

Н. М. БОБКОВ

Лекции по общему конструированию РЭС

Раздел 6 Вопросы техники безопасности в конструировании РЭС

Сокращения

БСНН – безопасное сверхнизкое напряжение

МЭК – Международная электротехническая комиссия

РЭС – радиоэлектронное средство

ССБТ – Система стандартов безопасности труда

ЭРИ – изделие электронной техники, квантовой электроники или электротехническое (электрорадиоизделие)

T-система – техническая система

Лекция 6.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Любая *t*-система должна быть спроектирована и изготовлена так, чтобы в нормальных условиях и при возникновении неисправностей она не представляло опасности для здоровья и жизни людей, взаимодействующих с ней. Анализ стандартов и других документов [1 – 20] (далее – стандарты), устанавливающих требования безопасности к РЭС и к электротехническим изделиям, применяемым в РЭС, показывает, что выполнение многих из этих требований обеспечивается конструкцией несущей системы и компоновкой РЭС, т. е. ответственность за их выполнение лежит на конструкторе, выполняющем строительное конструирование РЭС. В этом разделе изложены типовые требования по электробезопасности и правила проектирования электробезопасных РЭС и некоторых других приборов. Поскольку стандарты по технике безопасности между собой не унифицированы, изложенный здесь материал в целом не соответствует ни одному из них и не может служить в качестве руководства конструктору. Он предназначен лишь для предварительно изучения проблемы конструирования безопасных *t*-систем. В практической работе конструктор должен руководствоваться исключительно действующими стандартами, относящимися к конструируемой *t*-системе.

В стандартах по технике безопасности нет единой терминологии. Часто одинаковые термины в разных стандартах обозначают разные понятия, и конструктору, использующему в своей работе несколько документов, нужно быть внимательным, чтобы не ошибиться. Применяемая здесь терминология составлена на основе терминологии нескольких стандартов и в ней нет полного соответствия ни одному из них.

D1 электроприбор; прибор: Здесь изделие, содержащее электрические цепи и рассчитанное на питание от промышленной сети переменного тока или другого внешнего или внутреннего источника электрической энергии с напряжением, не превышающим 250 В переменного однофазного напряжения или постоянного напряжения и 433 В переменного напряжения для изделий, подключаемых к сети питания, содержащей более одной фазы.

Если нет специальных указаний, терминами «напряжение» и «ток» в случае переменных напряжений и тока обозначаются их действующие (среднеквадратичные) значения.

D2 доступная: Часть (поверхность) прибора, которой можно коснуться при помощи стандартного испытательного пальца (рисунок 1).

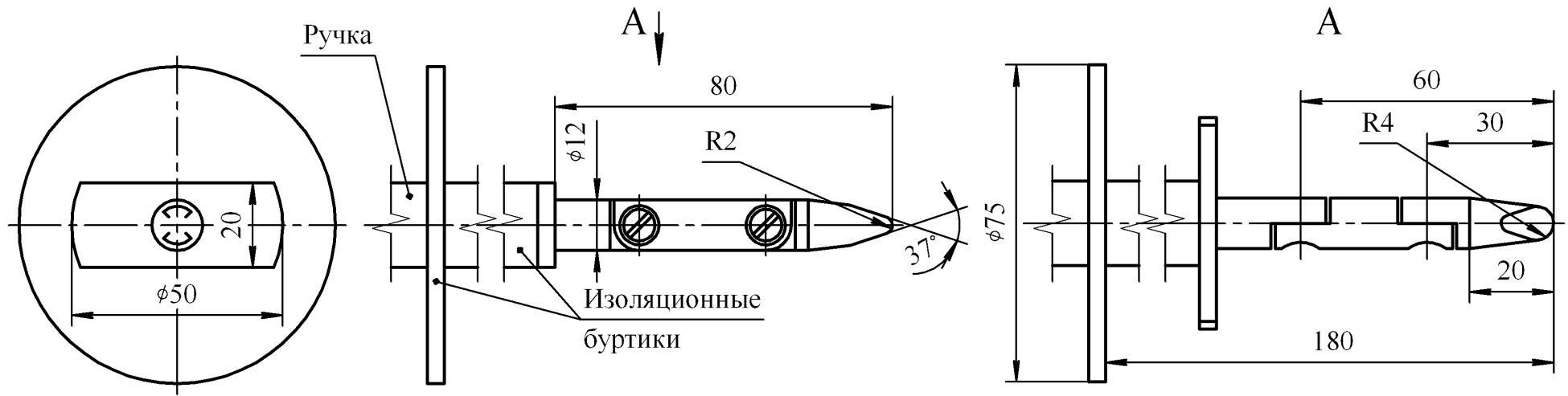


Рисунок 1 – Стандартный испытательный палец

D3 путь утечки: Кратчайшее расстояние между токопроводящими деталями, измеренное по поверхности изоляции (рисунок 2).

D4 зазор: Кратчайшее расстояние между токопроводящими деталями, измеренное по воздуху (рисунок 2).

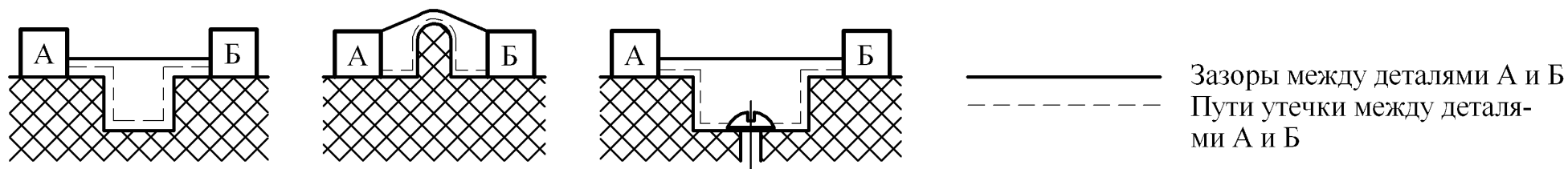


Рисунок 2 – Зазоры и пути утечки

D5 вручную: Действие, которое не требует использования какого-либо предмета, такого как инструмент, монета и т. п.

D6 основная изоляция: Изоляция частей, находящихся под опасным напряжением, обеспечивающая основную защиту от поражения электрическим током.

D7 дополнительная изоляция: Автономная изоляция, дополняющая основную, служащая для защиты от поражения электрическим током в случае пробоя основной изоляции.

D8 двойная изоляция: Изоляция, включающая как основную, так и дополнительную изоляцию.

D9 усиленная изоляция: Изоляция, состоящая из одного или нескольких слоев одного или разных материалов, в которой трудно выделить основную и дополнительную изоляции, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, эквивалентную двойной изоляции.

D10 безопасное сверхнизкое напряжение; БСНН: Напряжение, не превышающее установленного стандартом значения, полученное от источника, электрически изолированного от питающей сети разделительным трансформатором.

Напряжения выше БСНН считаются опасными. По стандарту [2] максимальное значение БСНН – 50 В переменного тока.

D11 защитное заземление: Преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

По способу защиты от поражения электрическим током приборы делятся на пять классов (рисунок 3).

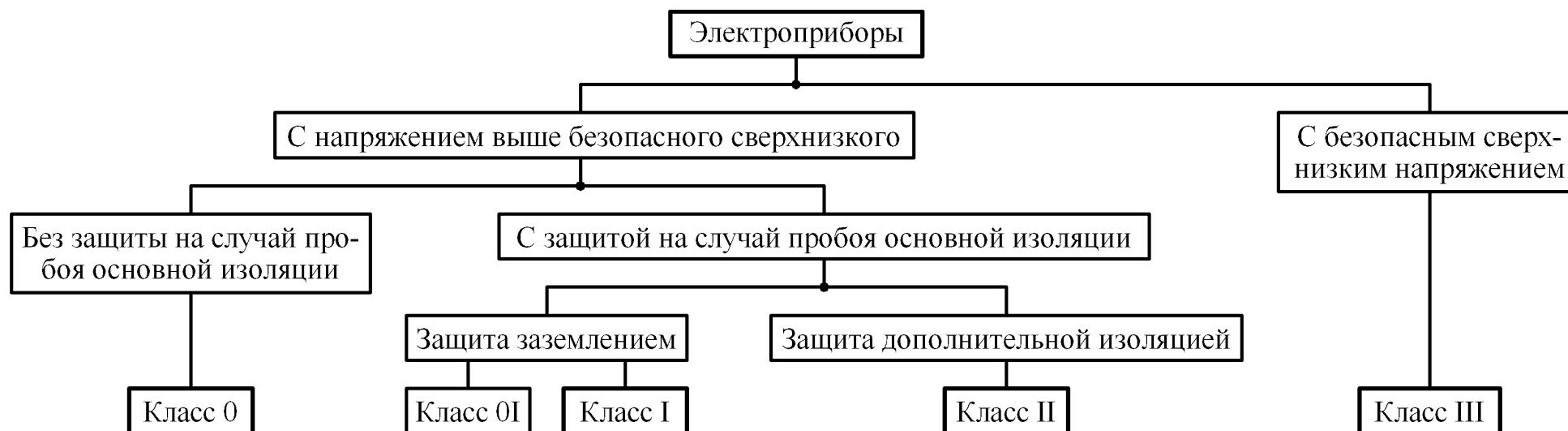


Рисунок 3 – Классификация приборов по способу защиты от поражения электрическим током

D12 прибор класса 0: Прибор, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и отсутствует защитное заземление.

D13 прибор класса 0I: Прибор, имеющий по крайней мере основную изоляцию, зажим (болт, винт, шпильку, клемму) для присоединения проводника защитного заземления и сетевой шнур без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

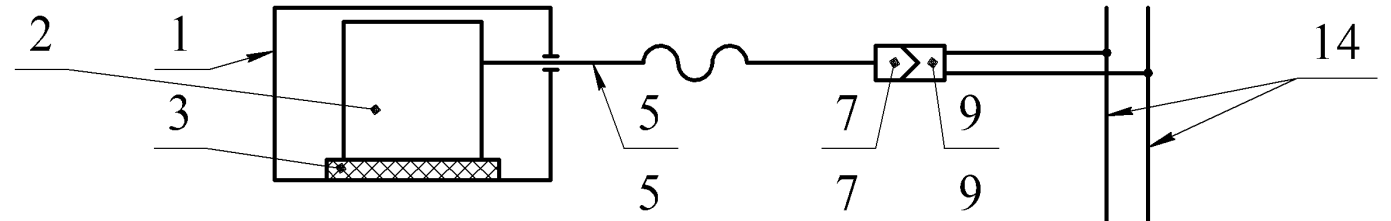
Класс 0I, как устаревший, не рекомендуется к применению.

