

Коробки соединительные с видом взрывозащиты «е». Нюансы конструирования. Доклад на семинаре. Магдеев В.Ш.

Рассмотрены детали требований многочисленных нормативных документов, которые необходимо учитывать при конструировании соединительных взрывозащищённых коробок с видом взрывозащиты «повышенная защита вида «е»» по ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015), справедливые в большинстве своем и для коробок с другими видами взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка «d» по ГОСТ IEC 60079-1-2013, защита от воспламенения пыли оболочкой «t» по ГОСТ IEC 60079-31-2013, герметизация компаундом «m» по ГОСТ 31610.18-2016 и искробезопасная электрическая цепь «i» по ГОСТ 31610.11-2014. Даны рекомендации по конструированию таких коробок.

Вид взрывозащиты «повышенная защита вида «е»» является одним из видов взрывозащиты, обеспечивающих безопасную эксплуатацию оборудования в присутствии взрывоопасных газов и пыли (Жданкин В., Взрывоопасные зоны, сравнение видов взрывозащиты, журнал СТА №1 за 2000 год, с. 66-73.

<https://www.cta.ru/cms/f/366652.pdf?ysclid=m3ny4tw6u2679212998>) и Обеспечение взрывобезопасности .Теория и практика. Брошюра фирмы Phoenix Contact ,60с, <https://www.m-electro.com/upload/news-files/Obespechenie-vzryvobezopasnosti.-Teorija-i-praktika.pdf>

Широкое распространение данный вид взрывозащиты получил в настоящее время при создании взрывозащищённых соединительных коробок (Ехе) с видом взрывозащиты «повышенная защита вида «е»» по ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015), где электрические цепи входящих и отходящих в нее кабелей соединены в требуемую схему соединений посредством не искрящихся взрывозащищённых Ехе клемм и их аксессуаров. Такому успеху способствовало развитие технологии производства клемм ведущих мировых производителей Wago, Weidmüller, Phoenix Contact (Костин В., Современная соединительная техника фирмы WAGO, журнал СТА №1 за 2001 год. с.62-65.

<https://www.cta.ru/cms/f/366701.pdf> , Гарсия Виктор, Гарсия Юлия., От винта: пружинные клеммы как основа надёжных электрических соединений, журнал СТА №3 за 2023 год. с.32-40. <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/apparatnye-sredstva/169212/>) ,что позволило создать и сертифицировать клеммы (от нем. Klemme — зажим), которые не образуют искру и несильно греются в широком диапазоне внешних воздействий (температуры, вибраций и т.п.). В результате развития такой технологии нормативы (ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е» и ГОСТ IEC 60079-14-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок» разрешили использовать соединительные Ехе коробки, с видом взрывозащиты «повышенная защита вида «е»» и напряжениями до 1000 В в наиболее востребованных в промышленности взрывоопасных зонах классов 1, 2, 21, 22 (периодическое или маловероятное появление взрывоопасной газовой смеси или пыли) по ГОСТ IEC 60079-10-1 «ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ. Часть 10-1 Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды» и ГОСТ 31610.10-2 «ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ. Часть 10-2 Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды».

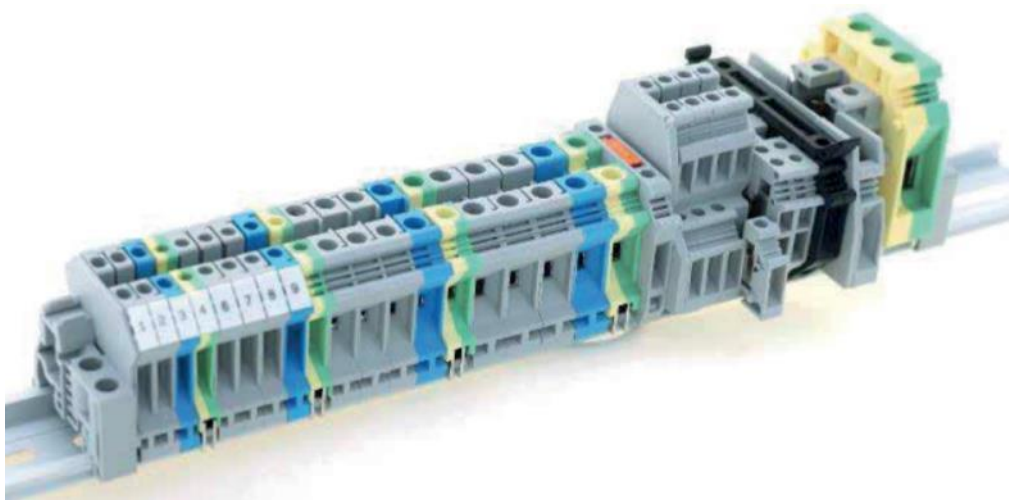


Рис. 1 Внешний вид Ехе клемм и их аксессуаров на DIN (ДИН) рейке.

По сравнению с традиционными для РФ соединительными коробками с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»» (ГОСТ ИЕС 60079-1-2013 Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты взрывонепроницаемые оболочки «d») стоимость и вес Ехе коробок снижается в разы, но как в любом деле имеются нюансы (особенности) их создания. Попробуем более подробно их осветить.

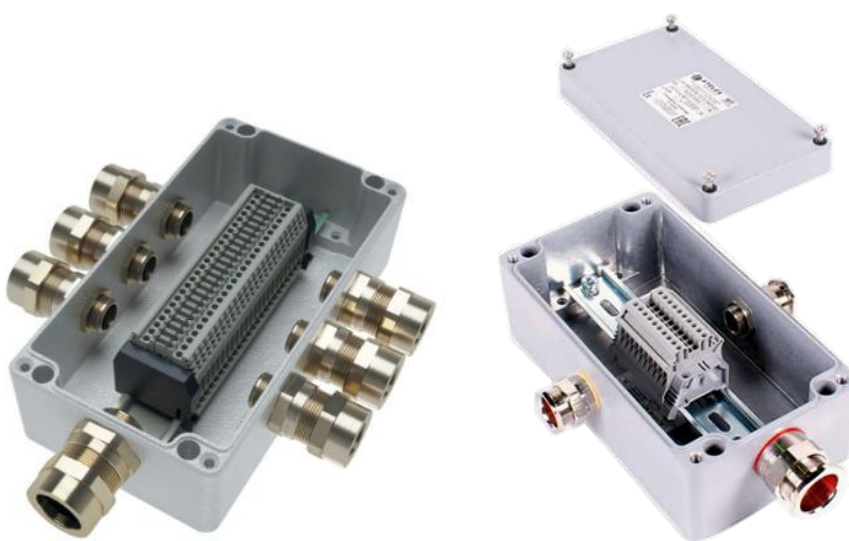




Рис. 2 Внешний вид соединительных коробок с видами взрывозащиты «повышенная защита вида «е»» и «взрывонепроницаемая оболочка «d»»

Номенклатура Ехе клемм, сертифицированных в РФ.

После ухода из РФ в 2022 году представительств мировых лидеров по производству клемм (Wago, Weidmuller, Phoenix Contact) только два российских предприятия имеют на начало 2026 года действующие сертификаты ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» на производимые ими взрывозащищенные Ехе клеммы: Ступинский электротехнический завод (СТЭЗ) <https://www.avalonelectrotech.ru/stez/about/>, образованный в 2016 году фирмой Phoenix Contact, а с 2022 года активы завода были переданы в пользу инвестиционного холдинга «Авалон Групп» и ООО «Провенто» <https://www.provento-electro.ru/upload/Provento-Klemmy.pdf> с номенклатурой Ехе клемм удивительно похожей на номенклатуру клемм китайской фирмы Degson. Китайская фирма Ninbgo SUPU Electronics Co сертифицировала в РФ часть своих Ехе-клемм и продолжает расширять их номенклатуру. Имеют действующие сертификаты РФ на Ехе клеммы турецкая фирма Klemsan и китайская Degson technology co. ltd.

Все клеммы этих фирм пока сертифицированы только для вида взрывозащиты «е» с уровнем взрывозащиты «eb» и с маркировкой взрывозащиты Ex eb IIC Gb U, и только для монтажа на ДИН-рейку. *(нет Ex i клемм(синих), сертифицированных на вид взрывозащиты искробезопасная цепь «i», а также Ехе клемм с монтажом на печатную плату посредством которых можно было создавать малогабаритные Ехе коробки и устройства, нет фланцевых Ехе клемм для установки в корпус без ДИН-рейки, которые раньше (до 2022 года) были у представительств западных фирм).*

Все же номенклатура сертифицированных в РФ Ехе клемм на ДИН-рейку достаточна широка: Диапазон сечений, закрепляемых в клеммах проводов от 0,14 до 35 (СТЭЗ) и до 90 мм.кв. (Провенто), токи до 125 (СТЭЗ) и 232 (Провенто) ампера, рабочие напряжение винтовых клемм до 1000 вольт, пружинных 500-800 вольт, температура эксплуатации -60-110 °С (СТЭЗ) и -40-105 °С (Провенто), стойкость к вибрациям в диапазоне от 5 до 250 Гц с ускорением до 3,12 g. Конструктивно клеммы имеют разные исполнения: винтовые, пружинные и гибридные (винт и пружина с разных сторон клеммы), с одним, двумя и тремя по высоте уровнями клемм. Имеются Ехе клеммы с заземлением на DIN рейку (желто-зеленые) и клеммы с сервисом: с размыкателями цепи, клеммы с предохранителем, клеммы со встроенным диодом, клеммы с дополнительным контактом для подключения тестера.

Допускаемая влажность и климатическое исполнение по ГОСТ 15150

«МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования части воздействия климатических факторов внешней среды» в ТУ и каталогах не указывается.

Характеристик химической устойчивости клемм к разным агрессивным средам в каталогах их производителей не приводится и ответственность за нее возлагается на проектировщика конкретной коробки. Корпус клемм выполнен из полиамида (ПА66), токоведущие шины из меди, винты оцинкованные или нержавеющие. Проектировщику надо самому искать по справочникам химическую устойчивость этих материалов к конкретной агрессивной среде;

Клеммы устойчиво работают до 3-й степени загрязнения их электроизоляции по ГОСТ ИЕС 60947-1— 2017 «АППАРАТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНАЯ. Часть 1. Общие правила».

Для справки.

2.5.57 загрязнение (pollution): Любое добавление инородных веществ, твердых, жидких или газообразных (ионизированных газов), которые могли бы уменьшить электрическую прочность изоляции или поверхностное удельное сопротивление.

2.5.58 степень загрязнения (окружающей среды) [pollution degree (of environmental conditions)]: Условное число, основанное на количестве токопроводящей или гигроскопической пыли, ионизированных газов или солей и относительной влажности и частоте появления ее значений, обуславливающих гигроскопическую абсорбцию или конденсацию влаги, ведущую к снижению электрической прочности изоляции и/или поверхностного удельного сопротивления.

Примечания

1 Степень загрязнения, воздействию которого подвергается аппарат, может отличаться от степени загрязнения микросреды, в которой установлен этот аппарат, вследствие защиты, обеспечиваемой оболочкой, или внутреннего нагрева, препятствующего абсорбции или конденсации влаги.

2 Для целей настоящего стандарта рассматривают степень загрязнения микросреды.

Степень загрязнения 3:

Допустимо токопроводящее загрязнение или сухое, нетокопроводящее загрязнение, которое становится токопроводящим вследствие ожидаемой конденсации влаги.

Степени загрязнения пространств в зависимости от расстояний загрязняющих окружающую среду промышленных и природных объектов приводятся в «ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7 Глава 1.9. Изоляция электроустановок». Например, степень загрязнения 3 простирается на расстоянии до 25 метров от автомобильной дороги, которая в зимнее время обрабатывается реагентами, или до 1 км от соленого моря. Какая степень загрязнения микросреды, где будет находиться проектируемая коробка, необходимо запрашивать у потребителя коробки.

Ограничения номенклатуры Ехе клемм для Ехе коробок.

В каталоге Ехе клемм Провенто имеются клеммы с сервисом: с размыкателями цепи и клеммы с предохранителем, которые нельзя непосредственно использовать в коробках с видом взрывозащиты повышенная защита вида «е»:

Клеммы с размыкателем электрической цепи, которые могут вызвать искру, не следует применять в Ехе коробках, что следует из концепции ГОСТ 31610.7 как не искрящее оборудование

3.5 повышенная защита вида «е» (increase safety «e»): Вид взрывозащиты, при котором используются дополнительные меры против возможного превышения допустимой температуры на любой части или поверхности оборудования или Ех-компонента, а также возникновения искрения в нормальном или указанном (аварийном) режиме работы.

Но в каталоге Ехе клемм ООО «Провенто» такие клеммы есть, что вызывает сомнения в корректности их применимости в коробка с видом взрывозащиты «е».

**Винтовая технология
подключения
(винт и винтовая клетка-
медный сплав)**

С ножевым размыкателем



Рис. 3. Фрагмент каталога Провенто на Ex клемм с размыкателем.

Ступинский электротехнический завод (СТЭЗ) в своих новых каталогах Ex клемм Ex маркировку таких клемм исключил, оставив только соответствие таких клемм регламенту ТР ТС 004/2011 (Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования») на низковольтное оборудование.

КНБ 4-2-РЗМ Размыкательная клемма с быстрозажимным типом подключения, 2- контакта



Электрическая схема рис. 2



Рис. 1 2- контакта с ножевым размыкателем

Рис. 4 Фрагмент каталога СТЭЗ на клеммы с размыкателем цепи

Примечание: Клеммы с размыкателями можно применять в коробках с видом взрывозащиты «i» искробезопасная цепь ГОСТ 31610.11-2014 (IEC 60079-11:2011) Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты искробезопасная электрическая цепь «i», где энергия, подводимая к клеммам, ограничивается барьером искрозащиты до такого уровня, что любое повреждение (замыкание/размыкание) не сможет образовать искру;

Ex клеммы с предохранителями для уровня взрывозащиты еб (*защита при нормальной работе и ожидаемых неисправностей*) нельзя непосредственно применять в Ex коробке согласно п.5.9 ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е». Для уровня взрывозащиты еб плавкий предохранитель должен быть вынесен за пределы коробки во невзрывоопасную зону посредством проводов (кабеля). Стандарт допускает использование предохранителей в Ex коробке для уровня ес (*защита при нормальной работе*). В каталоге Ex клемм ООО

Провенто такие клеммы есть, правда конкретный уровень взрывозащиты (eb или ec) не указан



Рис. 5. Фрагмент каталога Провенто на Ex клеммы с предохранителем.

Но если плавкий предохранитель все же применен в Ex коробке, то п.5.9.4 ГОСТ 31610.7 требует, чтобы ее корпус был снабжен блокировкой, автоматически отключающей питание при замене предохранителя, или снабжен предупреждающей надписью по перечислению з) Таблицы 19: «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ-ИЗВЛЕКАТЬ И ЗАМЕНЯТЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ, ОТКЛЮЧИВ ОТ СЕТИ»

5.9 Дополнительные требования к плавким предохранителям

5.9.1 Общие положения

Допускается использовать плавкие предохранители для уровня взрывозащиты «ex». Допускается применять только невосстанавливаемые предохранители в пределах их номинальных параметров, поскольку считается, что они не могут открыться при нормальной эксплуатации и не могут привести к созданию дуговых разрядов.

