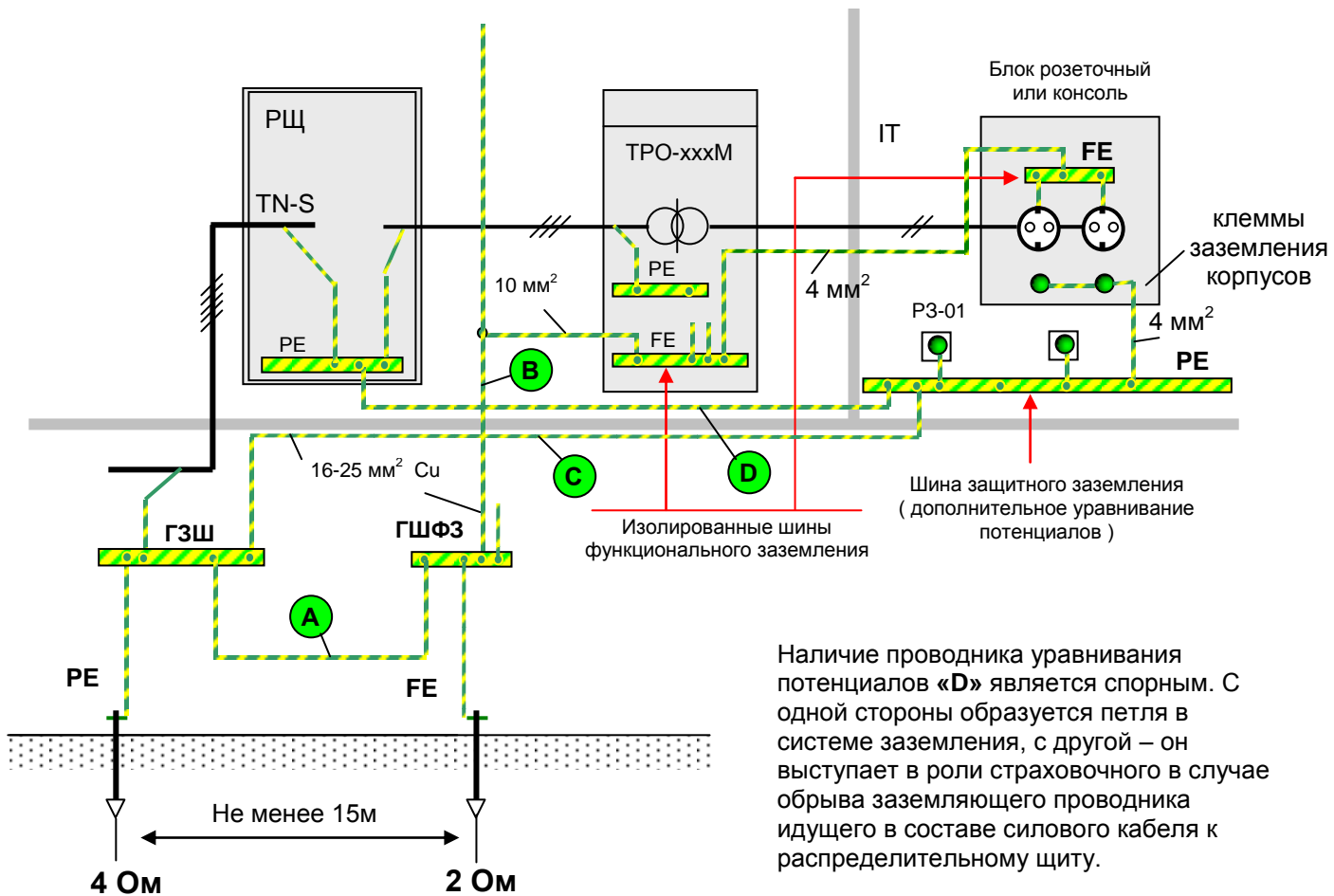


Рис.6.

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 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 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).