D14 прибор класса I: Прибор, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и защитным заземлением. Если прибор класса I имеет сетевой шнур для присоединения к источнику электропитания, этот шнур должен иметь специальную жилу для защитного заземления и вилку с заземляющим контактом.

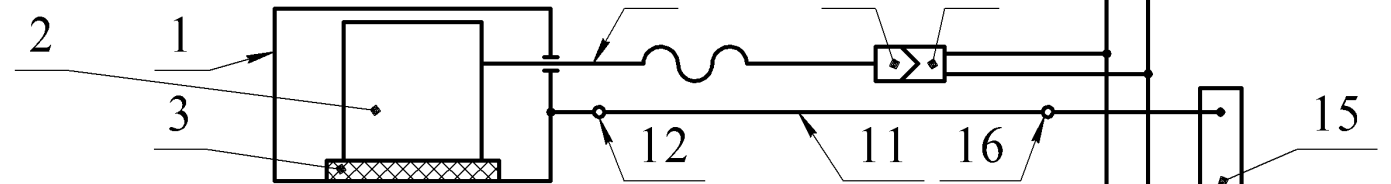
D15 прибор класса II: Прибор, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается двойной или усиленной изоляцией.

Некоторые возможные схемы приборов классов 0, 0I, I и II приведены на рисунке 3.

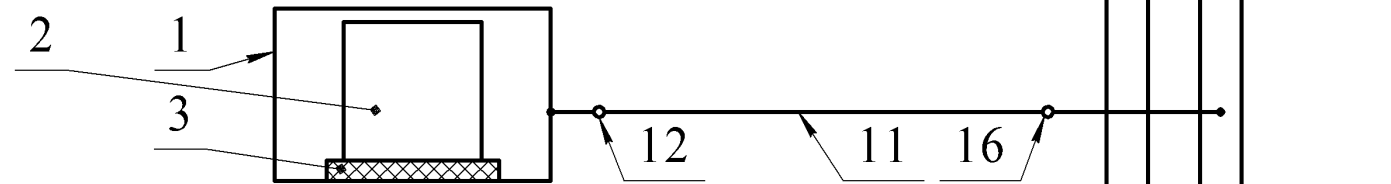
Электроприбор класса 0



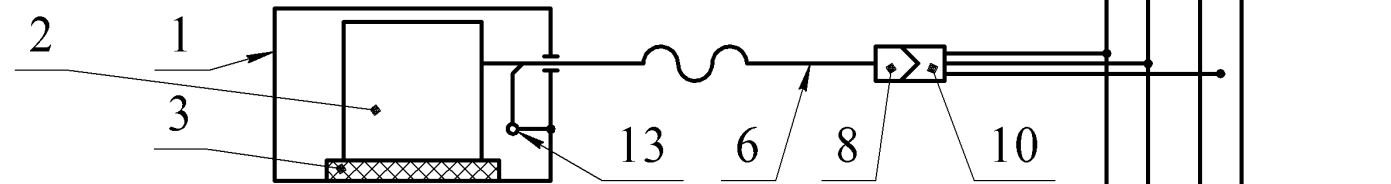
Электроприбор класса 0I



Электроприбор класса I без сетевого шнура



Электроприбор класса I с сетевым шнуром



Электроприбор класса II

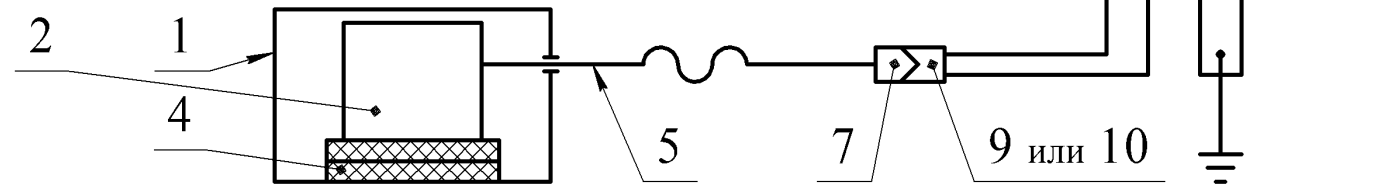


Рисунок 4 – Примеры схем сетевых цепей и цепей защитного заземления приборов классов 0, 0I, I, II

Цифры на рисунке 4 обозначают: 1 – оболочка прибора; 2 – токоведущие части под опасным напряжением; 3 – основная изоляция; 4 – двойная или усиленная изоляция; 5 – сетевой шнур без заземляющей жилы; 6 – сетевой шнур с заземляющей жилой; 7 – штепсельная вилка без заземляющего контакта; 8 – штепсельная вилка с заземляющим контактом; 9 – штепсельная розетка без заземляющего контакта; 10 – штепсельная розетка с заземляющим контактом; 11 – заземляющий проводник; 12 – внешний зажим защитного заземления; 13 – внутренний зажим защитного заземления; 14 – сеть электропитания; 15 – шина заземляющего устройства; 16 – зажим заземляющего устройства.

Примеры сетевых вводов приборов разных классов приведены на рисунке 5.

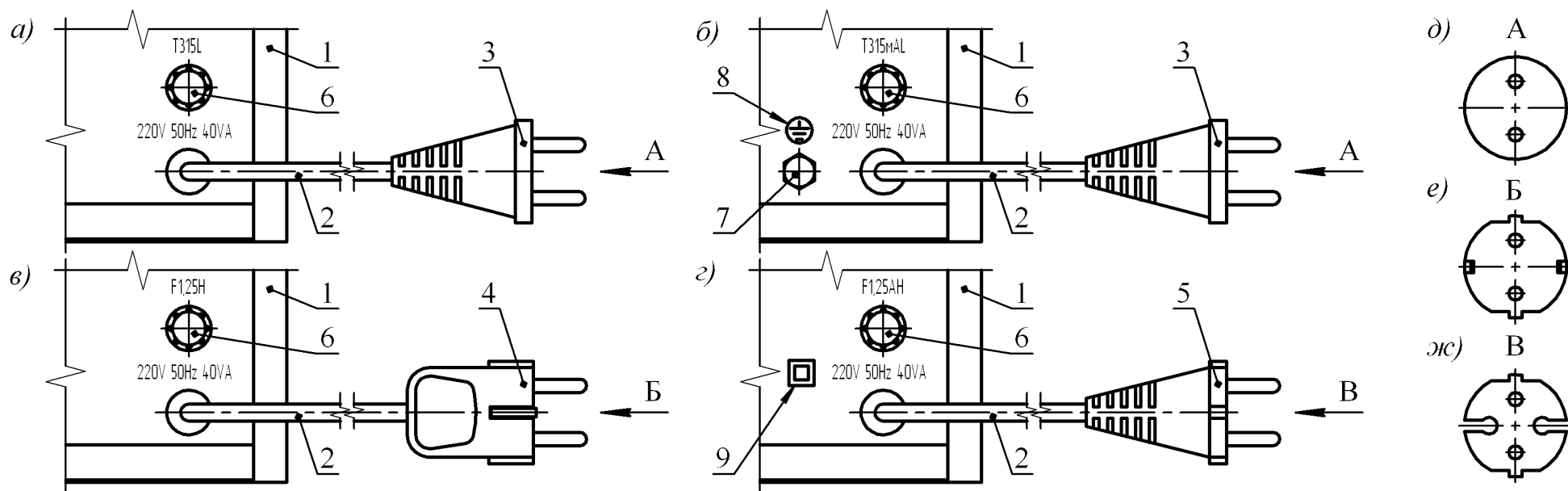


Рисунок 5 – Примеры сетевых вводов: а) прибор класса 0; б) прибор класса 0I; в) прибор класса I; з) прибор класса II; д) – ж) вид на штепсельные вилки приборов классов 0 (0I), I и II с торца

Цифры на рисунке 5 обозначают: 1 – корпус прибора; 2 – сетевой шнур; 3 – штепсельная вилка для приборов класса 0 и 0I; 4 – штепсельная вилка для приборов класса I; 5 – штепсельная вилка для приборов класса II; 6 – держатель

плавкой вставки; 7 – зажим защитного заземления; 8 – символ, обозначающий зажим защитного заземления; 9 – символ, обозначающий прибор класса II.

D16 прибор класса III: Прибор, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании его от источника БСНН, и в котором отсутствуют напряжения выше БСНН.

Приборы классов 0, 0I и I могут иметь части, выполненные по классам II и III, а приборы класса II – части, выполненные по классу III. Приборы классов 0, II и III не должны иметь зажима защитного заземления, но могут иметь зажим или контакт для рабочего заземления или контакт для соединения с системой выравнивания потенциалов.

Класс защиты при конструировании прибора необходимо устанавливать с учетом условий, в которых он будет эксплуатироваться. Помещения по степени опасности поражения электрическим током делятся на:

1) помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2) помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости или токопроводящей пыли;

б) токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.);

в) высокой температуры;

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой;

3) особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особой сырости;

б) химически активной или органической среды;

в) одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

Территории размещения наружных установок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Приборы класса 0 можно только эксплуатировать в помещениях без повышенной опасности, так как в случае пробоя основной изоляции доступные поверхности прибора могут оказаться под опасным напряжением. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных приборы класса 0 могут эксплуатироваться только при условии, что каждый

прибор получает электропитание от отдельного разделительного трансформатора, обмотки которого изолированы двойной или усиленной изоляцией.

Для подключения приборов к промышленной сети с номинальным напряжением 220 В используются штепсельные соединители по стандарту [13]. Розетки этих соединителей, применяемые в России, приведены на рисунке 6. По стандарту МЭК, на основе которого разработан стандарт [13], такие розетки должны выпускаться на переменный ток 16 А и постоянный ток 10 А (обозначение – 10/16 А), причем контактные гнезда любой розетки должна обеспечивать надежное сочленение с вилками, имеющими контактные штыри диаметром и 4 мм и 4,8 мм. В стандарте [13] дополнительно предусмотрены розетки без заземляющего контакта (рисунок 6, а) на переменный ток 6 А, которые допускают сочленение только с вилками, имеющими контактные штыри диаметром 4 мм.