Примечания

1 Невосстанавливаемым считается предохранитель без сменной плавкой вставки.

2 Для оборудования уровня взрывозащиты «eb», для защиты которого от короткого замыкания и перегрева применяют предохранитель, предохранитель располагают вне взрывоопасной зоны или защищают другим видом взрывозащиты, соответствующим «Gb». Только соединения с предохранителем соответствуют требованиям к уровню взрывозащиты «eb».

Для справки: п.5.9.1 своим примечанием 2 стандарта ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «e»» допускает использовать в коробках Ex предохранители с другим видом взрывозащиты не менее уровня Gb. Имеются импортные клеммы с предохранителями фирмы Bartec с маркировкой взрывозащиты Ex de IIC U, где плавкая вставка предохранителя заключена во взрывонепроницаемый корпус. <https://bartec.com.ru/fileadmin/template/pdf/predokhraniteli.pdf> и отечественные с маркировкой взрывозащиты Ex mb IIC Gb U, где невосстанавливаемая плавкая вставка предохранителя ограниченного внутреннего объема, заключена в корпус, залитый компаундом в соответствии с требованиями «ГОСТ 31610.18-2016/IEC 60079-18:2014. «Взрывоопасные среды. Часть 18. Оборудование с видом взрывозащиты «герметизация компаундом»»» <https://ex-pribor.ru/products/ekh-komponenty/predokhraniteli-ekhpr/>;

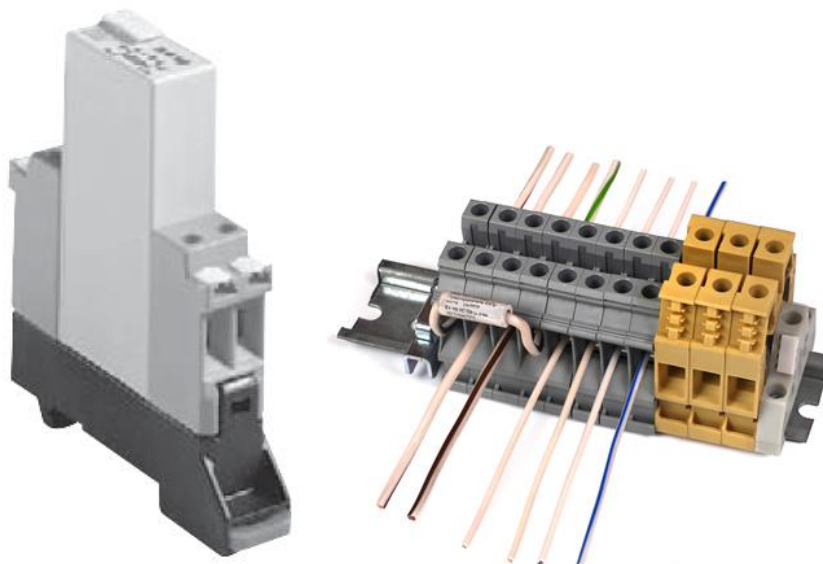


Рис. 6 Внешний вид взрывозащищенных предохранителей с маркировками взрывозащиты Ex de IIC U и Ex mb IIC Gb U.

О форме заказа Exe коробок.

Заказ поставщику соединительной Exe коробки производится в основном двумя способами с дополнительным указанием сроков и места поставки:

1. Заказчик четко указывает конкретную модель коробки и ее исполнение по каталогам Исполнителя или ведомственным нормативам. В данном случае Заказчик полностью берет на себя ответственность, что заказанная им коробка с таким-то габаритом, с такими-то клеммами и кабельными вводами решит все его проблемы с разводкой его кабелей и их жил на известном ему объекте энергетики. Т.к. марки кабелей и схемы разводки их жил на клеммы при этом не указывается, то Исполнителя не интересует дальнейшая «жизнь» коробки, например, в части соответствия рассеиваемой мощности корпуса требуемой температуре его поверхности, допустимого радиуса изгиба жил кабелей при монтаже их на клеммы, какими перемычками и как будут соединяться клеммы и т.п. (см. ниже).

Источниками такого заказа служат каталоги готовых решений производителей, сертифицированных Exe коробок, или ведомственные нормативы, например, «Роснефть. Методические указания компании. Единые технические требования. Клеммная коробка. № П4-06 М-0144», где указывается конструкторское исполнение модели требуемой коробки.

В качестве примеров приведем обозначения при заказе таких Exe коробок:

А) «ExKK-A17 1Ex eb mb IIC T6 Gb-A(P(13-19,5)); Б(P(4-8)); Г(P(4-8))-10x2 пров. винт (2,5 мм²) -РПБЦ.425113.002 ТУ (СВ4)» одного из производителей коробок расшифровывается так: Соединительная (клеммная) коробка модели ExKK с маркировкой взрывозащиты 1Ex eb IIC T6 Gb/Ex ta IIC T85°C Da, из алюминиевого сплава (А) типоразмера 17, с кабельными вводами, расположенными на сторонах коробки следующим образом: на стороне А один кабельный ввод для прокладки кабеля в металлорукаве (Р) с диаметром по поясной изоляции 13-19,5 мм; на стороне Б один кабельный ввод для прокладки кабеля в металлорукаве (Р) с диаметром по поясной изоляции 4-8 мм; на стороне Г один кабельный ввод для прокладки кабеля в металлорукаве (Р) с диаметром по поясной изоляции 4-8 мм, в которой установлены десять 2-х-проводных проходных винтовых клемм для максимального сечения проводников (жилы кабеля) до 2,5 мм², по техническим условиям РПБЦ.425113.002 ТУ, в качестве опции коробка оснащена сигнализатором ее вскрытия модели СВ4

Б) «Коробка КК-А11Г6П-А44-В44-С64-Д64-2-Н—2-У1»

по методическим указаниям Роснефти, где КК-клеммная коробка, А-из алюминиевого сплава, 11-исполнения с габаритами 400х250х150 (± 20) мм, Г-номинальный ток клеммных зажимов не более 40А, сечение жил кабеля от 0,5 до 6 мм.кв., П-пружинный тип клеммных зажимов, А44-4 кабельных ввода М32х1.5 для кабеля диаметром 14-23 мм на стороне А; В44-4 кабельных ввода М32х1.5 для кабеля диаметром 14-23 мм на стороне В; С64-4 кабельных ввода М50х1.5 для кабеля диаметром 22-42 мм на стороне С; Д64-4 кабельных ввода М50х1.5 для кабеля диаметром 22-42 мм на стороне Д; Н-степень взрывозащиты не менее 2ЕхеІІТ6; 2-степень защиты корпуса не ниже ІР54; У1-вид климатического исполнения.

2. Заказчик направляет исполнителю техническое задание на коробку, обычно оформленное в виде опросного листа (ОЛ), где указывается маркировка взрывозащиты, температура эксплуатации коробки, материал корпуса коробки и ее габариты, тип и количество клемм, вид и расположение в корпусе кабельных вводов, необходимые аксессуары и т.п. Если ОЛ содержит только текстовую часть, то такой заказ является частным случаем первого способа заказа Ехе коробки. Здесь Заказчику не надо изучать каталоги производителей Ехе коробок и думать, как их обозначить при заказе (сами напишут), и его задача сводится к выбору коробки по соотношению цена/качество по коммерческим предложениям (КП) Исполнителей.

Но если Заказчик прилагает к тестовой части еще и электрические схемы разводки жил кабелей внутри коробки, указывает марки кабелей, да еще взаимосвязь коробки с другим оборудованием на объекте эксплуатации (линейную схему), то ответственность Исполнителя за соответствие коробки объекту Заказчика резко возрастает т.к. ему приходится взять на себя часть функций проектировщика электрической части объекта.

В качестве примеров приведем реальные варианты таких опросных листов:

№ п/п	Запрашиваемые данные	Ед. изм.	Технические характеристики, данные	Предлагаемые технические характеристики (заполняется участником закупки)
1	Наименование и адрес проектирующей организации	—	АО «Транснефть–Верхняя Волга», Завод "Транснефтемаш", г. Великие Луки, ул. Гоголя д.2	
2	Наименование и адрес предприятия-заказчика	—	АО «Транснефть–Верхняя Волга», Завод "Транснефтемаш", г. Великие Луки, ул. Гоголя д.2	
3	Назначение оборудования	—	Для соединения и разветвления кабелей с медными жилами в цепях управления и контроля	
4	Идентификатор оборудования	—	Нет	
5	Место установки оборудования	—	Блок-бокс	
6	Класс зоны по взрыво- и пожароопасности	—	В-1а по ПУЭ, класс 2 по ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2013	
7	Категория и группа взрывоопасной смеси	—	ПВТЗ	
8	Сохранение работоспособности во время и после землетрясения	Баллы по MSK-64	9	
9	Количество проходных клемм с 2-мя пружинными зажимами для проводников сечением 1,0...2,5 мм ² *	шт.	36	
10	Кабельный ввод для трубной проводки с внутренней резьбой G1/2" для ввода небронированного кабеля в металлорукаве DN15 (наружный диаметр кабеля от 6 до 12 мм) в комплекте с муфтой для присоединения металлорукава с внешней резьбой G1/2" - №2Т	шт.	8	
11	Кабельный ввод для трубной проводки с внутренней резьбой G3/4" для ввода небронированного кабеля в металлорукаве DN20 (наружный диаметр кабеля от 11 до 18 мм) в комплекте с муфтой для	шт.	3	
			Опросный лист №417-ОИР-ТНМ	

№ п/п	Запрашиваемые данные	Ед. изм.	Технические характеристики, данные	Предлагаемые технические характеристики (заполняется участником закупки)
	присоединения металлорукава с внешней резьбой G3/4" - №3Т			
12	Номер ввода / количество / сторона расположения	–	№2Т / 8 / А (верх)	
13	Номер ввода / количество / сторона расположения	–	№3Т / 3 / С (низ)	
14	Номер ввода / количество / сторона расположения	–	– / – / –	
15	Номер ввода / количество / сторона расположения	–	– / – / –	
16	Наличие заглушек для кабельных вводов	–	Да (см. примечание 2)	
17	Климатические факторы внешней среды места эксплуатации по ГОСТ 15150 за исключением параметра, указанного в следующем пункте	–	УХЛ 1	
18	Температура окружающей среды	°С	От минус 40 до плюс 40	
19	Наличие внешней / внутренней клеммы заземления	–	Да / нет	
20	Наличие внутренней шины заземления / количество зажимов заземления	–	Нет /–	
21	Напряжение питания	В	~380, 50 Гц	
22	Материал корпуса	–	Сталь или алюминиевый сплав	
23	Искробезопасное покрытие	–	Да	
24	Исполнение взрывозащищённое	–	Да	
25	Вид взрывозащиты	–	Повышенная защита вида «е»	
26	Степень защиты от влаги и пыли по ГОСТ 14254, не ниже	–	IP66	
27	Материал кабельного ввода	–	Оцинкованная сталь	
28	Тип кабельного ввода	–	Взрывозащищенный	
29	Габаритные размеры, В×Ш×Г, не более	мм	310х240х140	
30	Масса, не более	кг	Определяется поставщиком- изготовителем	
31	Установка изделия над нулевой отметкой	м	От 0 до 10, ниже 0 до нижнего уровня фундамента	
32	Наличие паспорта (формуляра)	–	Да	
33	Наличие инструкции (руководства) по эксплуатации	–	Да	
34	Наличие сертификата соответствия требованиям ТР ТС «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012/2011)	–	Да	
35	Наличие сертификата (копии) соответствия требованиям ГОСТ	–	Да	

						Опросный лист №417-ОИР-ТНМ	Лист
							2
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

№ п/п	Запрашиваемые данные	Ед. изм.	Технические характеристики, данные	Предлагаемые технические характеристики (заполняется участником закупки)
	30546.1 или ТУ (копия) с записью, соответствующей приложению «Г» ГОСТ 30546.1, которые подтверждают соответствие изделия требованиям ОЛ по сейсмостойкости (см. примечание 3)			
36	Наличие оборудования в составе Сводной ведомости «Единицы оборудования АСУТП и СИКН»	–	Не нормируется	
37	Номер группы оборудования в Сводной ведомости «Единицы оборудования АСУТП и СИКН»	–	Без дополнительных требований	

Примечания:

1. Вся документация должна быть выполнена на русском языке.
2. Все кабельные вводы должны иметь заглушки с уплотнительным кольцом для закрытия неиспользуемых вводных отверстий в коробке.
3. Сертификат или запись в ТУ с балльностью равной или выше требуемой пунктом 8 опросного листа, подтверждает соответствие изделия заданным требованиям сейсмостойкости.
4. Оборудование должно быть не бывшим ранее в употреблении, оригинальным, не восстановленным.

№	Параметр	Требование / Характеристика
1	Наименование оборудования	Коробка кабельная (клеммная взрывозащищенная)
2	Степень защиты	IP66
3	Маркировка взрывозащиты	1Ex eb IIC T5 Gb
4	Диапазон рабочей температуры окружающей среды	от –60 до +60 °С
5	Материал корпуса	Коррозионностойкий модифицированный алюминиево-кремниевый сплав
6	Стойкость материала корпуса	Стойкий к воздействию соляного тумана, сероводорода, соляной кислоты, а также соляных и кислых рудничных вод
7	Искробезопасность материала	Материал является фрикционно искробезопасным
8	Конструкция крышки	Съемная крышка
9	Крепление крышки	Крышка закрепляется невыпадающими винтами из нержавеющей стали с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ
10	Толщина стенок корпуса	5 мм
11	Габаритные размеры корпуса (без учета кабельных вводов)	Не более 305 × 231 × 140 мм
12	Расположение вводов	В шахматном порядке
13	Количество вводов слева	12 шт.
14	Количество вводов снизу	1 шт.
15	Комплект поставки	В соответствии с нижеуказанным составом
16	Клеммы	Для проводников сечением 0,14–4 мм², 50 шт.
17	Кабельные вводы	Для бронированного кабеля, d = 3–12 мм, D = 9–17 мм, резьба М20×1,5, никелированная латунь, 12 шт.
18	Шпилька заземления	1 шт.
19	Монтажная панель	1 шт.
20	Запасные части	В соответствии с нижеуказанным составом
21	Запасные кабельные вводы	Для бронированного кабеля, d = 3–12 мм, D = 9–17 мм, резьба М20×1,5, никелированная латунь, 12 шт.

№	Параметр	Требование / Характеристика
22	Требование по заземлению кабельных вводов	Все металлические кабельные вводы должны быть электрически соединены со шпилькой заземления посредством проводников и заземляющих колец

Рис. 7 Примеры ОЛ только с текстовой частью (без схем электрических соединений коробки).