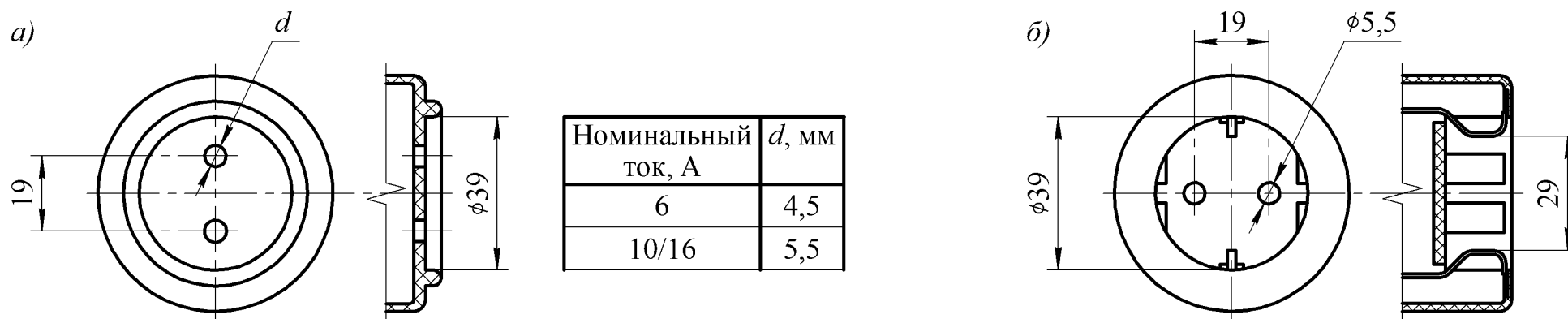


Рисунок 6 – Штепсельные розетки на переменное напряжение до 250 В, применяемые в России:
 а) без заземляющего контакта на ток 6 А и 10/16 А; б) с заземляющим контактом на ток 10/16 А

Если помещения с повышенной опасностью и особо опасные оборудовать только розетками с заземляющим контактом (рисунок 6, б), то приборы класса 0, вилки которых имеют круглые без вырезов фланцы (рисунок 5, д), подключить к сети электропитания в этих помещениях будет невозможно. Напротив, в помещениях без повышенной опасности, оборудованных розетками без заземляющих контактов на номинальный ток 10 А, можно включать приборы любого класса, предназначенные для работы от сети.

Лекция 6.2 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ К КОНСТРУКЦИЯМ ПРИБОРОВ

6.2.1 Требования к оболочкам

D17 оболочка: Мероприятие для защиты от прикосновения к токоведущим частям. Принцип его действия основан на покрытии токоведущих частей приспособлениями, обеспечивающими полную защиту от прикосновения.

Степени защиты, обеспечиваемые оболочками, и методы испытаний установлены стандартом [14]. Для обозначения степени защиты оболочки применяют буквы *IP* (*International Protection*) и следующие за ними две цифры. Первая цифра обозначает степень защиты от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел, вторая цифра – степень защиты от проникновения внутрь оболочки воды. Например, степень защиты *IP20* означает, что оболочка обеспечивает защиту от попадания внутрь твердых тел диаметром более 12 мм, но не обеспечивает защиту от проникновения воды. Если степень защиты по одному из факторов не устанавливается, то в обозначении вместо соответствующей цифры ставится символ *X*.

Предусмотрено семь степеней защиты (от 0 до 6) от попадания твердых тел и девять степеней защиты (от 0 до 8) от проникновения воды. Степень 0 означает, что защита не предусмотрена. При высших степенях защиты полностью исключено попадание внутрь оболочки пыли или воды. Оболочки приборов, рассматриваемых здесь, должны иметь степень защиты не хуже *IP20*. Испытание таких оболочек проводят с помощью испытательного пальца (рисунок 1). Испытательный палец прижимают ко всем отверстиям оболочки с усилием не более 10 Н и, если он проходит через отверстие, его поворачивают во всех возможных направлениях. Между испытательным пальцем и находящимися под опасным напряжением частями должен остаться зазор, минимальное значение которого определяется по рисунку 8.

Части (крышки, колпачки, дверки и т. д.), которые снимаются или открываются вручную, в оболочку не входят и перед испытанием должны быть сняты или открыты.

Кроме частей под опасным напряжением не должны быть доступны:

- основная изоляция в приборах класса II;
- металлические части приборов класса II, отделенные от частей, находящихся под опасным напряжением, только основной изоляцией;
- металлические части приборов класса 0I и I, отделенные от частей, находящихся под опасным напряжением, только основной изоляцией и не соединенные с зажимом защитного заземления.

Вентиляционные и другие отверстия в оболочках РЭС, сделанные над частями, находящимися под опасным напряжением, должны быть расположены так, чтобы исключить контакт этих частей с любым подвесным посторонним предметом при его введении внутрь прибора. Соответствие этому требованию проверяют с помощью металлического штыря диаметром 4 мм и длиной 100 мм, который поддерживают с одного конца и свободно без усилий опускают в отверстие. Глубина проникновения штыря внутрь прибора ограничивается его длиной. Не допускается, чтобы штырь оказался под напряжением. Это испытание проводится на приборе, находящемся в положении нормального использования. Все детали, в том числе и те, которые могут быть сняты вручную, должны находиться на своих местах.

6.2.2 Требования к изоляции

Выбор изоляции прибора и его частей определяется применяемым напряжением. Изоляция между доступными частями и частями, находящимися под опасным напряжением, должна выдерживать перенапряжение, обусловленное переходными процессами (например, атмосферными разрядами, воздействующими на прибор через антенну или сеть питания). В бытовых РЭС сопротивление изоляции и ее электрическая прочность должны быть не хуже указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Минимальные значения сопротивления и электрической прочности изоляции бытовых РЭС

Изоляция	Сопротивление изоляции, МОм	Испытательное напряжение переменного тока (пиковое значение) или постоянного тока
1 Между полюсами схемы, непосредственно присоединенной к сети питания	2	$(2U+1410)$ В
2 Между деталями, разделенными основной или дополнительной изоляцией (каждая отдельно)	2	Кривая А (рисунок 7)
3 Между деталями, разделенными усиленной изоляцией	4	Кривая В (рисунок 7)
U – наибольшее пиковое значение напряжения, под которым находится изоляция в нормальных условиях работы, В.		

Пути утечки и зазоры в бытовых РЭС должны быть не меньше значений, определенных по рисунку 8.

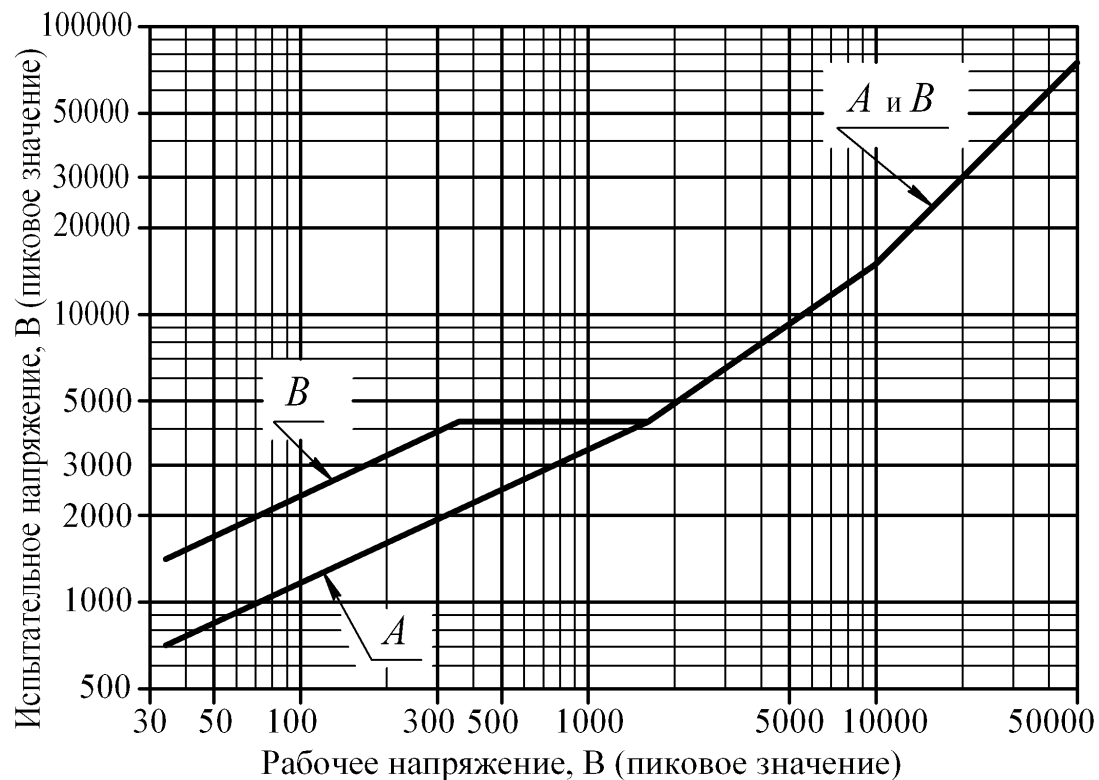


Рисунок 7 – Испытательные напряжения изоляции бытовых РЭС: *A* – класс I; *B* – класс II

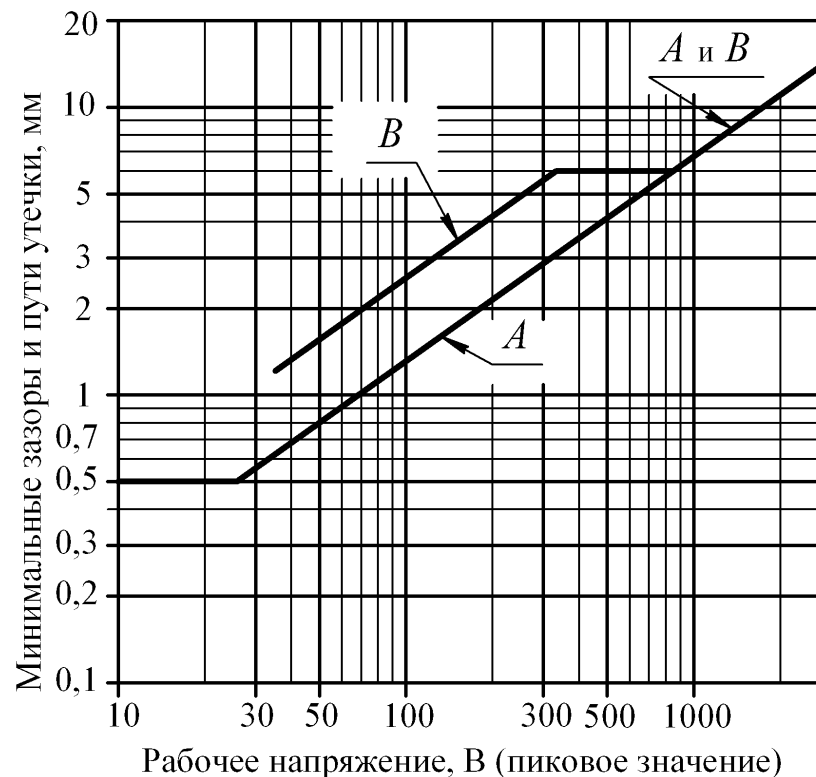


Рисунок 8 – Минимально допустимые зазоры и пути утечки бытовых РЭС: *A* – класс I; *B* – класс II

Напряжение, под которым находится основная (дополнительная) изоляция, следует определять при короткозамкнутой дополнительной (основной) изоляции. Если испытание основной и дополнительной изоляции отдельно провести невозможно, то двойную изоляцию испытывают по нормам усиленной изоляции.

Безопасность прибора не должна уменьшаться вследствие повышения влажности, которое может иметь место при нормальных условиях эксплуатации. Для проверки выполнения этого требования испытания на электрическую прочность и сопротивление изоляции проводят после выдержки прибора в камере влажности при температуре 40° С, относи-

тельной влажности 93 % в течении 120 час. (5 сут.) для приборов в тропическом исполнении и в течении 48 час. (2 сут.) для приборов в исполнениях для умеренного и холодного климата.

6.2.3 Требования к защитному заземлению

В приборах классов 0I и I должно быть обеспечено электрическое соединение всех доступных металлических не-токоведущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с зажимами для защитного заземления (рисунки 9, а – в). В приборах других классов зажим защитного заземления устанавливаться не должен.

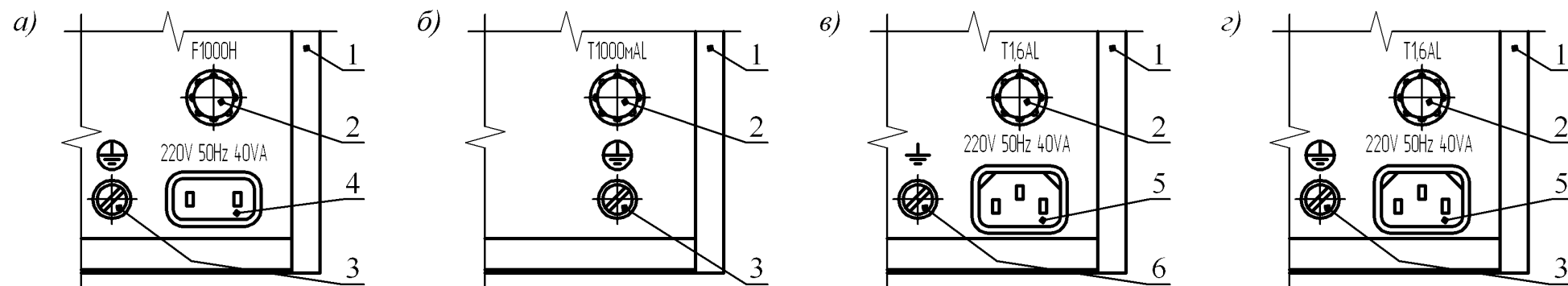


Рисунок 9 – Примеры конструкций элементов защитного заземления: а) прибор класса 0I; б) прибор класса I без шнура питания; в) прибор класса I со шнуром питания; г) пример недопустимой маркировки зажима заземления в приборе класса I

Цифры на рисунке 9 обозначают: 1 – корпус прибора; 2 – держатель плавкой вставки; 3 – зажим защитного заземления; 4 – вилка для подключения сетевого шнура без заземляющего контакта; 5 – вилка для подключения сетевого шнура с заземляющим контактом.

В приборах класса I с сетевым шнуром зажим защитного заземления располагается внутри прибора. С ним электрически соединяется или жила защитного заземления несъемного сетевого шнура, или заземляющий контакт приборной вилки, предназначенной для присоединения съемного сетевого шнура. Не допускается в таких приборах устанавли-

вать дополнительный внешний зажим защитного заземления (рисунок 9, *з*). В приборе любого класса при необходимости может быть установлена зажим (клемма) рабочего заземления (рисунок 9, *в*).

Некоторые стандартные зажимы заземления изображены на рисунке 10.

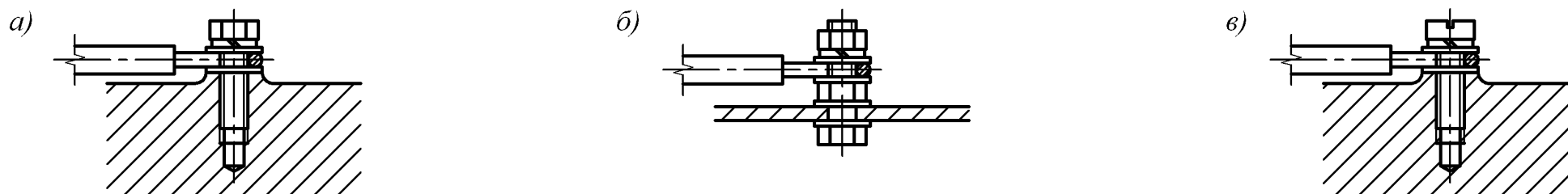


Рисунок 10 – Примеры зажимов заземления по стандарту [15]:

а) – зажим ЗБ исполнение 1; *б)* – зажим ЗБ исполнение 3; *в)* – зажим ЗВ

Значение сопротивления между этим зажимом защитного заземления и каждой доступной металлической нетоковедущей частью, которая может оказаться под напряжением, должно быть не более установленного в стандарте по технике безопасности на данный вид аппаратуры.

Зажим защитного заземления должен быть предохранен от самоотвинчивания и не должен освобождаться вручную. Он должен устанавливаться на металлическом шасси, раме или корпусе прибора около места ввода или присоединения сетевого шнура.

6.2.4 Требования к соединениям

Электрические соединения в цепях, непосредственно соединенных с сетью питания, должны быть такими, чтобы контактное давление не передавалось через изоляционный материал (кроме керамики), за исключением тех случаев, когда металлические детали обладают достаточной упругостью, которая может компенсировать любую возможную усадку изоляционного материала. Недопустимая конструкция соединения шин 1 и 2 показана на рисунке 11, *а*. Пример правильного соединения таких шин – на рисунке 11, *б*.

Прочность соединений проводов в цепях, непосредственно соединенных с сетью питания, не должна зависеть только от пайки, как в соединениях на рисунках 11, в, 11, д. Провода перед пайкой должны загибаться в отверстие (рисунках 11, з, 11, е) или обматываться вокруг контактного лепестка. Если соединительные провода перегибать или обматывать нельзя, то прочность монтажа должна быть обеспечена при помощи кабельных зажимов и т. д.

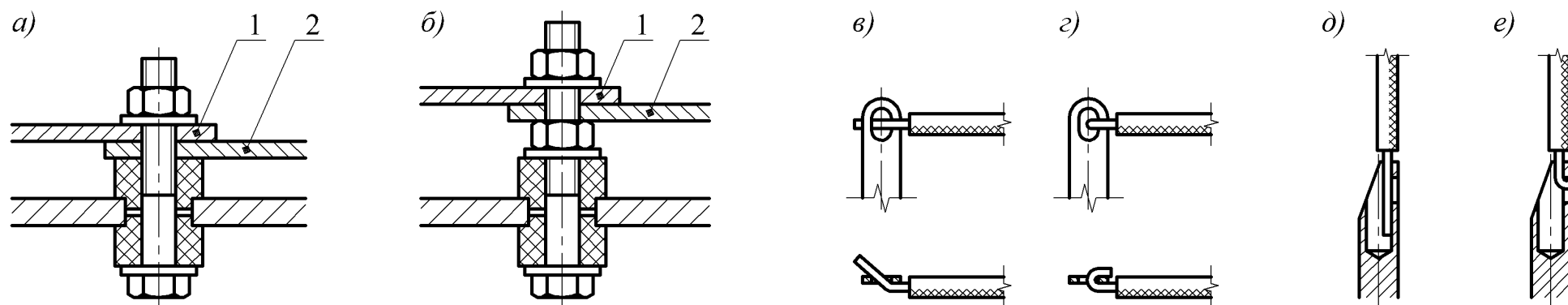


Рисунок 11 – Электрические соединения в сетевых цепях приборов

6.2.5 Требования к маркировке

Каждый прибор должен иметь установленную стандартами маркировку (надписи, символы). Маркировка должна располагаться на внешних частях прибора, за исключением его нижней поверхности. Она должна быть четкой, разборчивой, исключающей неправильное толкование, и нестираемой. В малогабаритных приборах допускается размещать маркировку под крышками, на наружной части дна.

На каждом приборе должны быть нанесены:

- а) наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- б) номер или торговое наименование прибора;
- в) надпись с условным обозначением вида питания (символы 1 ... 3 по таблице 2), номинальная частота и номинальное напряжение питания, номинальная потребляемая мощность или номинальный входной ток, на приборы класса II символ 16. Все эти данные должны располагаться рядом с вводом питания.