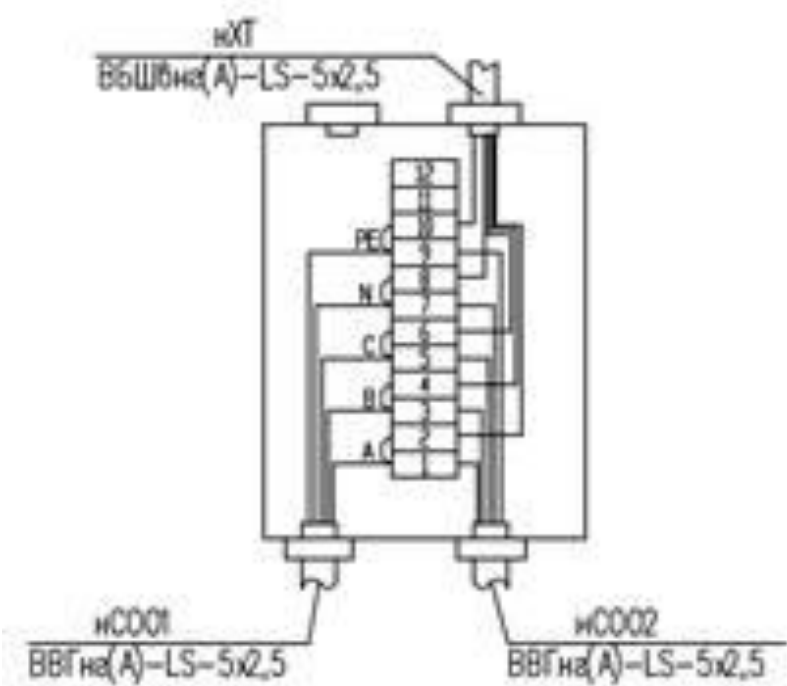
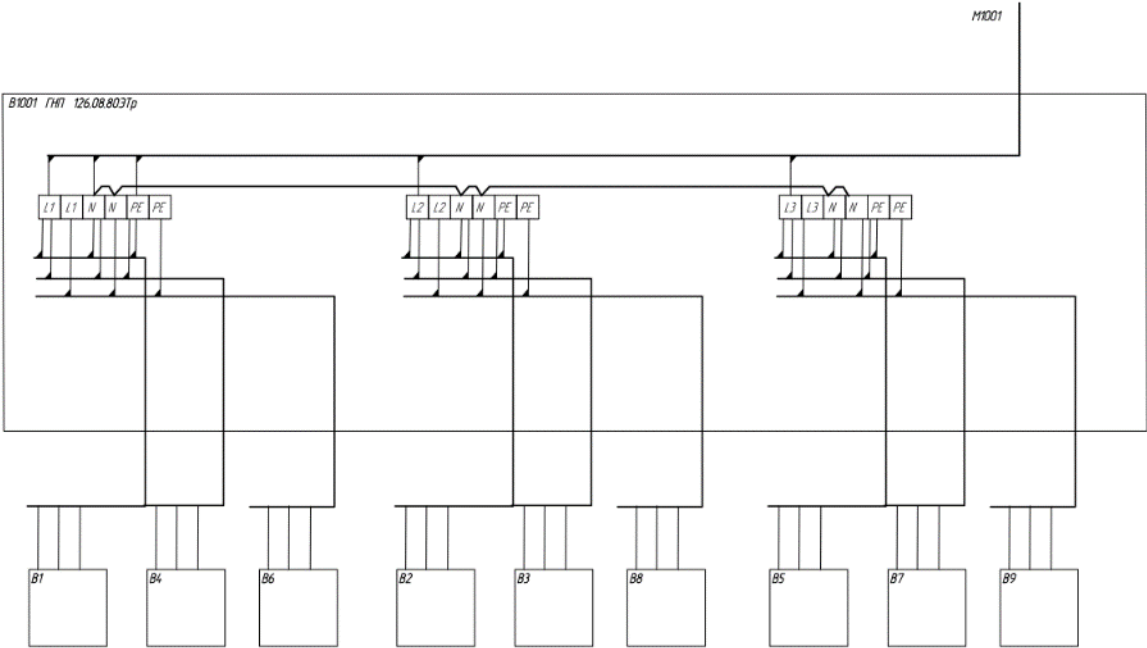
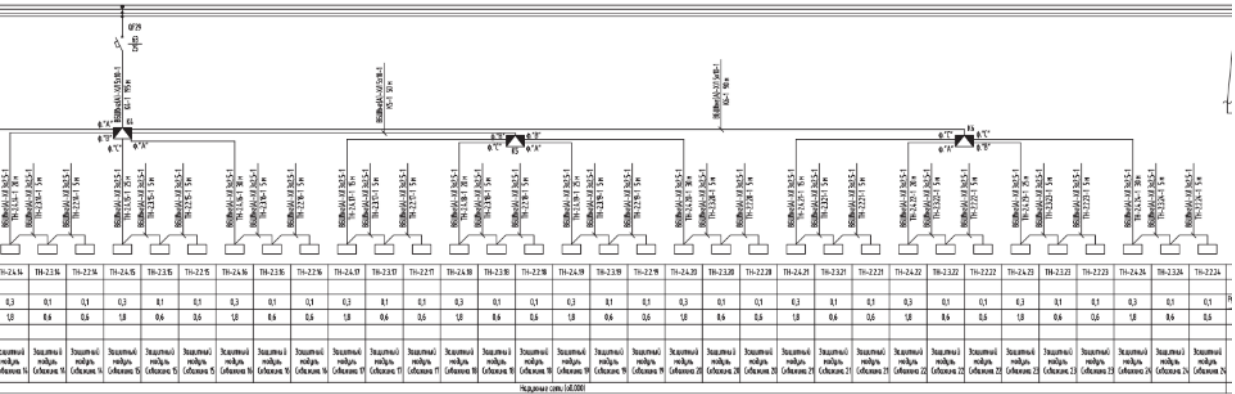
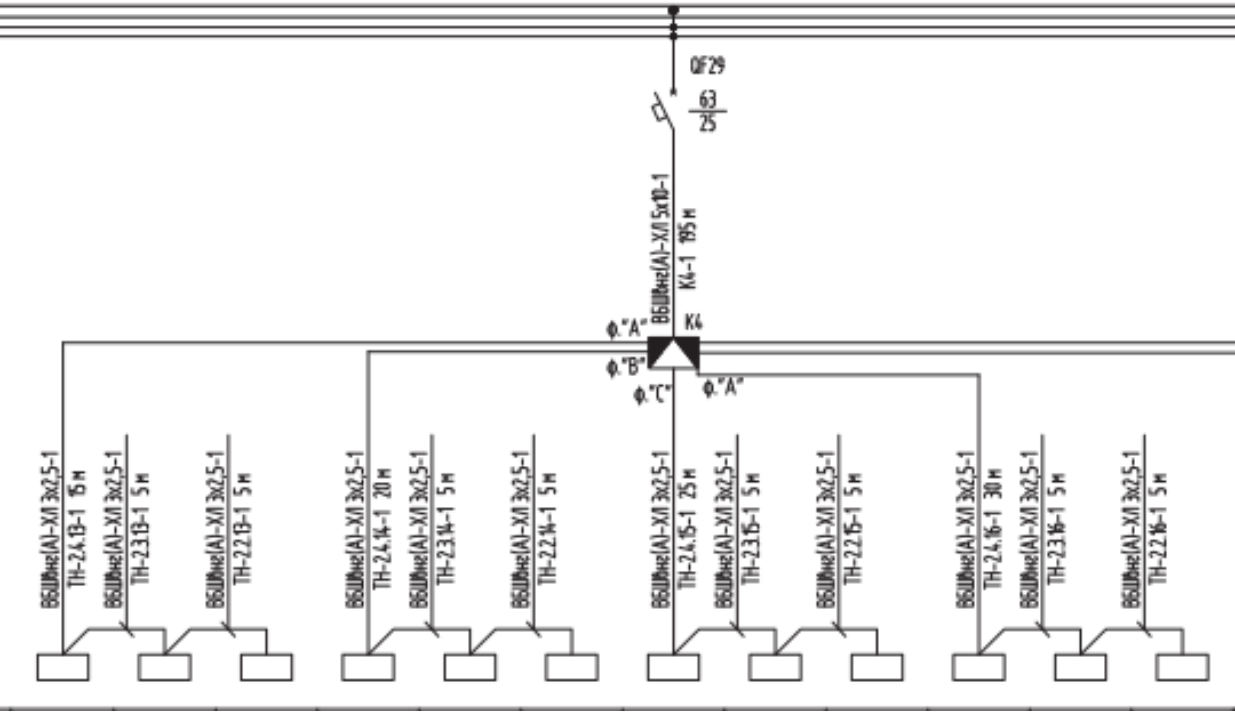


Рис. 8. Пример части ОЛ со схемой электрических соединений внутри коробки и марками кабелей.

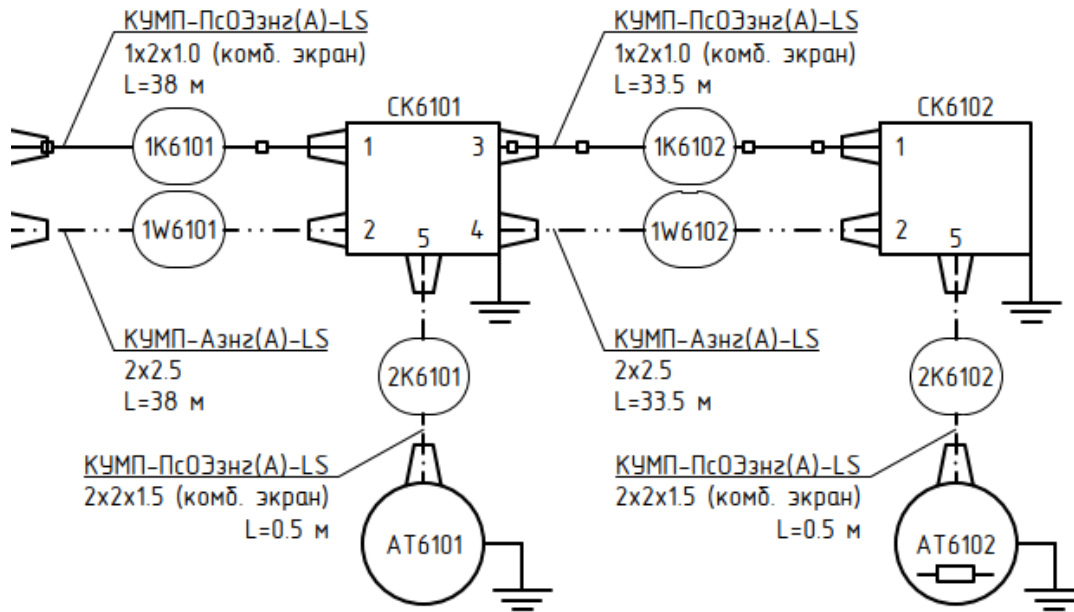


Распределительная коробка	В1001 ГНП126.08.80 ЭТр
Габариты	Определяет производитель оборудования
Кол-во приходящих линий силового кабеля	1
Сечение приходящего силового кабеля	ВБШвнг(А)-LS 5х35мк(Н, РЕ)
Сечение отходящего кабеля	ВБШвнг(А)-LS 3х6ок(Н, РЕ)
Количество отходящих линий	9
Материал корпуса	Определяет производитель оборудования
Кабельные вводы	Да, для подключения бронированного кабеля
Взрывозащита коробки	да, Ехе
Кол-во клемм L	6
Кол-во клемм N	6
Кол-во клемм РЕ	6
Схема подключения во вложении	
Тип клемм	Винтовые 35мм2
Наличие болта заземления	Да

А)



Б)



В)

Рис. 9. Примеры части ОЛ с внешней (линейной) схемой электрических соединений кабелей посредством коробок на объекте эксплуатации.

ОЛ с электрической схемой Заказчика добавляют конструктору Ехе коробок хлопоты еще и по экспертизе корректности, предлагаемых Заказчиком, электрических соединений в запрашиваемой коробке на предмет соответствия их требованиям ТР ТС 012/2011. Данная экспертиза должна быть основана на технических знаниях нормативной документации к данному виду коробок и знаниях о доступных в стране на текущее время комплектующие (Ехе-компонентов по ГОСТ 31610.0), а именно: Ехе- клеммы, Ехе-кабельные вводы и Ехе-корпуса, которые должны иметь сертификаты, действующие в РФ, на соответствие требованиям ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

Примечание. В способе заявок с только текстовой частью имеются и теневые стороны, присущие заявкам крупных компаний, которые условно можно назвать коррупционными. Проектировщик линейной электросхемы объекта заранее определил конкретного производителя Ехе коробки и включил его продукцию в свой проект, но для приличия и формального выполнения требований федеральных законов о коррупции и конкурентных закупках Заказчику проекта направляется ОЛ только с небольшими общими сведениями о технических характеристиках коробки, которых явно недостаточных для ее конструирования и осмечивания. Отдел закупок или отдел цен Заказчика добросовестно направляет эти скудные сведения потенциальным исполнителям требуя от них предоставить коммерческое предложение (КП) в сжатые сроки. Просьбы исполнителей в эти «бумажные» отделы Заказчика о предоставлении дополнительных технических данных практически всегда остаются без ответа.

Позиция	Наименование и техническая характеристика
1	2
	Коробка клеммная, алюминиевая, количество кабельных вводов 2,
	152x182x109мм, IP66, 2ExeIIТ5 УХЛ1 с сальниковыми вводами с
	взрывозащищенными кабельными вводами, количество зажимов 10, сечения
	присоединяемых жил 10-35мм ² , условные диаметры отверстий кабельных
	вводов: 35мм-1шт, 23мм-1шт, номинальный ток 50А
	Коробка клеммная, алюминиевая, количество кабельных вводов 2,
	152x182x109мм, IP66, 2ExeIIТ5 УХЛ1 с сальниковыми вводами с
	взрывозащищенными кабельными вводами, количество зажимов 10, сечения
	присоединяемых жил 4-25мм ² , условные диаметры отверстий кабельных вводов:
	20мм-1шт, 26мм-1шт, номинальный ток 25А

Рис.10. Пример формы заказа коробок с недостаточными техническими данными для подготовки КП на поставку Ехе коробки.