г) надпись СЕТЬ или ПИТАНИЕ около выключателя питания, а также обозначение его включенного или отключенного положения (надписи ВКЛ. или ВЫКЛ. или символы 6 ... 8 из таблицы 2);

д) символ 13 рядом с зажимом рабочего заземления, символ 14 рядом с зажимом защитного заземления, символ 15 рядом с зажимами, соединенными с доступными токопроводящими частями;

е) символ 17 на переднюю панель или рядом с частями, представляющими опасность, если для обеспечения безопасности необходимо принять меры, указанные в инструкции; нанесение этого символа не освобождает от необходимости соблюдать требования, установленные стандартами по технике безопасности;

ж) символ 18 рядом с входными и выходными зажимами, которые могут оказаться под напряжением более 1 кВ; символы 17 и 18 рядом с крышками, которые при нормальной эксплуатации снимаются и открывают доступ к частям под напряжением более 1 кВ;

з) номиналы и типы заменяемых плавких вставок рядом с их держателями; если из-за недостатка места эти данные указать нельзя, то рядом с держателем наносят символ 17, а данные о плавких вставках приводят в эксплуатационной документации;

Таблица 2

Наименование символа	Начертание символа	Примечание
1. Переменный ток (переменное напряжение) низкой частоты		
2. Постоянный и переменный ток (постоянное и переменное напряжение)		
3. Постоянный ток (постоянное напряжение)		
4. Положительная полярность, плюс		Символы не следует размещать на вращаемых при регулировании элементах
5. Отрицательная полярность, минус		
6. Включено		Для обозначения включения/выключения сетевого питания. Символы следует применять только вместе.
7. Выключено		

Продолжение таблицы 2

Наименование символа	Начертание символа	Примечание
8. Включено/выключено		Для обозначения кнопочных сетевых выключателей с двумя фиксированными положениями
9. Источник постоянного напряжения		
10. Кнопка нажата		
11. Кнопка отжата		
12. Предохранитель		
13. Заземление		
14. Защитное заземление		
15. Корпус		
16. Прибор класса II		Размещается рядом с данными об источнике питания
17. Внимание, опасность. Обратиться к эксплуатационной документации		
18. Внимание, опасное напряжение		

Стандарты на конкретные типы приборов могут устанавливать свои требования к маркировке, отражающие специфику этих приборов. Примеры маркировки – на рисунках 5, 9, 12.

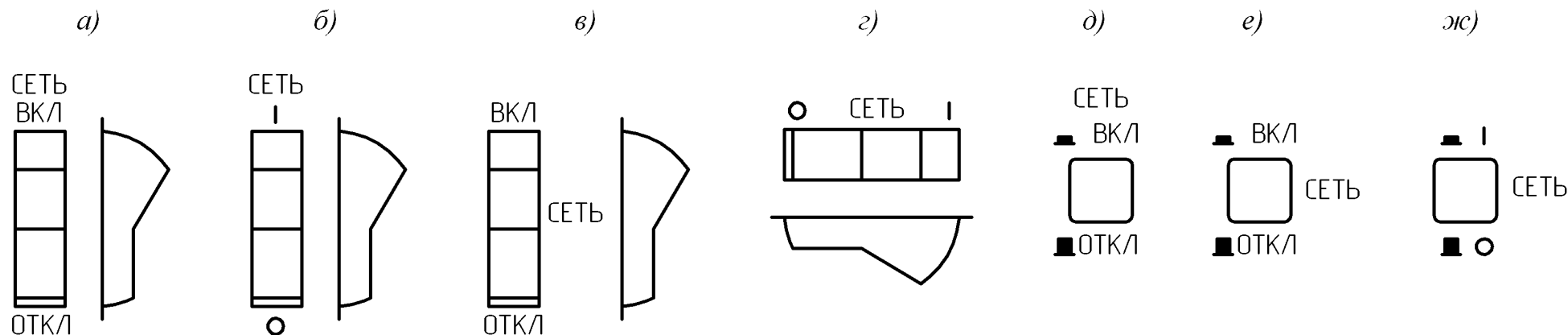


Рисунок 12 – Примеры маркировки сетевых выключателей

6.2.6 Требования к прочности

Приборы должны обладать достаточной механической прочностью и выдерживать воздействия, возможные в течение его эксплуатации. Приборы массой более 7 кг устанавливают на деревянной горизонтальной подставке, которую бросают 50 раз с высоты 5 см на деревянный стол.

Портативные приборы массой не более 7 кг подвергают трем ударам при падении в самом неблагоприятном положении с высоты 1 м на горизонтальную поверхность, выполненную из твердой древесины, расположенную на бетонном полу.

Наружные части приборов и их элементов должны выдерживать без повреждений сосредоточенные удары. Один из методов испытаний – нанесение ударов стандартным молотком пружинного действия [7]. Прибор 1 (рисунок 13, а, б) закрепляют на твердой поверхности, молоток с взведенным ударным элементом 2 прижимают спусковым конусом 4 в направлении, перпендикулярном поверхности, в точке, подвергаемой испытанию (рисунок 13, а). При нажатии на корпус молотка, спусковой конусом освобождает ударный элемент 3, который наносит по прибору удар с энергией 0,5 Дж (рисунок 13, б).

Другой метод испытаний на сосредоточенный удар – испытание стальным шаром (рисунки 13, в и 13, з). Стальной шар диаметром 50 мм и массой приблизительно 500 г свободно падает на испытуемый объект с высоты H , которая определяется по формуле

$$H = \frac{E}{gm},$$

где H – вертикальное расстояние, м (рисунки 13, в и 13, з),

E – энергия удара, Дж,

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения,

m – масса стального шара, кг.

Верхняя, боковые, задняя и фронтальная части портативного прибора, все открытые части закрепляемого прибора испытываются ударом с энергией $E = 2$ Дж; верхняя, боковые, задняя и фронтальная части настольного прибора – ударом с энергией $E = 3,5$ Дж.

Приборы или их части, которые в нормальном рабочем положении держатся в руке, проверяют на прочность при падении. По стандарту [3] приводные устройства дистанционного управления бытовых РЭС испытывают в барабанах (рисунок 13, д), вращающихся со скоростью 5 оборотов в минуту. При массе устройства до 250 г (включительно) делают 50 оборотов, при массе более 250 г – 25 оборотов.

Цифры на рисунке 13 обозначают:

на рисунках 13, а и 13, б: 1 – испытуемый объект, 2 – начальное положение ударного элемента, 3 – положение ударного элемента в момент удара, 4 – спусковой конус, 5 – рукоятка взведения молотка;

на рисунках 13, в и 13, з: 1 – испытуемый объект, 2 – начальное положение шара, 3 – положение шара в момент удара;

на рисунке 13, д: 1 – испытуемый объект, 2 – испытательный барабан.

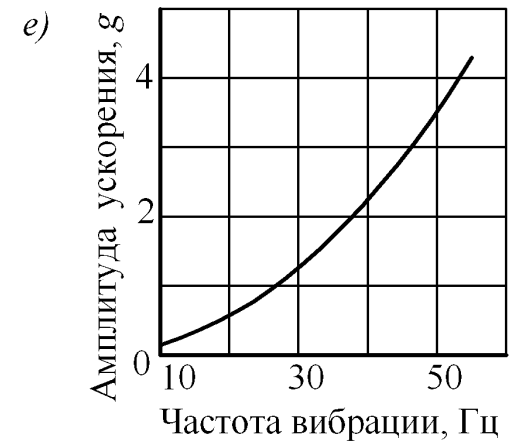
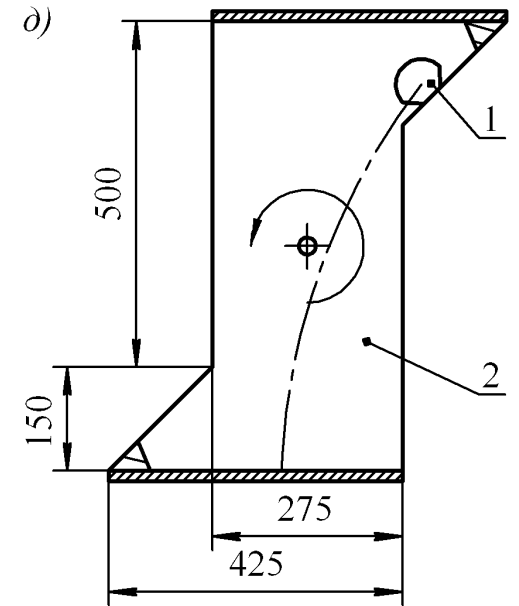
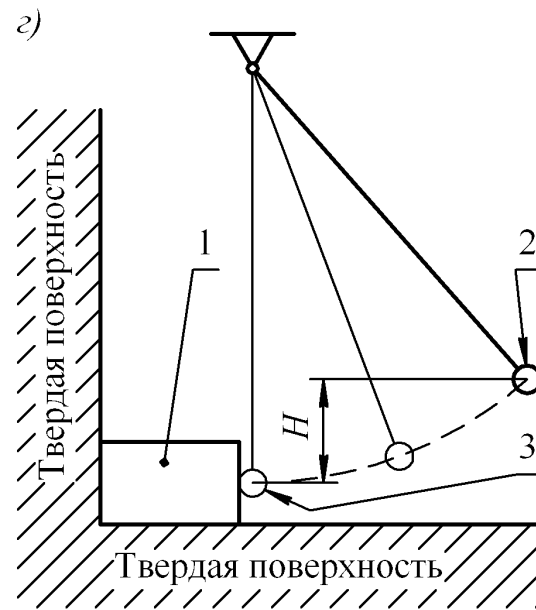
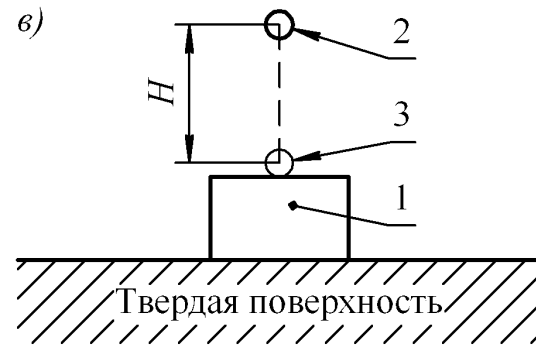
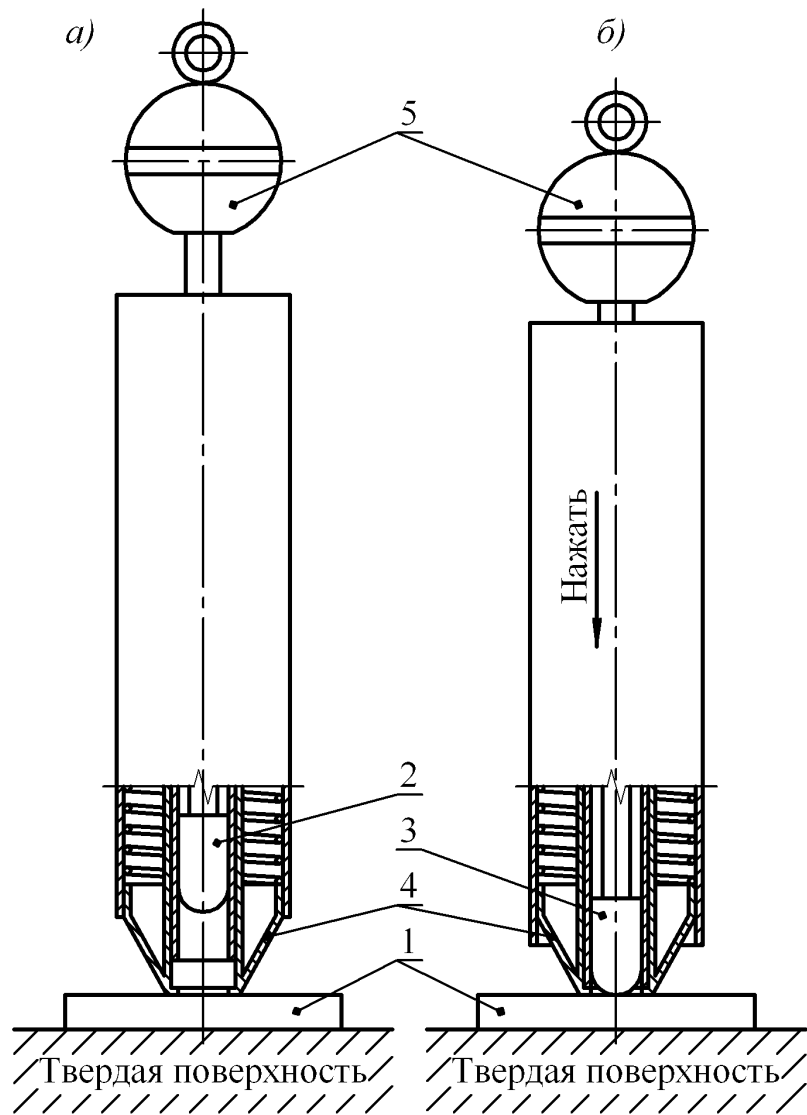


Рисунок 13 – Испытания на прочность

Многие виды приборов по требованиям техники безопасности подвергаются отдельным испытаниям на вибропрочность. Прибор в своем обычном рабочем положении закрепляют на вибростенде с помощью ремней, опоясывающих корпус. Испытания проводятся методом качающейся частоты в следующем режиме: направление воздействия – вертикальное; продолжительность воздействия – 30 мин.; диапазон частот 10 – 55 – 10 Гц; амплитуда виброперемещения 0,35 мм; скорость изменения частоты – приблизительно одна октава в минуту (октава – полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно 2).

Зависимость амплитуды виброускорения платформы вибростенда от частоты вибрации при таком испытании приведена на рисунке 13, з. Из рисунка видно, что на верхних частотах испытательного диапазона элементы прибора испытывают довольно значительные перегрузки.

Кожухи приборов должны обладать достаточной прочностью при повышенных температурах. В случае сомнения к разным точкам кожуха, нагретого до максимально возможной при эксплуатации температуры, с помощью стандартного испытательного пальца в течение 10 с прикладывают усилие 50 Н, направленное внутрь прибора, а с помощью специального испытательного крючка во всех доступных точках в течение 10 с прикладывают усилие 20 Н, направленное наружу.

Изоляция, на которой крепятся токоведущие детали сетевой цепи, должны иметь температуру размягчения не менее 150°C, которая определяется по методу Вика. По этому методу для определения температуры размягчения в образец материала, нагреваемый в термошкафу со скоростью 50°C/час, усилием 10 Н вдавливается цилиндрическая игла с плоским концом площадью сечения 1 мм². Температурой размягчения считается температура, при которой игла погрузится в материал на глубину 0,1 мм.

Лекция 6.3 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕМЕНТАМ СЕТЕВЫХ ЦЕПЕЙ ПРИБОРОВ

6.3.1 Требования к сетевым шнурам

Переносные приборы подключаются к электрической сети сетевыми шнурами, которые могут быть несъемными (рисунок 5) и съемным (рисунок 14). Сечения жил сетевого шнура должны выбираться по величине тока, который проходит по жилам шнура. При этом сечения жил должны быть такими, чтобы в случае короткого замыкания шнура вблизи ввода в прибор защитные устройства в электрической сети сработали прежде, чем шнур перегреется. Минимальное се-

чение жил шнуров питания в бытовых приборах класса I должно быть не менее $0,75 \text{ мм}^2$, в бытовых приборах других классов – не менее $0,35 \text{ мм}^2$.

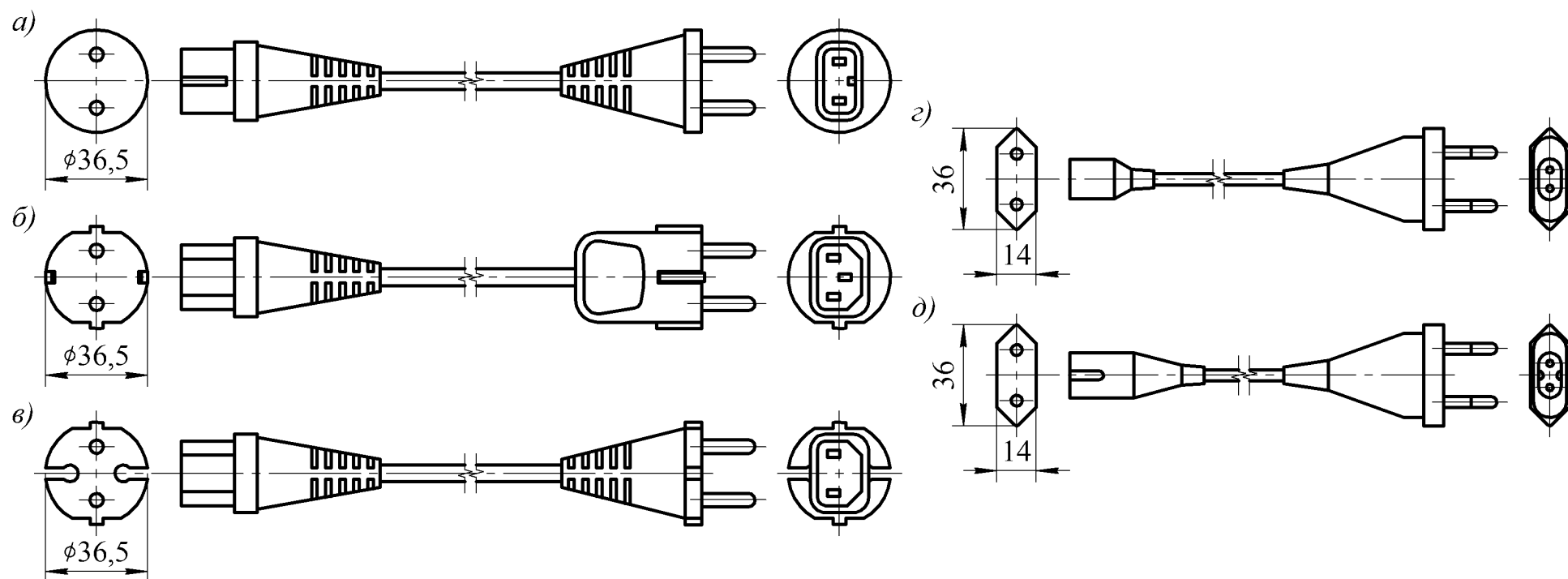


Рисунок 14 – Примеры съемных сетевых шнуров:

- а) шнур на рабочий ток до 10 А для приборов классов 0, б) шнур на рабочий ток до 10 А для приборов классов I, в) шнур на рабочий ток до 10 А для приборов классов II, г) шнур на рабочий ток до 0,2 А для приборов классов II, д) шнур на рабочий ток до 2 А для приборов классов II

Сетевые шнуры приборов класса I должны иметь специальную жилу (третью – для приборов с однофазным питанием, четвертую – для приборов с трехфазным питанием), расположенную в одной оболочке с фазными жилами и присоединенную к зажиму защитного заземления непосредственно при несъемном шнуре или через специальный кон-

такт приборного соединителя при съемном шнуре и к специальному контакту штепсельной вилки. Примеры съемных сетевых шнуров для приборов различных классов приведены на рисунке 14.

Заземляющая жила в шнуре, если она имеется, должна иметь двухцветную (желтую-зеленую) изоляцию. Присоединение шнура должно быть таким, чтобы при случайном обрыве заземляющая жила обрывалась после всех других жил.

Элементы крепления гибких наружных шнуров должны выдерживать 100-кратное плавное натяжение шнура усилием 40 Н и длительностью 1 с каждое, а также вращающий момент 0,25 Н·м, действующий на шнур в течение 60 с.

6.3.2 Требования к сетевым соединителям

Для подключения приборов к промышленной сети с напряжением 220 В используются штепсельные вилки по стандарту [13] (рисунок 15).

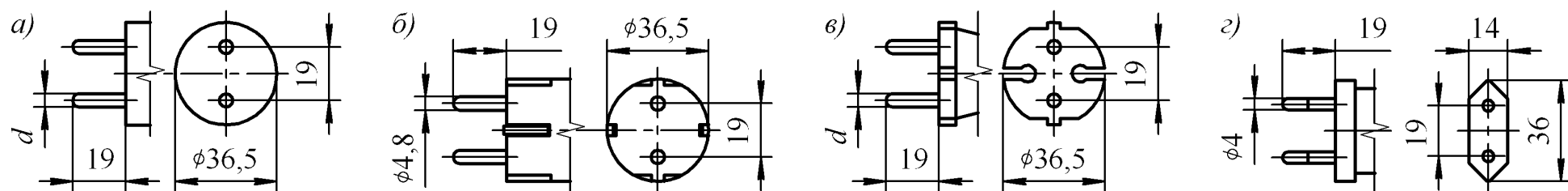


Рисунок 15 – Штепсельные вилки: а) для приборов класса 0; б) для приборов класса I; в) и з) для приборов класса II

Штепсельные вилки по рисункам 15, а и 15, в на номинальный ток 6 А имеют штыри диаметром $d=4$ мм, на номинальный ток 10/16 А – $d=4,8$ мм. Штепсельные вилки по рисунку 15, б выпускаются на номинальный ток 10/16 А, по рисунку 15, з – на номинальный ток 2,5 А.

Для подключения сетевых шнуров к приборам применяются соединители по стандарту [9] (рисунки 16, 17 и таблица 3).