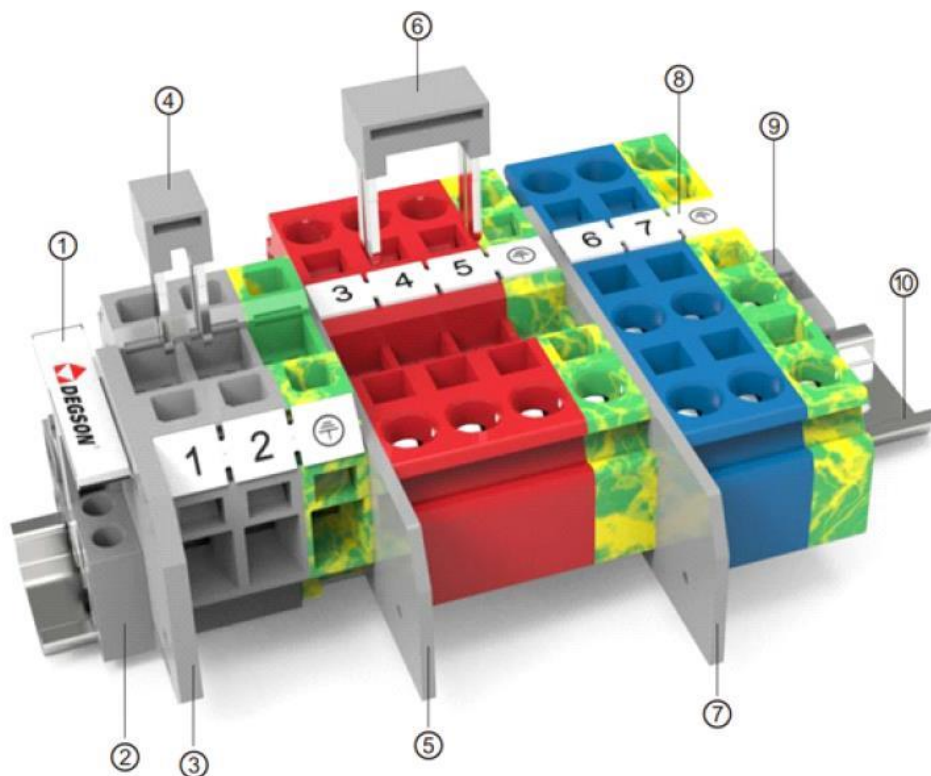
Алгоритм конструирования всех соединительных коробок внешне очевиден и состоит из двух основных частей:

1. Электрическая часть проекта, в которой выбираются Ехе клеммы с аксессуарами и ДИН-рейкой в таком комплекте и расположении, что они обеспечат требуемую схему электрических соединений внутри коробке. Результатом этого этапа конструирования является чертеж клеммного блока коробки с перемычками, аксессуарами и маркировкой.

2 Механическая часть проекта, в которой выбирается Ехе корпус коробки, в котором и размещается сконструированный клеммный блок, и выбираются Ех кабельные вводы, обеспечивающие взрывозащищенное соединение внешних кабелей с их способами прокладки на объекте (в трубах, металлорукаве и т.п.) с корпусом коробки. Результатом конструирования этого этапа является сборочный чертеж коробки и руководство по ее эксплуатации.

Постараемся раскрыть нюансы конструирования на этих этапах

1. Электрическая часть проекта.



1-держатель групповой маркировки (маркировка клеммного ряда), 2 и 9-концевой (торцевой) стопор, 3-концевая крышка клеммного ряда, 4-смежная электрическая перемычка между двумя клеммами, 5 и 7-разделительные пластины. 6- электрическая перемычка между несмежными клеммами, 8- маркировка, 10- DIN (ДИН) рейка.

Рис. 11 Пример внешнего вида и состава клеммного блока на DIN рейке.

Про гнезда Eхе клемм.

В каждое гнездо Eхе клеммы должен быть вставлен только один провод (жила кабеля). Это очень важный нюанс и многие Заказчики в своих опросных листах не учитывают этого момента, см., например, ОЛ рис. 9а, думая, что Eхе клеммы можно использовать также, как и общепромышленные или североамериканские. Данное ограничение вытекает из требований следующих нормативов:

- п.4.2.1 (перечисление «ж») ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»», который запрещает использовать в гнезде Eхе клеммы более одного проводника, кроме клемм со специально предназначенной для этого конструкцией и прошедшей оценку:
- п.15.2 ГОСТ IEC 60079-14-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок» допускает установку в гнезде клеммы только один проводник с одной точкой соединения.

Документация изготовителя должна включать для каждого размера соединительной коробки ряд значений, включая допустимое число контактных зажимов, сечение провода и максимальный ток (см. пример в таблице 14).

Если иное не указано в сертификате:

- внутри оболочки соединительной коробки должны быть только контактные зажимы с взрывозащитой вида «е»;
- не допускается применение других компонентов;
- допускается использовать только один провод с одной точкой соединения.

15.3 Концевые заделки проводов

Аналогичное требование содержится и в ведомственных нормативах на взрывозащищенные коробки, в частности в п 4.2 норматива «Роснефть. Методические указания компании. Единые технические требования. Клеммая коробка. № П4-06 М-0144. Версия 1.00».

Что касается общепромышленных клемм, то п.7.8.3.7 ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1:2004). «Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1 Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний» и п. 4.3.5 ГОСТ Р 50030.7.1-2009(МЭК 60947-7-1 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7.1. Электрооборудование вспомогательное. Клеммные колодки для медных проводников» требуют присоединение только одного проводника в одно гнездо общепромышленной клеммы, если производитель клемм не указал иное.

7.8.3.7 Как правило, к одному контактному зажиму должен быть подсоединен только один проводник. Подсоединение к одному контактному зажиму двух или более проводников допускается только в том случае, если конструкция контактных зажимов допускает такое подсоединение.

4.3.5 Номинальная присоединительная способность

Для клеммных колодок номинальным сечением от 0,2 до 35 мм² включительно применяют минимальные значения, указанные в таблице 2. Проводники могут быть жесткими (одно- или многожильными) или гибкими.

Изготовитель должен указать типы, максимальное и минимальное поперечные сечения присоединяемых проводников и, если приемлемо, то число проводников, одновременно присоединяемых к каждому выводу. Изготовитель должен также предупредить о необходимости подготовки конца проводника.

ГОСТ Р 50030.7.1—2009 (МЭК 60947-7-1—2002) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7.1. Электрооборудование вспомогательное. Клеммные колодки для медных проводников (IEC 60947-7-1:2002, MOD)

4.3.5 Номинальная присоединительная способность

Применяют 4.3.5 ГОСТ Р 50030.7.1, за исключением использования одного проводника, присоединяемого в один зажим, как указано в 7.4.3.1.6 ГОСТ Р 51321.1, и в соответствии с таблицей 1.

Изготовитель должен указать типы, максимальное и минимальное поперечные сечения присоединяемых проводников и, если приемлемо, то число проводников, одновременно присоединяемых к каж-

Но в каждом правиле есть исключения. На рынке присутствуют кабельные наконечники модели НШВИ(2) завода КВТ <https://kvt.su/prod/end-sleeves/nshvi2/> (две многопроволочные гибкие жилы вставляются через диэлектрический наконечник в тонкую медную трубочку, в которой сразу обе обжимаются кримперами).

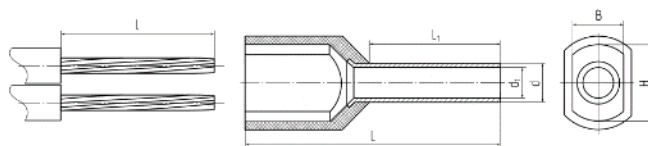


Рис. 12. Кабельные наконечники модели НШВИ(2) завода КВТ

Но есть ограничения. Данные наконечники предназначены только для монтажа сдвоенных многожильных проводов **одинакового** сечения от 0.5 до 16 мм² и только **с классами гибкости от 3 и выше** по ГОСТ 22483-2012 "Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров". (Например, для 3-го класса гибкости диаметр медных жил в проводе для его суммарного сечения 2.5 мм² должен быть менее 0.69 мм, для сечений 4 мм² 0,87 мм, для сечений 16 мм² 0,65 мм.). Но возникает вопрос как маркировать гнезда таких клемм в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 60947-1-2017 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1 Общие правила» и как потом при эксплуатации коробки искать неисправности?

Для справки. В каталогах 2026 года некоторых иностранных производителей Ехе клемм и отечественного ООО «Провенто», указано, что в одно гнездо клеммы можно вставит два провода одинакового сечения. Данное утверждение справедливо, если использовать клеммную Ехе коробку в Америке, а клемма сертифицирована по американскому стандарту UL 1059-2010 UL Standard for Safety Terminal Blocks. (*Стандарт UL о*



безопасности клемм) и на ней нанесен знак

Электрические параметры		IEC IEC60947-7-1		UL UL1059	
Номинальное напряжение	B	1000		600	
Номинальный ток	A	150		150	
Сечение провода	мм²/AWG	16-50		6-1/0	
Варианты подключения		Одножильный	Многожильный	Кабельный наконечник (с пластиковой изоляцией и без)	
1 Один проводник	мм²	16-70	16-50	16-50	16-50
2 проводника с одинаковым сечением, многожильный, наконечник под сдвоенный провод	мм²	—	—	—	10-16

Рис. 13 Фрагмент каталога Провенто о возможности установки двух проводников в одно гнездо клеммы.

В РФ данный американский стандарт не принят и сертификация взрывозащищенных Ехе клемм на соответствие ТР ТС 012/2011 производится с учетом требований международного ГОСТ IEC 60947-7-1-2016 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7-1. Электрооборудование вспомогательное. Колодки клеммные для медных проводников» и отечественных ГОСТ Р 50030.7.2 (МЭК 60947-7-2-2009) Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 7.2 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Электрооборудование вспомогательное. Клеммные колодки для защитных проводников для присоединения медных проводников, и ГОСТ Р 50030.7.1 (МЭК 60947-7-1-2009) Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 7.1 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7.1. Электрооборудование вспомогательное. Клеммные колодки для медных проводников.

Основные отличия стандартов UL 1059 и IEC 60947-7-1 представлены на интернет ресурсе фирмы ЛИНКВЕЛЛ ЭЛЕКТРИК <https://linkwellelectrics.com/ru/ul-1059-vs-iec-60947-terminal-block-standards-comparison/>

Ступинский СЭТЗ в своих новых каталогах закрепление двух проводов в одном гнезде Ехе клеммы по стандарту UL 1059 уже исключил. (*Чувствуется школа основателя завода Phoenix Contact*);

О надписях на поверхности Ехе клемм

Подлинность, что клеммы взрывозащищённые и прошли сертификацию в РФ на соответствие ТР ТС 012/2011 подтверждается их производителем посредством нанесения на их внешней поверхности специальных знаков:

- специальный знак взрывобезопасности



- знак обращения на рынке государств – членов Таможенного союза



На Ехе клеммах иностранных производителей дополнительно может наноситься знак



-знак европейского соответствия (в РФ необязателен, но на импортных клеммах, которые прошли сертификацию в РФ в том числе и на требования ТР ТС 012/2011 присутствует)

Для справки. СЕ (Conformité Européenne — «европейское соответствие») - знак соответствия, который подтверждает, что продукция прошла оценку и соответствует требованиям директив Европейского союза (ЕС) в области безопасности, защиты здоровья потребителей и охраны окружающей среды.

Выбор типа Ехе клемм.

-Требуемый тип клемм (пружинные или винтовые) в коробке Заказчик обычно конкретно указывает в своих ОЛ руководствуясь своими соображениями.

Винтовые клеммы отличаются универсальностью и высокой токовой нагрузочной способностью, широко применяются в силовых и распределительных цепях. К их особенностям относится необходимость соблюдения рекомендованного момента затяжки винтов и периодического контроля соединения, особенно в условиях вибрации или температурных перепадов.

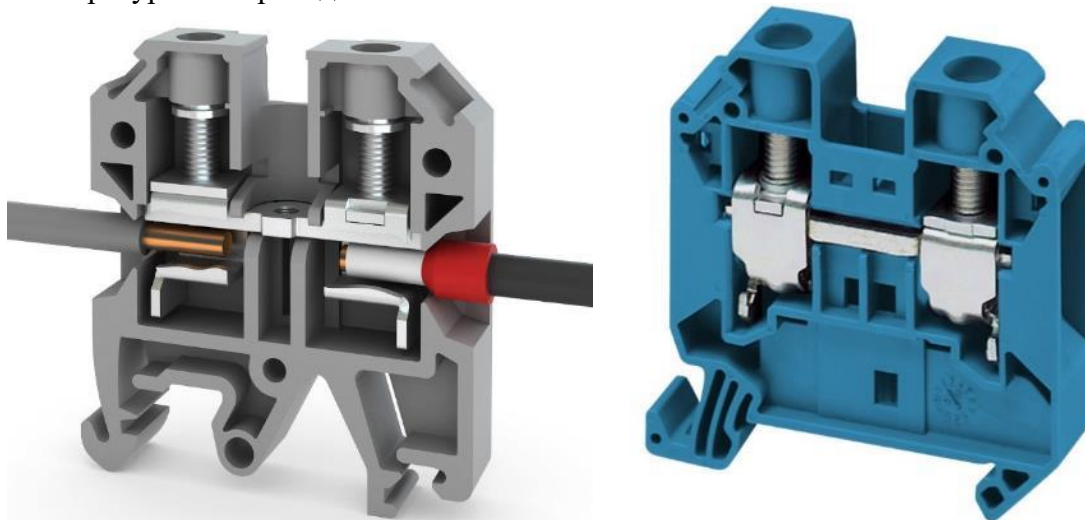


Рис. 14 Конструкция винтовых клемм.

В пружинных клеммниках. (Гарсия Виктор, Гарсия Юлия., От винта: пружинные клеммы как основа надёжных электрических соединений, журнал СТА №3 за 2023 год. с.32-40. <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/apparatnye-sredstva/169212/>) контактное давление формируется упругим элементом, который автоматически прижимает проводник к токопроводящей части. Такая конструкция обеспечивает постоянство усилия прижима независимо от теплового расширения металлов и воздействия вибраций. Пружинные клеммники характеризуются стабильным переходным сопротивлением и сокращенным временем монтажа по сравнению с винтовыми решениями. Они широко применяются в системах автоматизации и слаботочных цепях.



Рис.15 .Конструкция пружинных клемм.

С точки зрения конструктора Ехе коробок ему предпочтительно использовать винтовые клеммы т.к. перегиб жил кабелей производится только в одной горизонтальной плоскости и не ведет к увеличению глубины коробки за счет еще дополнительного вертикального перегиба для пружинных клемм. Корпуса Ехе коробок получают посредством литья под давлением в конусные пресс-формы, извлечение из которых высокого корпуса с небольшой конусностью технологическая проблема, поэтому литые корпуса с глубиной более 90 мм обычно дефицитны.

О длине клеммного блока.

Состав клеммного блока с аксессуарами представлен на рис. 11. Важно не забыть включить в проект и ведомость покупных изделий все его составляющие, в частности по одной боковой крышки для каждой группы клемм данного сечения и два концевых стопора блока для сборки блока на ДИН-рейке. *(Ехе клеммы до сечений провода до 25 мм.кв и токов до 76 А комплектуются боковой крышкой ,а клеммы на сечение провода свыше 25 мм.кв. поставляются в закрытом корпусе и боковой крышки у них нет).* Кроме того, следует учесть неустраняемые геометрические зазоры между клеммами, собранными на ДИН-рейке, обусловлены отклонением от плоскостности поверхностей клемм и недостаточной силой их прижатия между собой при сборке блока. Согласно тех. условиям «Клеммы электротехнические КНВ, КНЗ. ТУ27.33.13-001-02374271-2-22» измерения геометрических размеров клемм производят линейкой и штангенциркулем по ГОСТ 166, т.е. с погрешностью более 0,1 мм. Поэтому и исходя из экспериментальных данных рекомендуется при проектировании клеммного блока учитывать такой зазор между смежными клеммами на уровне 0.1-0,15 мм, что для 50 клемм в блоке увеличит его длину блока на 5-7.5 мм и может оказаться критическим на выборе внутренних размеров Ехе корпуса;

Про заводские перемычки к клеммам.

Электрическое соединение разных жил кабелей в коробке, каждая из которых должна быть вставлена только в одно гнездо клеммы, осуществляется посредством заводских токопроводящих перемычек (см. Рис. 11). Авторы текстовых опросных листов (без схем) на Ехе коробку почти всегда забывают указать в них требуемые заводские перемычки, оставляя эту «головную боль» монтажникам коробки на объекте эксплуатации (см. вышеприведённые ОЛ) и провоцируя их на установку «самопальных» перемычек в нарушения требований нормативов.

В нарушении п.8.2а ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» размеры перемычек, допустимые токи и руководства по их применению отечественные производители Ехе клемм в своих каталогах не приводят, возлагая ответственность за возможный перегрев (максимальную температуру) элементов внутри коробок на конструктора, что приводит к дополнительной переписке с поставщиками Ехе клемм и часто без результата.

Обычно (но не всегда) в каждой двухпроводной клемме есть одно или два вертикальных (центральных) отверстия куда вставляются втычные или винтовые заводские перемычки, электрически соединяющие соседние клеммы через свои токопроводящие шины, что позволяет разветвлять входящий «толстый» провод (жилу кабеля) на несколько менее «толстых» проводов. Кроме того, перемычки позволяют изменить направление отвода проводников от клеммы и этим можно улучшить конечную компоновку коробки с целью выполнения требований ОЛ по размещению конкретных кабелей на конкретных сторонах коробки

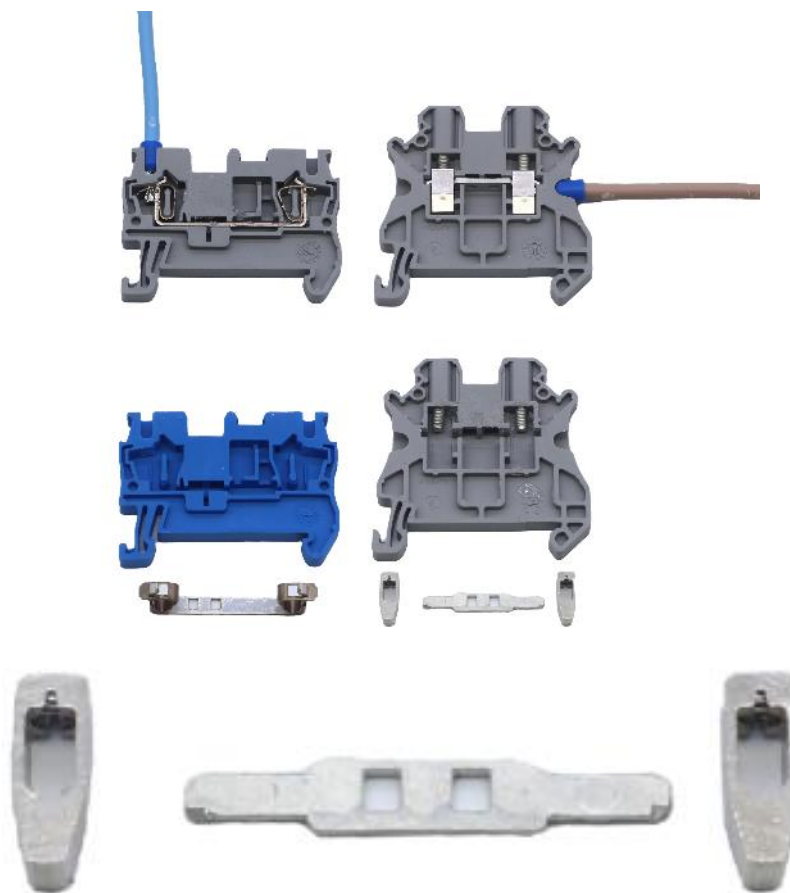


Рис. 16 Конструкция клемм марок КНЗ и КНВ. В токопроводящей шине клемм видны два прямоугольных отверстия для установки гребенчатых (втычных) перемычек.

Перемычки бывают гребенчатые (втычные) и винтовые, о чем указано в каталогах производителей клемм в разделе тех. характеристики и аксессуары конкретной клеммы. Например, в каталоге Провенто для винтовой двухпроводной клеммы модели ТБ6 (на сечение провода 6 мм²) сбоку (в гнездо клеммы) может устанавливаться гребенчатая перемычка модели Т8.10ib, а вертикально центральная винтовая перемычка Т8.10FB/2.5-16SP, в каталоге Ступинского СТЭЗ для такой же винтовой клеммы КНВ 6-2 на сечение 6 мм² надо использовать только гребенчатые перемычки моделей ПС2-8, ПС-3-8, ПС 5-8 и ПС 10-8. В каталогах Ступинского СТЭЗ имеются перемычки с сечением от 3.5 мм² (ПС 2-3.5) до 36 мм² (ПС 2-36 и ПС 3-36) для электрического соединения (объединения) клемм с одинаковым сечением подключаемых проводников.

Т4.10IS - Т8.10IS



Рис. 17 Гребенчатые (втычные) перемычки к клеммам (лишние контакты обламываются).

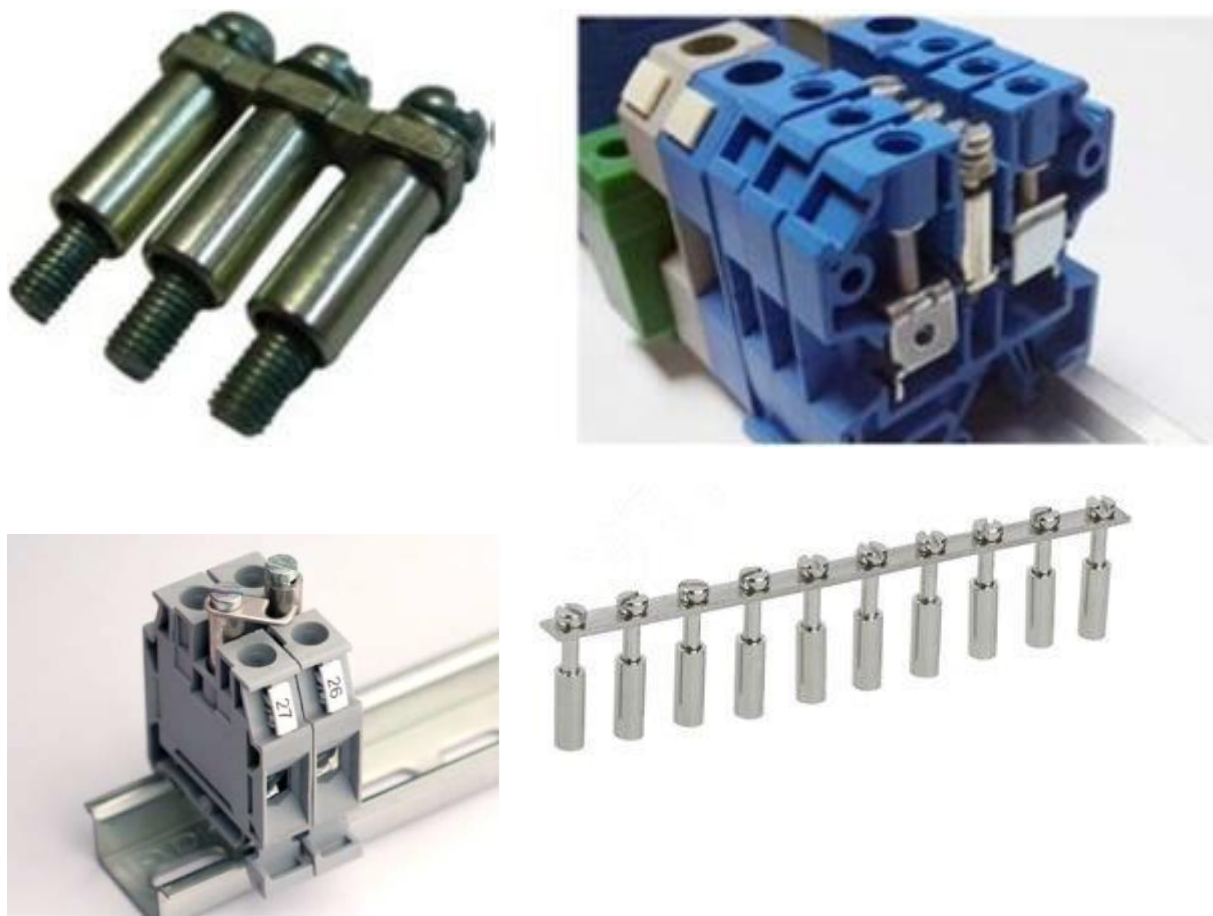


Рис. 18 Винтовые перемычки к клеммам (лишние контакты не ставятся или отпиливаются).

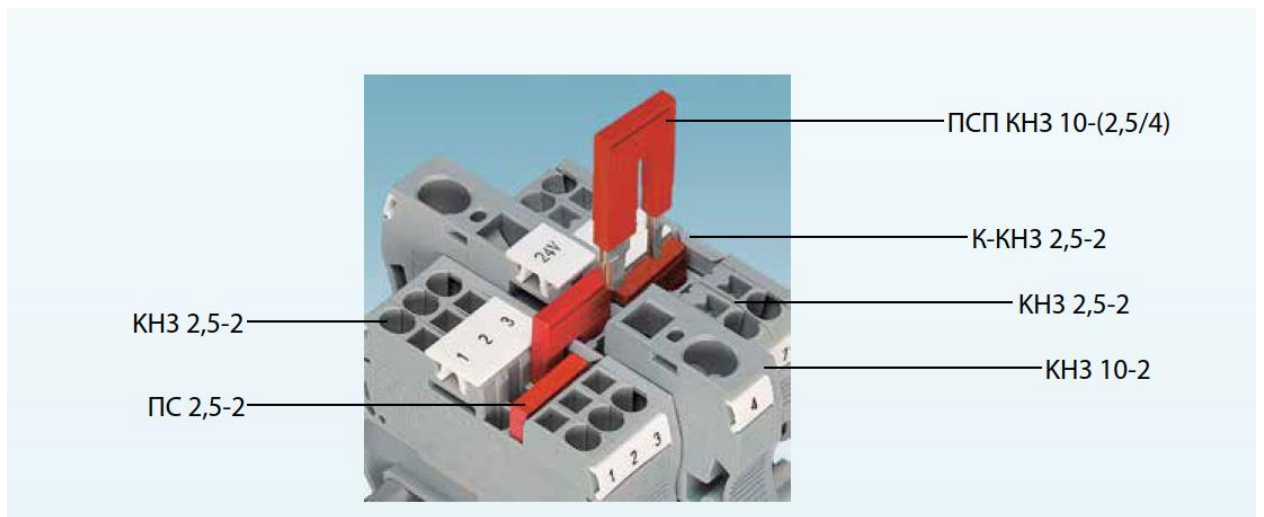


Рис. 19. Примеры установки перемычек (ПС 2.5-2 и ПСП КНЗ 10-2.5/4) в пружинные Ехе клеммы Ступинского СТЭЗ

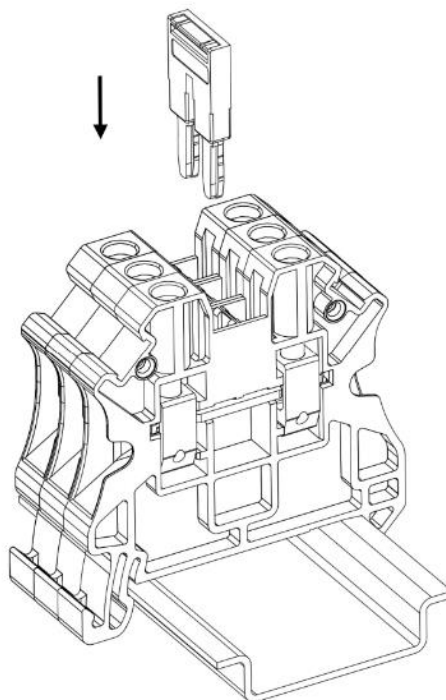
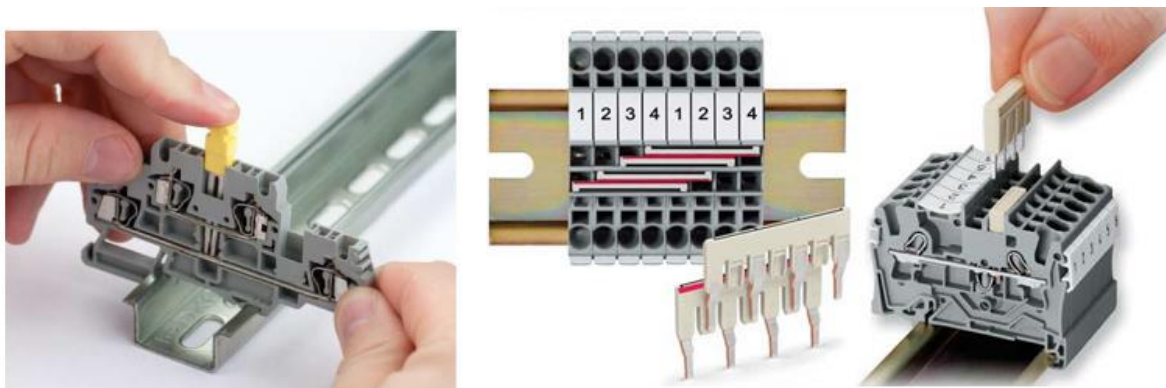


Рисунок 30 – установка перемычки в функциональное отверстие

- Для объединения потенциалов несмежных клемм следует использовать стандартные перемычки, у которых удалены отдельные полюса.

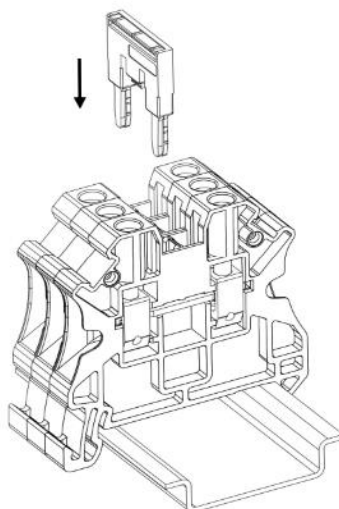


Рисунок 32 – установка перемычки с удаленными полюсами в функциональное отверстие

- При использовании перемычек с удаленными крайними полюсами **необходимо** использовать концевую крышку или разделительную пластину (рис. 34).