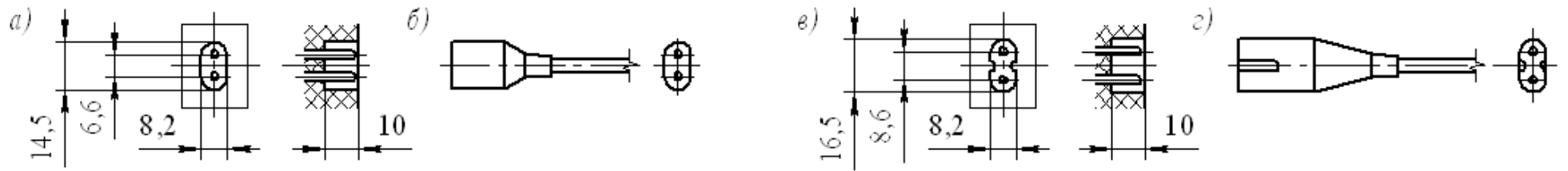


Рисунок 16 – Соединители для подключения сетевых шнуров к приборам

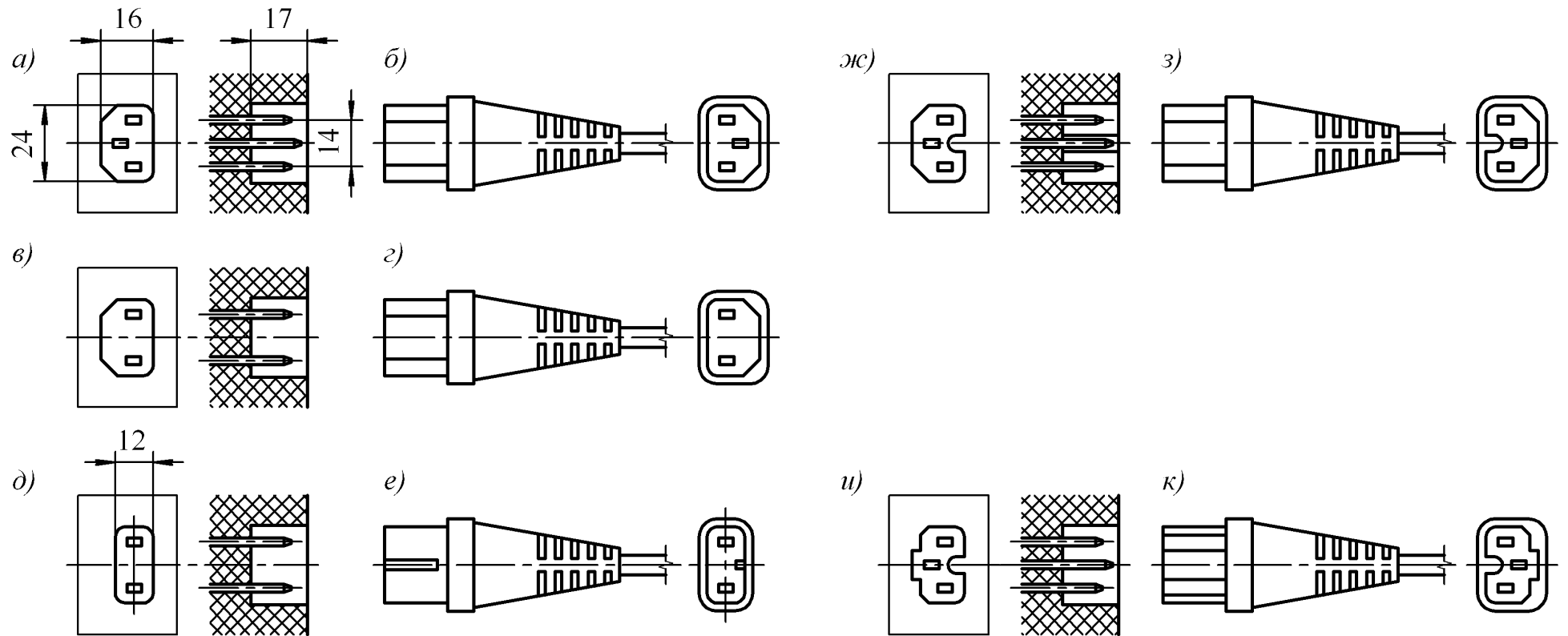


Рисунок 17 – Соединители для подключения сетевых шнуров к приборам

Таблица 3 – Основные характеристики соединителей для подключения шнуров питания к приборам

Рисунок		Номинальный ток, А	Максимально допустимая температура штырей вилки, °С	Класс приборов, в которых используется соединитель
вилки	розетки			
15, а	15, б	0,2	70	II
15, в	15, г	2,5	70	II
16, а	16, б	10	70	I
16, в	16, г	10	70	II
16, д	16, е	10	70	0
16, ж	16, з	10	120	I
16, и	16, к	10	155	I

В стандарте предусмотрена большая номенклатура соединителей для приборов классов 0, I и II на токи от 0,2 А до 16 А с максимально допустимой температурой штырей вилок от 70 до 155° С. Розетки соединителей для приборов класса II по требованиям этих стандартов должны выпускаться только неразборными.

Соединители по стандартам [9, 13] могут служить примером хорошо продуманной с точки зрения эргономики системы изделий, обеспечивающей максимальную безопасность эксплуатации при правильном их применении. Для того, чтобы это качество использовалось полностью, необходимо выполнение следующих условий:

а) в помещениях без повышенной опасности устанавливаются только розетки без заземляющих контактов (рисунок 6, а) с номинальным током 10/16 А;

б) в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных устанавливаются только розетки с заземляющими контактами (рисунок 6, б);

в) приборные вилки по стандартам [9] устанавливаются на приборы только того класса, для которого они предназначены, с учетом рабочего тока и допустимой температуры штырей;

г) если прибор имеет несъемный сетевой шнур, то штепсельная вилка на конце шнура соответствует классу прибора;

д) каждый съемный сетевой шнур должны иметь вилку и розетку, предназначенные для приборов одного класса;

е) рабочий ток съемного сетевого шнура такой же, как у розетки, установленной на нем (не больше и не меньше);

При выполнении этих условий становятся невозможными соединения, снижающие уровень безопасности:

- приборы класса 0 невозможно включить в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных;
 - шнуры от приборов класса II невозможно подключить к приборам других классов;
 - шнуры от приборов класса I невозможно подключить к приборам класса 0;
 - шнуры невозможно подключить к приборам с более высокой внутренней температурой, чем у приборов, для которых предназначен шнур;
 - шнуры невозможно подключить к приборам, потребляющим больший ток, чем рабочий ток шнура.
- С другой стороны, конфигурация соединителей на ток 10/16 А обеспечивает возможность включения:
- приборов классов I и II с помощью их шнуров в любых помещениях;
 - приборов класса I с низкой внутренней температурой и приборов класса II с помощью шнуров от приборов класса 0 в помещениях без повышенной опасности;
 - приборов класса II с помощью шнуров от приборов класса I в любых помещениях;
 - приборов класса I с помощью шнуров от приборов класса I с более высокой внутренней температурой в любых помещениях.

В России условия а) и б) часто не выполняются, и возможности системы соединителей по обеспечению безопасности эксплуатации приборов используются не полностью.

6.3.2 Требования к сетевым выключателям

Приборы, получающие электропитание от сети, обычно снабжаются выключателем сетевого питания. В некоторых случаях наличие выключателя является обязательным. Например, бытовые РЭС, потребляющие от сети более 15 Вт и/или имеющих импульсное напряжение, превышающее 4 кВ должны иметь управляемые вручную выключатели, отключающий их от всех полюсов сети.

Выключатели сетевого питания выбираются по рабочему току, рабочему и испытательным напряжениям. Они должны иметь такую конструкцию, чтобы подвижные контакты находились в состоянии покоя только в положениях «включено» или «выключено», а скорость включения и разрыва контактов не зависела от положения и скорости привода (кнопки, клавиши, ручки).

Пути утечки и зазоры между токоведущими частями выключателя, которые разделены, когда контакты разомкнуты, должны быть не меньше 2 мм в приборах класса III и не менее 3 мм в приборах других классов.

В качестве сетевых выключателей предпочтительно использовать специально предназначенные для этих целей изделия, например: тумблер ПТ61-2 В АГ0.360.081ТУ (рисунок 18, а), тумблер ПТ73 АГ0.360.077ТУ (рисунок 18, б).

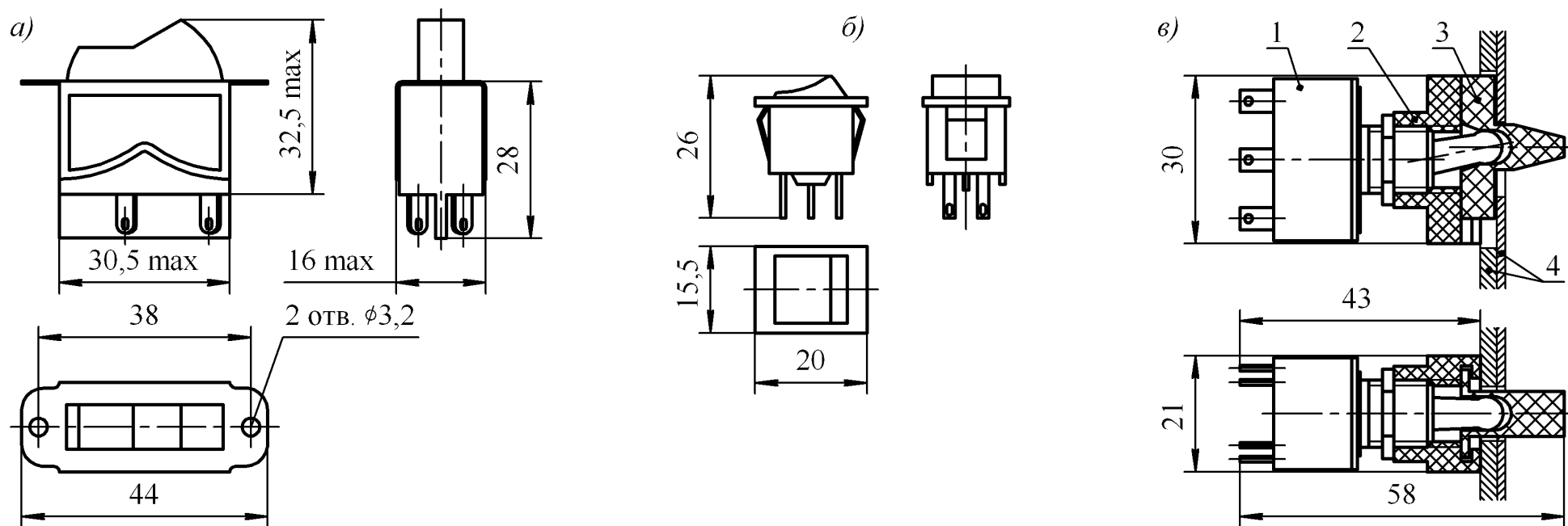


Рисунок 18 – Примеры сетевых выключателей. 1 – тумблер ТЗ, 2 – пластмассовый корпус, 3 – пластмассовый движок, 4 – доступные металлические части прибора

Многие выпускаемые промышленностью выключатели (переключатели) с номинальным напряжением 250 В не соответствуют требованиям, предъявляемым к выключателям приборов, работающим в сетях с номинальным напряжением 220 В, по испытательному напряжению. Пример – распространенный тумблер ТЗ по ВР0.360.007ТУ. В электронных средствах измерений он применялся в качестве сетевого выключателя с дополнительной изоляцией (рисунок 18, в). Между тумблером и доступными металлическими частями прибора находятся изолирующие детали – корпус и движок, повышающие значение испытательного напряжения до необходимого уровня. Движок, кроме того, был более предпочтителен, чем переключающий рычаг тумблера, с эстетической точки зрения.