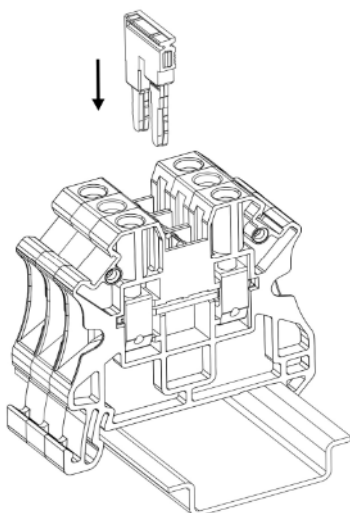


Рисунок 33 – установка перемычки с удаленными крайними полюсами в функциональное отверстие

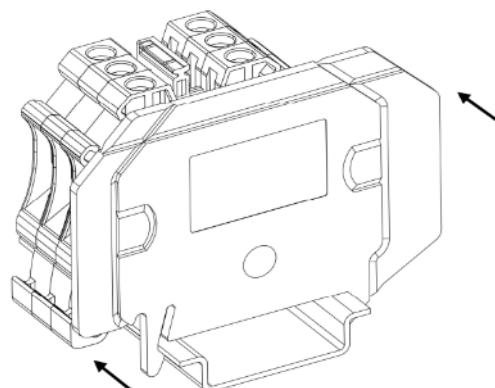


Рисунок 34 – сборка клемм с перемычкой с удаленными крайними полюсами

- Чтобы вытащить перемычку из функционального отверстия, уприте отвертку в выемку на боковой стенке перемычки и, приложив усилия, выдавите перемычку вверх (рис. 35 «А»; рис. 36).

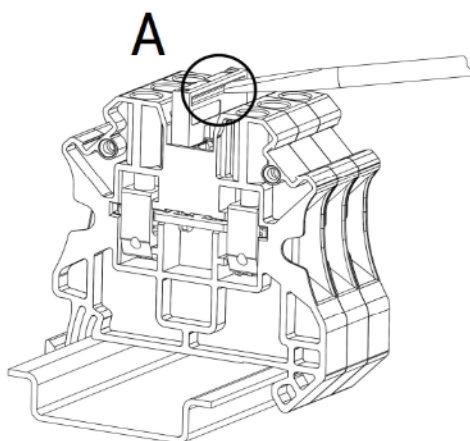


Рисунок 35 – выемка на стенке перемычки

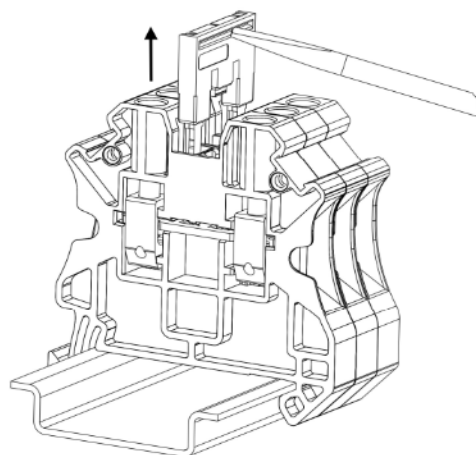


Рисунок 36 – выдавленная перемычка

- Для объединения нескольких клемм большого сечения соединительной перемычкой, вдавите её в точку подключения клеммы так, чтобы штырьки на корпусе перемычки попали в указанные отверстия (рис. 37), убедившись перед этим, что винт, фиксирующий точку подключения, не затянут (рис. 37; рис. 38). **Необходимо** использовать перемычки, которые соответствуют габаритам клеммы.

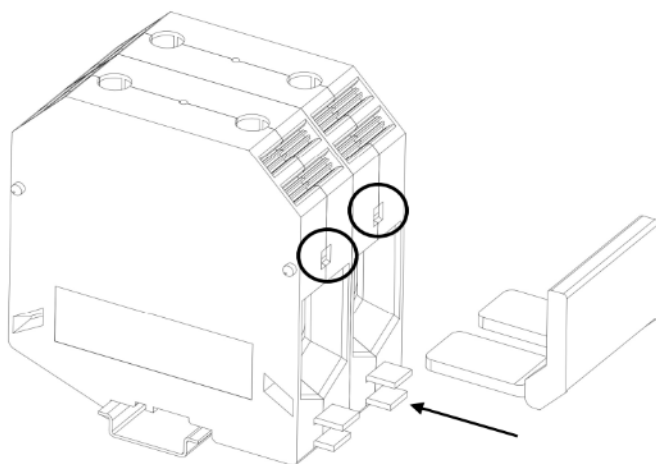


Рисунок 37 – установка перемычки в точку подключения

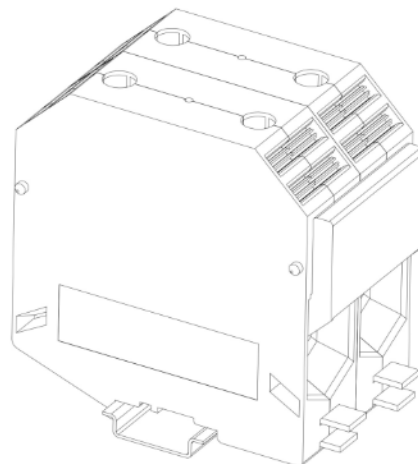


Рисунок 38 – установленная перемычка

А)

- Для объединения нескольких клемм винтовой перемычкой вдавите её в функциональное отверстие клеммы до упора (рис. 41; рис. 42). **Необходимо** использовать перемычки, которые соответствуют габаритам клеммы.

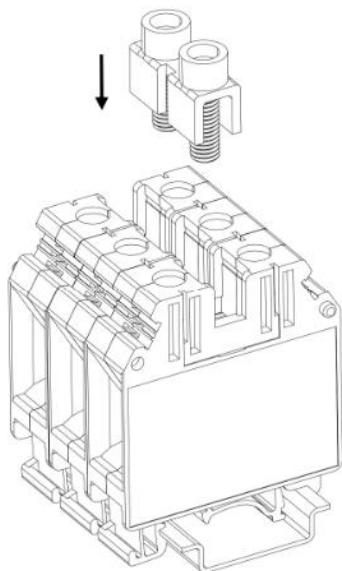


Рисунок 41 – установка винтовой перемычки в функциональное отверстие

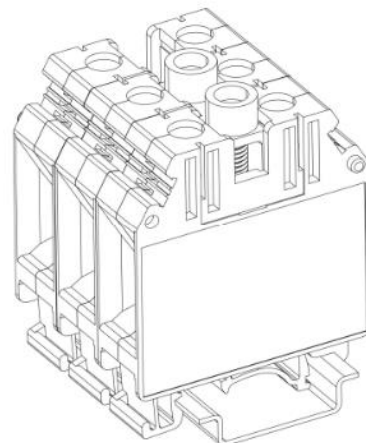


Рисунок 42 – установленная винтовая перемычка

- Вставьте плоскую отвертку в круглое отверстие перемычки (размер шлица зависит от типа винтовой перемычки) и, закручивая винт отверткой по часовой стрелке, затяните каждый винт перемычки до момента фиксации (рис. 43; рис. 44).

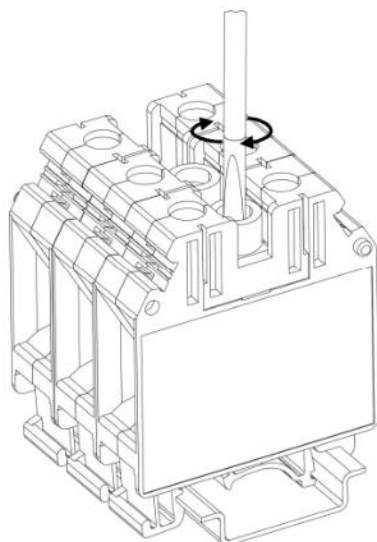


Рисунок 43 – фиксация винтовой перемычки

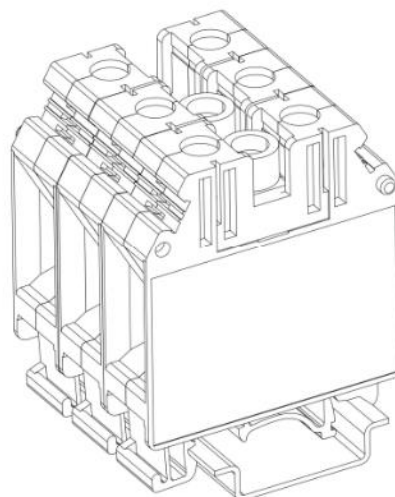


Рисунок 44 – установленная и зафиксированная винтовая перемычка

Б)

Рис. 20 Примеры установки перемычек в токоведущую шину двухпроводных клемм (а – пружинных, б-винтовых) разных производителей клемм.

Допускается установка таких втычных перемычек и в штатные боковые гнезда клемм, что актуально для 3-х и 4-х проводных клемм для большего разветвления проводников и изменения их направления.

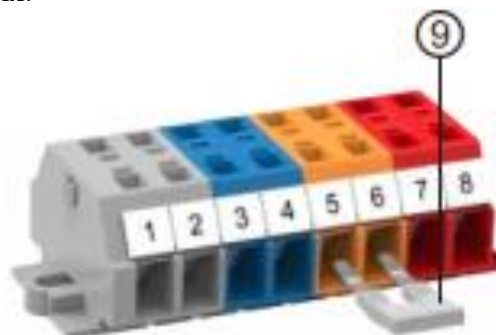


Рис. 21. Пример установки гребенчатых (втычных) перемычек в гнездо фланцевой клеммы

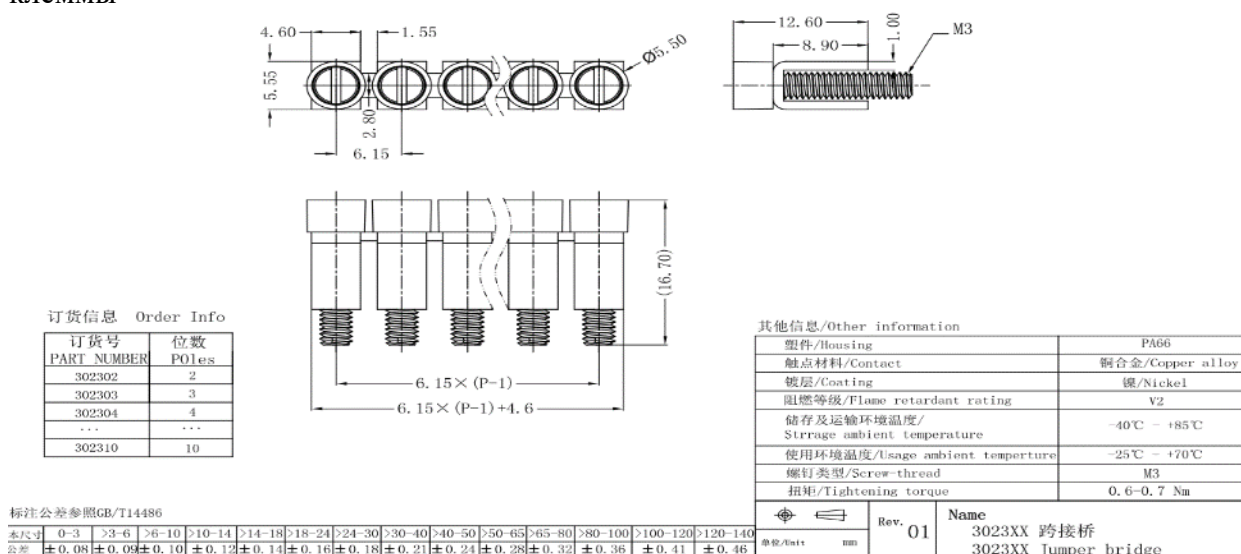


Рис. 22. Чертеж винтовой перемычки модели 302302 фирмы SUPU для клемм: UK2.5, UK4

При использовании перемычек во взрывозащищённой коробке проектировщику надо помнить о первом законе Кирхгофа (*Сумма токов, входящих в узел, равна сумме токов, выходящих из него*), чтобы тонкая перемычка (часть перемычки) не перегрелась и ее нагрев не вызвал бы воспламенений горючей смеси. Особенно это касается перемычек на 3 и более контактов и при разных токах отходящих проводников (разное внутреннее сопротивление потребителей энергии (ламп, двигателей, датчиков и т.п.) тока).

Для справки. В номенклатуре клемм СЭТЗ и Провенто имеются 3-х и 4-х проводные клеммы, но только до сечений провода 0.2-6 мм² Для больших сечений провода выпускаются только двухпроводные клеммы;

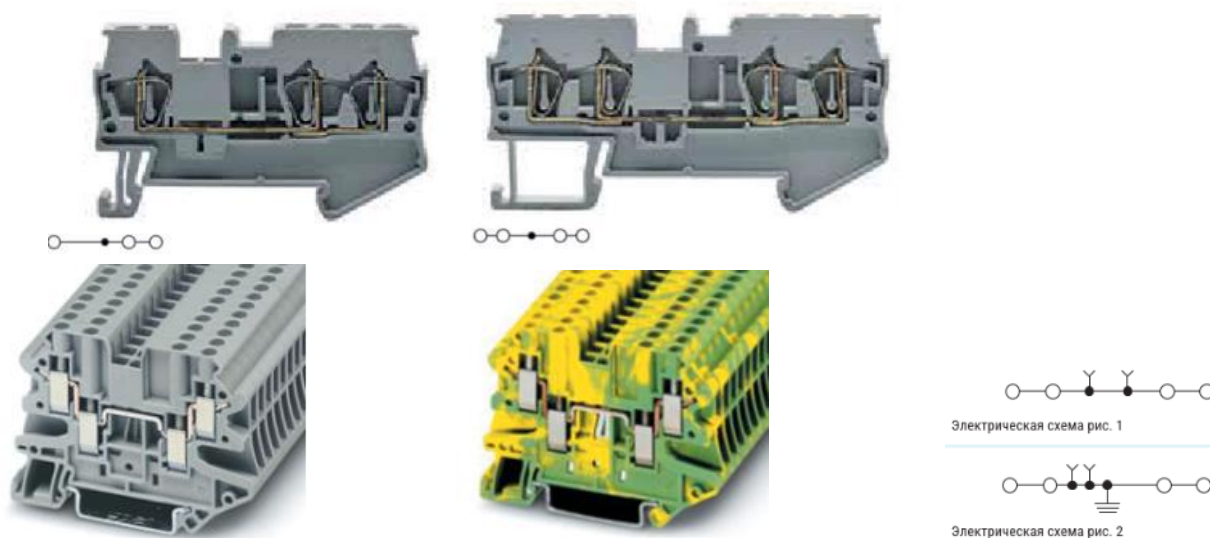


Рис.23. Конструкция 3-х и 4-х проводных пружинных и винтовых клемм

Применение 3 и 4-х проводных клемм в коробке позволяет просто (без перемычек) реализовать компактное подключение нейтральных N проводников в системах TN-C, TN-S, TN-S-C электропитания см. ГОСТ 30331.1-2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения» для разветвления одного кабеля на два или три потребителя.

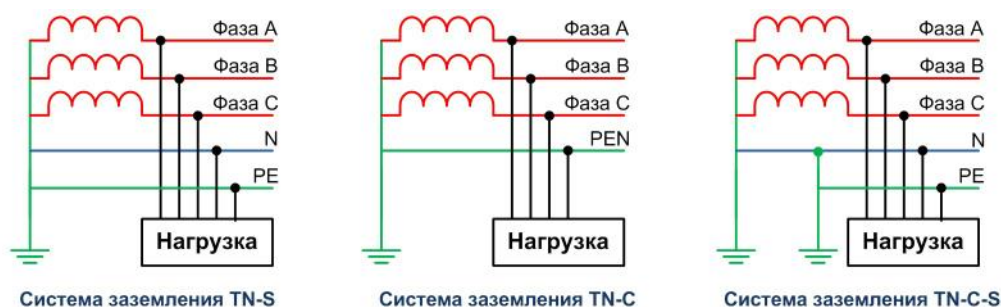


Рис. 24 Системы электропитания TN-S, TN-C и TN-S-C

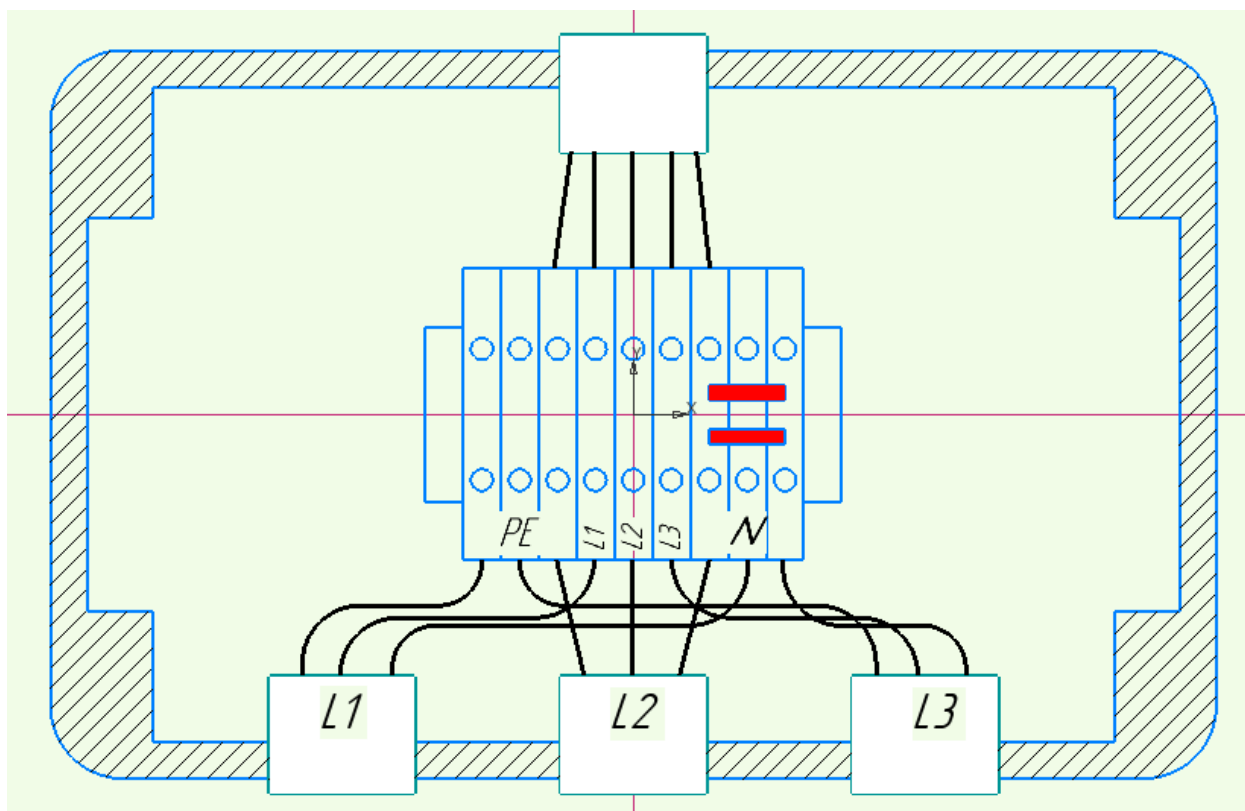


Рис 25 Количество двух проводных клемм в коробке при подключении 3-х энергопотребителей в системе TN-S-C.

С увеличением числа потребителей аналогичные проблемы нарастают и возникают уже и с разводкой фазных L проводников.

Про шины в Ехе коробке

Справка. Шина – проводник с низким сопротивлением, к которому можно подсоединить несколько отдельных электрических цепей (п. 2.1.4 ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1:2004). «Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1 Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний»)

В какой-то мере проблему (см.рис.25) разветвления одной жилы кабеля на несколько жил других кабелей могут решить шины, электрически объединяющие сразу много проводников, что эквивалентно одной клемме с множеством контактных зажимов, например, 4-х проводной по рис. 23. В принципе имея несколько изолированных шин и расположив их на определенном расстоянии друг от друга, которые обеспечат требуемые Таблицей 2 ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» воздушные зазоры и пути утечки, можно реализовать электрическую схему коробки вообще без клемм соблюдая при этом требования нормативов.

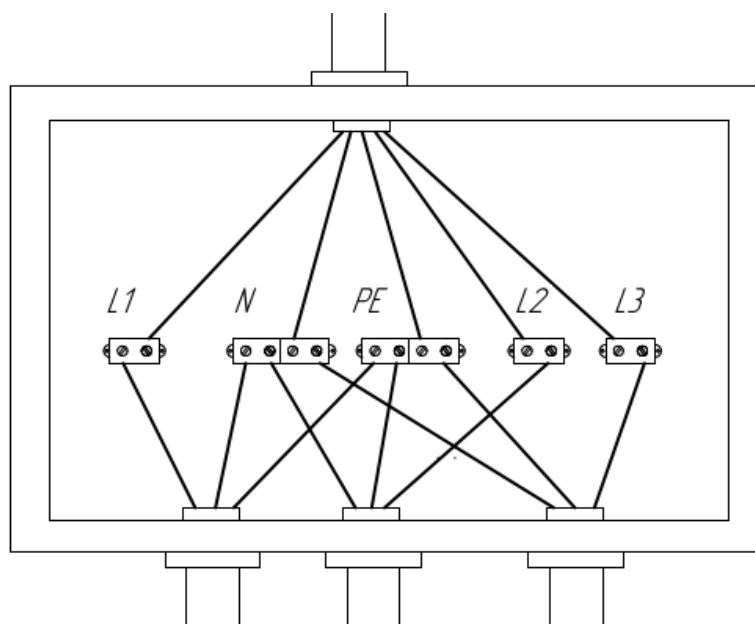


Рис.26 Схема возможного расположения шин в коробке при подключении 3-х энерго потребителей в системе TN-S-C эквивалентная схеме по рис.24 с клеммами.

Часто требование на наличие шин N и PE в Ехе коробке Заказчики указывают в своих ОЛ. В продаже имеются дешовые и удобные в монтаже несертифицированные шины N и PE ,которые так и хочется применить в Ехе коробке.Конструкция таких шин основанна на создании электрического контакта между жилой кабеля и электропроводной шиной посредством ее ненадежного прижима только торцем винта, в отличии от винтовых клемм ,где прижим производится через промежуточную пластину (см .рис.16).



<https://dip8.ru/articles/klemmy-klemmniki-chto-eto/?ysclid=mr0v8qzz98681799512>

Рис.27 Нулевые шины с креплением на ДИН-рейку и на корпус различных производителей.



Рис.28 Шины РЕ с креплением на корпус коробки

Однако данные контактные зажимы не удовлетворяют всем требованиям раздела 4.2.2.2 ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» и не могут напрямую применяться в Ехе коробках без дополнительных доработок и испытаний.

4.2.2.2 Соединения с использованием контактных зажимов, соответствующих требованиям ГОСТ 30011.7.1, ГОСТ 30011.7.2, ГОСТ IEC 60947-7-4, ГОСТ 31602.1 или ГОСТ 31602.2

Такие контактные зажимы предназначены для присоединения медных проводов с частично снятой изоляцией и без дополнительных промежуточных частей, отличающихся от тех, которые повторяют форму неизолированного провода, таких как муфта.

Должны быть проведены испытания изоляционного материала контактных зажимов с уровнем вида взрывозащиты «еВ» согласно 6.10.

Должна быть предусмотрена возможность фиксации контактных зажимов в их монтажной арматуре.

Для контактных зажимов с уровнем вида взрывозащиты «еВ» увеличение температуры проводника не должно превышать 40 К при испытательном токе, составляющем 110 % номинального тока при испытаниях на увеличение температуры согласно ГОСТ 30011.7.1.

Примечание — Если испытания проводят без оболочки, то используют абсолютное максимальное значение тока контактного зажима. В практических целях, если в оболочке расположено несколько контактных зажимов, необходимо снизить значение тока в соответствии с 5.8, 6.8 и приложением F.

Контактные зажимы для присоединения проводов с номинальным поперечным сечением не более 35 мм² (2 AWG) должны быть пригодны также для надежного соединения проводов, сечение которых по крайней мере в два раза меньше размера проволоки по ИСО (см. приложение F), если иного не указано в сертификате.

Примечание — В 4.2.2.2 представлены требования к контактным зажимам как к Ех-компонентам.

Более «древний» и проверенный практикой норматив ВСН 332-74» Инструкция по монтажу электрооборудования, силовых и осветительных сетей взрывоопасных зонах». <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/44c/4294853828.pdf>, такие соединения с нажатием на жилу только торцом винта во взрывоопасных зонах категорически запрещал

4-10. Не допускается применять для соединений жил проводов и кабелей:

- а) винтовые и болтовые сжимы (зажимы) с нажатием на жилу проводника торцом винта (болта) без прокладки или башмака;
- б) сжимы с винтами менее М4;

в) резьбовые конусные соединители;

г) голые соединительные сжимы, изолируемые после соединения.

4-11. Во взрывоопасных зонах всех классов не допускается применять легкоплавкие припой (сплавы из висмута, олова, свинца и кадмия).

И рекомендовал выполнять соединения по инструкции Минмонтажспецстроя СССР № МСН 139-67, которая в 1983 году была заменена на ведомственную инструкцию ВСН 139-83 «Инструкция по оконцеванию, соединению и ответвлению алюминиевых и медных жил изолированных проводников и кабелей и соединению их с контактными выводами электротехнических устройств».

Про DIN (ДИН) рейки.

Клеммный блок закрепляется в корпусе коробки посредством ДИН рейки, технические требования и требования к монтажу которых нормирует ГОСТ ИЕС 60715 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на направляющие электрические аппараты в устройствах распределения и управления» (взамен ГОСТ Р МЭК 60715-2003).

Для крепления Ехе клемм СТЭЗ и Провенто в коробке применяются ДИН рейки с Т-образным профилем моделей ТН 35-7.5 и ТН 35-15. При своей толщине 1 мм рейка свободно пилится ножовкой или «болгаркой» в нужный размер. Рейки изготавливаются из оцинкованной или нержавеющей стали, из анодированного алюминия и меди, что отражает их химическую устойчивость, весовую и электрическую нагрузочную способность (до 20 кг/метр, до 309 Ампер). В каталоге клемм Ступино, указываются модели ДИН-реек совместимых с выбранной клеммой (подходят рейки высотой как 7.5 мм так и 15 мм), а в Провенто нет.

А.3 Т-образные монтажные рейки ТН 35-7,5 и ТН 35-15

А.3.1 Габаритные размеры

Размеры, приведенные на рисунке А.3. должны соблюдаться по всей длине монтажной рейки, но проверяться на расстоянии не менее 10 мм от ее концов.

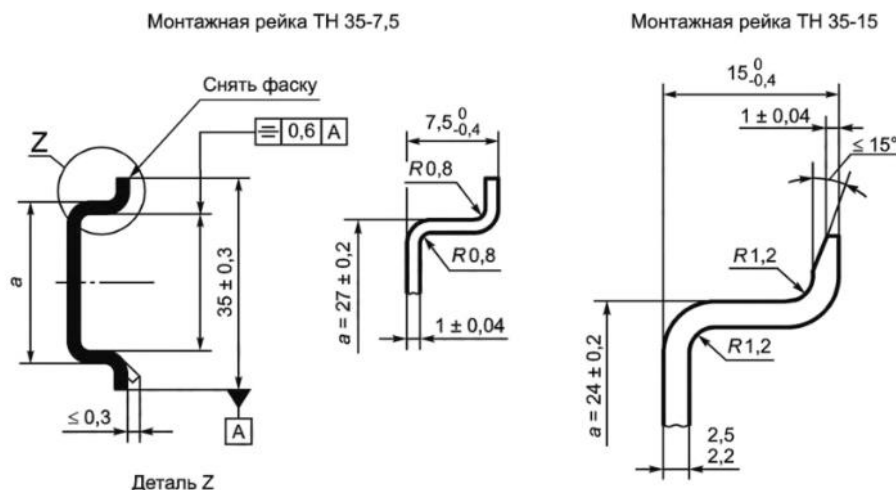


Рисунок А.3 — Т-образные монтажные рейки шириной 35 мм для крепления аппаратуры

А.3.2 Допуски

Значения допусков монтажных реек, поставляемых в виде отдельных деталей, должны соответствовать дополнительным допускам, указанным на рисунке А.4.

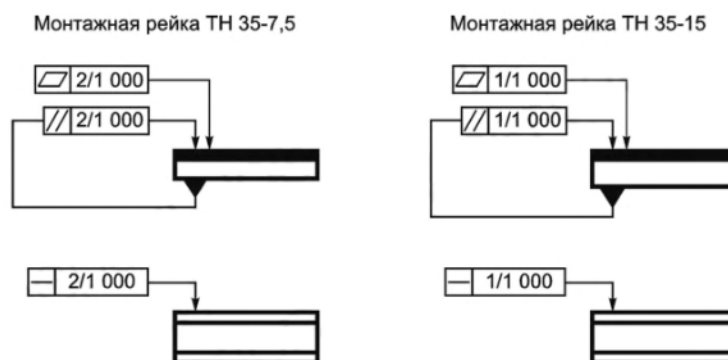


Рисунок А.4 — Допуски (ТН 35-7,5 и ТН 35-15)

Настоящий стандарт устанавливает размеры и функциональные требования к монтажу на направляющих различных электрических аппаратов внутри низковольтных комплектных устройств распределения и управления.