В некоторых выпускавшихся ранее приборах применялись сетевые выключатели на основе микрокнопок. Такие выключатели совершенно не пригодны для сетевых цепей из-за малых значений путей утечки и зазоров в микрокнопках.

6.3.3 Требования к плавким предохранителям и их держателям

Приборы с питанием от сети обычно имеют на входе сети питания плавкие предохранители для ограничения входного тока. Срабатывание любого предохранителя не должно нарушать защитное заземление.

Держатели миниатюрных трубчатых плавких вставок, заменяемых вручную, должны быть выполнены так, чтобы части, находящиеся под опасным напряжением, не становились доступными ни во время установки или снятия плавкой вставки, ни после ее снятия [1]. В распространенных отечественных держателях типа ДВП4 по УММК.646116.001ТУ (рисунок 19, а, таблица 4) этого требование не выполняется (рисунок 19, б, в). Эти держатели также имеют меньшее значение испытательного напряжения, чем требуется стандартами по технике безопасности. Для того, чтобы устранить эти недостатки, иногда держатели ДВП4 устанавливают в специальную коробку (рисунок 19, г), которая дополнительно изолирует держатели и исключает возможность замены плавких вставок вручную.

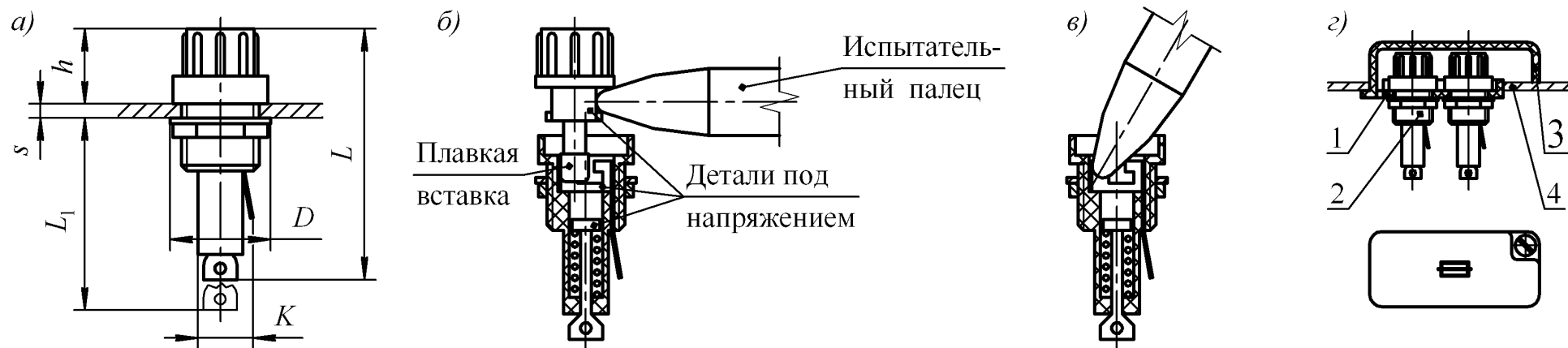


Рисунок 19 – Держатель плавкой вставки ДВП4: а) внешний вид и размеры; б) и в) проверка доступности частей под напряжением; г) установка держателей плавких вставок в изолирующей коробке.

Цифры на рисунке 19, *г* обозначают: 1 – металлическая панель; 2 – пластмассовое основание; 3 – пластмассовая крышка; 4 – держатель плавкой вставки

Таблица 4 – Держателей плавких вставок ДВП4

Держатель вставки плавкой	Размеры держателя, мм						Данные плавких вставок		
	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>L</i> ₁	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>K</i>	Длина, мм	Диаметр, мм	Ток, А
ДВП4 – 1	16	35	27	10	1 – 2,5	11	15*	4*	0,25 – 5,0 0,16
ДВП4 – 2	18	45	37	13,5	1,5 – 4	12,5	20	5,2	– 6,3
ДВП4 – 3	22	54,6	45,6	15,6	1,5 – 6	14,5	30*	7,1*	0,25 – 10
ДВП4 – 4	22	54,6	45,6	15,6	1,5 – 6	14,5	32	6,3	1,0 – 10

Примечание – Размеры плавких вставок, отмеченные знаком « * », отсутствуют в международных стандартах. При новых разработках эти плавкие вставки и держатели для применять не рекомендуется.

Приложение А

В настоящее время в разных странах применяются разные соединители для подключения электроприборов к сетям электропитания [13]. МЭК выпустила стандарт на новую унифицированную систему вилок и штепсельных розеток, которая предлагается для внедрения во всех странах. В России эта система установлена межгосударственным стандартом [20]. Основные размеры соединителей новой системы на токи 16 А и напряжения 250 В приведены на рисунке А.1.

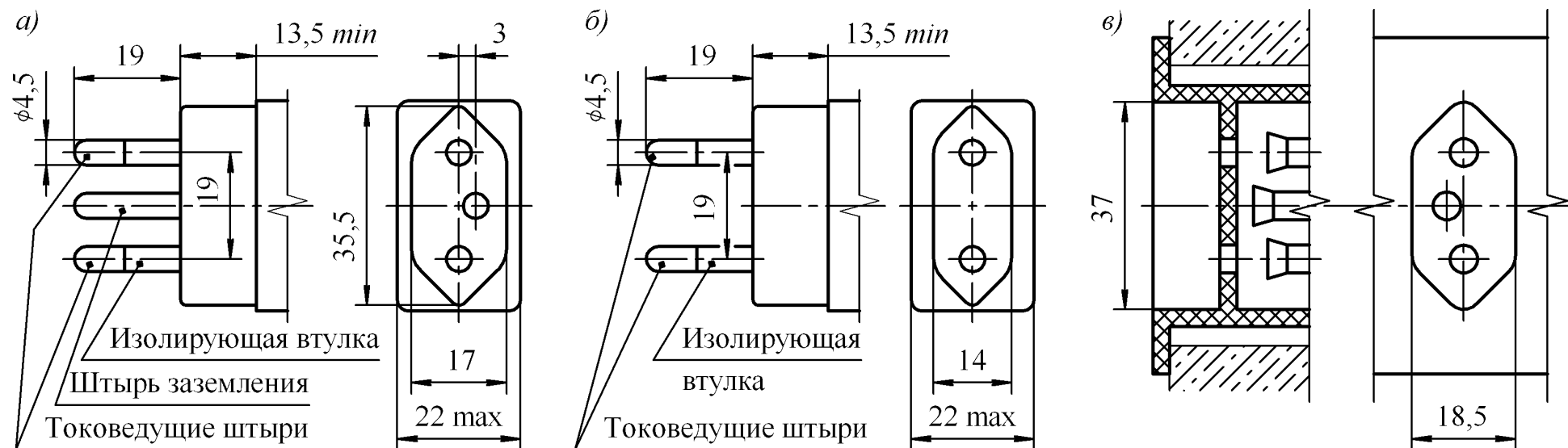


Рисунок А.1 – Основные размеры вилок и штепсельных розеток по стандарту [20]:
 а) двухполюсная вилка с контактом заземления; б) двухполюсная вилка класса II;
 в) двухполюсная штепсельная розетка с контактом заземления

Список использованных источников

- 1 ГОСТ Р МЭК 127-6 – 99 Миниатюрные плавкие предохранители. Часть 6. Держатели предохранителей для миниатюрных плавких вставок.
- 2 ГОСТ Р МЭК 536 – 94 Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током.
- 3 ГОСТ Р МЭК 60065 – 2002 Аудио-, видео- и аналоговая аппаратура. Требования безопасности.
- 4 ГОСТ Р МЭК 61032 – 2000 Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные.
- 5 ГОСТ Р МЭК 61058.1 – 2000 Выключатели для электроприборов. Часть 1. Общие требования безопасности и методы испытаний.

- 6 ГОСТ Р 12.1.009 – 2009 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.
- 7 ГОСТ Р 50297.0 – 92 (МЭК 601-1 – 88) Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности.
- 8 ГОСТ Р 51322.1 – 99 (МЭК 60884 – 1 – 94) Соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
- 9 ГОСТ Р 51325.1 – 99 (МЭК 60320 – 1 – 94) Соединители электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
- 10 ГОСТ 12.1.030 – 81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- 11 ГОСТ 12.2.007.0 – 75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
- 12 ГОСТ 12.2.091 – 2012 (IEC 61010-1:2001) Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования.
- 13 ГОСТ 7396.1 – 89 (МЭК 83 – 75) Соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения. Основные размеры.
- 14 ГОСТ 14254 – 96 (МЭК 529 – 89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код *IP*).
- 15 ГОСТ 21130 – 75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры.
- 16 ГОСТ 22261 – 94 Средства измерения электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
- 17 ГОСТ 25874 – 83 Аппаратура радиоэлектронная, электронная и электротехническая. Условные функциональные обозначения.
- 18 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
- 19 Правила устройства электроустановок. – М.: КноРус, 2010.
- 20 ГОСТ IEC 60906-1 – 2015 Система МЭК вилок и штепсельных розеток бытового и аналогичного назначения. Вилки и штепсельные розетки на 16 А, 250 В переменного тока.

Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.

E-mail: n.bobkov@mail.ru