Рис.29. Размеры и допуски ДИН реек моделей ТН 35-7.5 и ТН 35-15 по ГОСТ IEC 60715

Кроме функции закрепления клемм ДИН-рейка используется и для электрического соединения между собой РЕ клемм (желто-зеленых). Т.к. при аварийных ситуациях (обрыв провода, перекося фаз) токи в РЕ проводнике могут достигать номинальные токи в фазных L проводниках, то и сечение ДИН-рейки следует выбирать равным или большим чем сечение основного питающего РЕ проводника. Пункт 7.1.7 ГОСТ Р 50030.7.2-2009 (МЭК 60947-7-2-2002) Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 7.2 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Электрооборудование вспомогательное. Клеммные колодки для защитных проводников для присоединения медных проводников» требует, чтобы ДИН рейки, которые используются в качестве токопроводящих шин для защитных проводников, выдерживали токи в соответствии со своим Приложением А, например, ДИН рейку из стали высотой 7.5 мм можно применять если сечение медных L и РЕ проводников в коробке не более 16 мм² (ток до 76 А) и высотой 15 мм для сечений 50 мм² (ток до 150 А), если нужны более высокие токи, то надо применять ДИН-рейки из алюминия или меди.

7.1.7 Использование монтажных реек для защитных проводников

Монтажные рейки могут быть использованы в качестве токопроводящих шин для защитных проводников при условии, что значения теплового кратковременно выдерживаемого тока и теплового номинального тока не превышают значений, указанных в таблице А.1 (приложение А).

В таблице А.1 приведены примеры стандартизованных профильных монтажных реек.

ГОСТ Р 50030.7.2—2009

Приложение А (обязательное)

Максимальные кратковременно выдерживаемые токи, приложенные к профильным рейкам, и номинальные тепловые токи PEN шин

Т а б л и ц а А.1

Типы профильных реек	Материал	Эквивалентное сечение медного проводника, мм ²	Кратковременно выдерживаемый в течение 1 с ток, кА	Номинальный тепловой ток PEN шины, А
ТН 15-5,5 ГОСТ Р МЭК 60715	Сталь	10	1,2	—
	Медь*	25	3,0	101
	Алюминий*	16	1,92	78
G32 ГОСТ Р МЭК 60715	Сталь	35	4,2	—
	Медь*	120	14,4	269
	Алюминий*	70	8,4	192
ТН 35-7,5 ГОСТ Р МЭК 60715	Сталь	16	1,92	—
	Медь*	50	6,0	150
	Алюминий*	35	4,2	125
ТН 35-15 ГОСТ Р МЭК 60715	Сталь	50	6,0	—
	Медь*	150	18	309
	Алюминий*	95	11,4	232
* Медные или алюминиевые сплавы, выбранные изготовителем, должны соответствовать параметрам, указанным в таблице.				

Применительно к ОЛ по рис. 9Б придется применить или дорогие медные и алюминиевые рейки высотой 7,5 мм, или стальную рейку высотой 15 мм, что увеличит высоту корпуса коробки и может оказаться критичным для выполнения требований п.4.3 и 4.4 ГОСТ 31610.7 по электрическим зазорам и путям утечки.

Для не силовых клеммных коробок рекомендуется использовать ДИН-рейки с высотой 7,5 мм как слаботяжеленных (до 10 кг/метр) <https://inner.su/articles/tablitsa-razmerov-din-reek-i-sovmestimogo-oborudovaniya-polnyy-spravochnik/?ysclid=momkxyk4vi304910496>

Для крепления ДИН-рейки в корпусе Ступинский СТЭЗ выпускает держатель для нее, но придется сверлить, а потом герметизировать отверстие в корпусе.



Рис.30 Держатель ДИН рейки модели ОРМ.

Минимальную длину ДИН-рейки определяет Ее корпус с приливами под ее крепление, что ограничивает число размещенных на ней клемм, но не все производители Ее корпусов приводят его внутренние размеры в своих рекламных материалах, которые приходится дополнительно запрашивать. В нижеприведённом чертеже корпуса максимальная длина ДИН-рейки (1 или 2 шт.) составляет 152 мм, которая крепится в глухие отверстия 3,2 мм глубиной 6 мм (надо самим нарезать глухую резьбу М4 под крепежный винт с шайбами), что ограничивает длину клеммного блока без стопоров до $152-20-20=112$ мм т.е. до 21 клемм КНВ-2,5 -2 или 18 клемм КНВ 3-2.

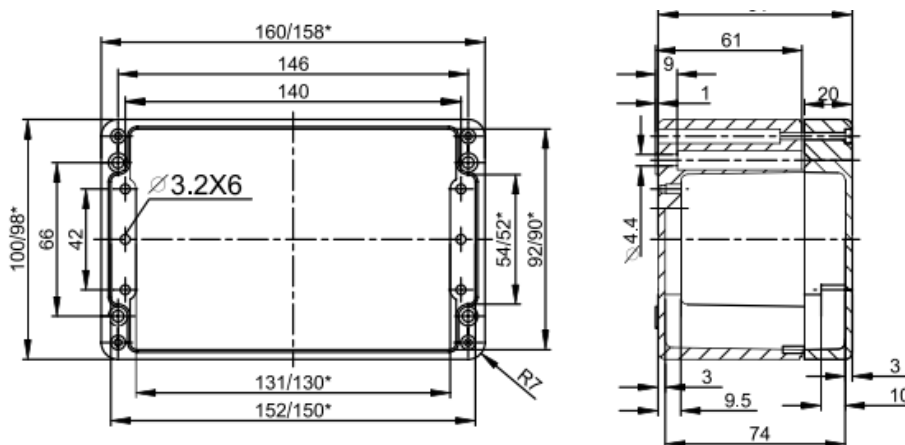
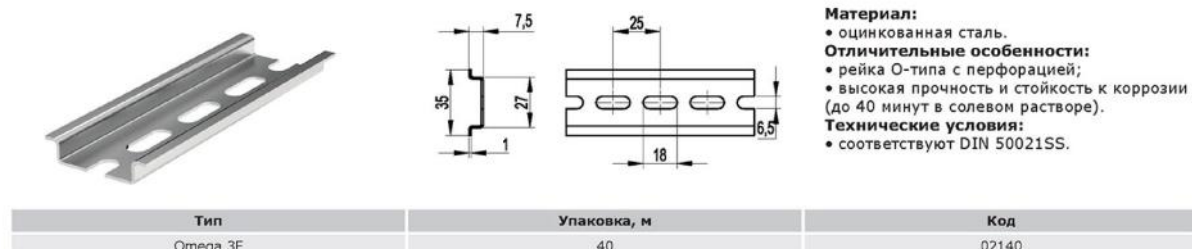


Рис.31. Пример чертежа внутренних размеров Ее корпуса

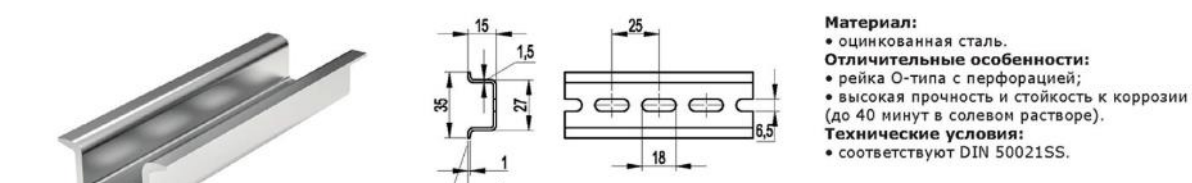
Для справки: Термин DIN происходит от немецкого "Deutsches Institut für Normung" - Германского института стандартизации, который опубликовал первоначальные спецификации по DIN рейкам. Оригинальная концепция была разработана и внедрена в Германии в 1928 году компанией Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk (RWE), а затем доработана до современных стандартов в 1950-х годах.

DIN-рейка OMEGA 3F



Материал:
• оцинкованная сталь.
Отличительные особенности:
• рейка О-типа с перфорацией;
• высокая прочность и стойкость к коррозии (до 40 минут в солевом растворе).
Технические условия:
• соответствуют DIN 50021SS.

DIN-рейка OMEGA 3AF



Материал:
• оцинкованная сталь.
Отличительные особенности:
• рейка О-типа с перфорацией;
• высокая прочность и стойкость к коррозии (до 40 минут в солевом растворе).
Технические условия:
• соответствуют DIN 50021SS.

Про объединение и заземление экранов кабелей в коробках.

Еще коробки используются не только для распределения электрической мощности для питания энергоемких потребителей (ламп, двигателей, нагревателей и т.п.), но и для распределения и объединения высокочастотных сигналов от адресных датчиков объекта эксплуатации (газоанализаторы, датчики температуры и давления), которые работают по протоколам промышленных стандартов (HART, FOUNDATION FIELDBUS, RS485 Modbus RTU, Wiegand и т.п.), что позволяет работать базовому серверу с десятками устройств, подключенных к одной линии связи (паре проводов).

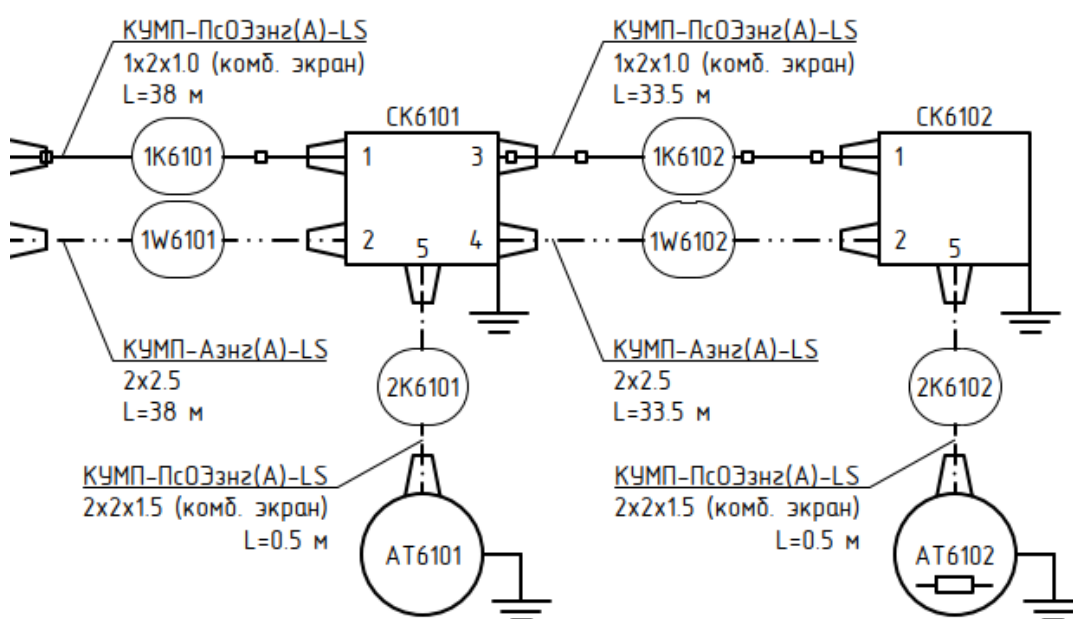


Рис. 32. Пример части ОЛ со схемой электрических соединений кабелей КУМП посредством коробок СК для питания датчиков АТ и объединения сигналов от них в одну линию связи 1К по протоколу RS485 (Modbus RTU).

Сигналы от таких датчиков слаботочные и требуют защиты от электромагнитных помех как в кабеле, так и в коробке. (Денисенко В., Халявко А., Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации, журнал СТА №1 за 2001 год, с. 68-75. <https://www.cta.ru/cms/f/366703.pdf?ysclid=m3y016gfgg99255245>).

Защита от помех в кабеле решается применением скруток жил в пары, тройки, четверки по стандарту ГОСТ Р 54429-2011 «Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия», а также общим экранированием кабелей и даже их жил по отдельности. Если кабели защищают особым заземлением экрана, то на Ехе клеммы не приводятся характеристики их электромагнитной устойчивости и экранирование жил кабелей в коробке осуществляется ее корпусом и крышкой, которые часто для надежности электрически соединяются через гибкий провод, а у иностранных производителей коробок еще через специальную токопроводящую эластичную прокладку между корпусом и крышкой. В зависимости от принятой схемы защиты от помех (Денисенко В., Заземление в системах промышленной автоматизации, журнал СТА №2 за 2006 год, с. 94-99)

<https://cloud.cta.ru/iblock/f58/f58c9e322780d47c8ce5071bdf517183/342849.pdf> и ГОСТ Р 57875 «Телекоммуникации. Схемы соединения и заземление в телекоммуникационных центрах») на конкретном объекте эксплуатации экраны кабелей надо как-то или заземлить, или объединить в Ехе коробке. В частности, пункты 9.1 и 9.2, не очень качественного в плане практического применения, стандарта ГОСТ Р 70303- 2022 «Слаботочные системы. КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. Заземление телекоммуникационных систем. Общие требования», требуют:

9.1 Экраны кабелей на основе экранированной витой пары проводников необходимо соединить с помощью проводящих соединений с шиной функциональной системы заземления;

9.2 Непрерывность экранов кабелей витой пары должна быть обеспечена соблюдением правил монтажа по всей их длине, включая коммутационное оборудование и коммутационные кабели;

Все это требует организовать надежный электрический контакт (проводящее соединение) с экранами кабелей, входящих в коробку, удобный далее для разводки его внутри коробки.

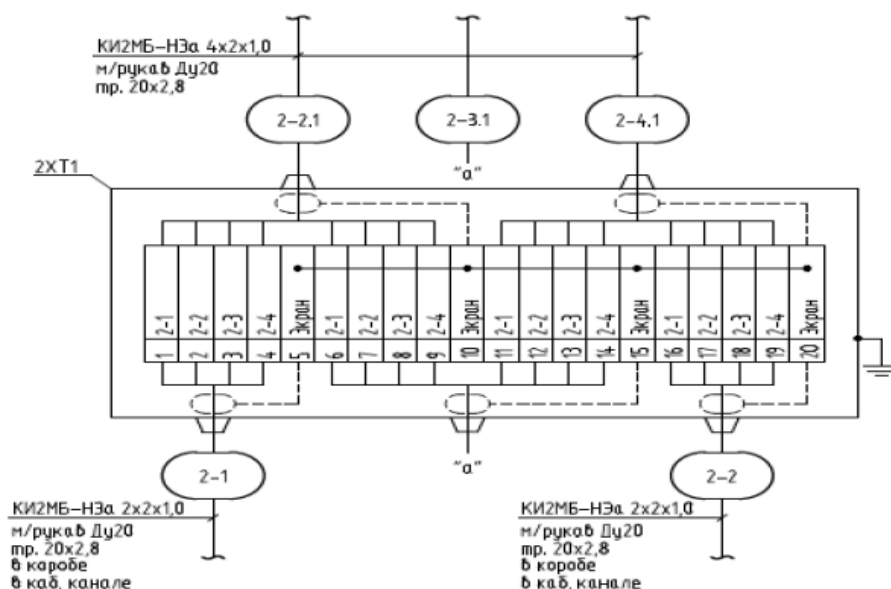


Рис. 33. Пример части ОЛ со схемой электрических объединений экранов кабелей КИ2МБ посредством клемм и перемычек в коробке

Стандарт (ГОСТ Р 70303- 2022 «Слаботочные системы КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ Заземление телекоммуникационных систем. Общие требования») своим рисунком 5 приводит рекомендуемые способы присоединения экранов кабелей.

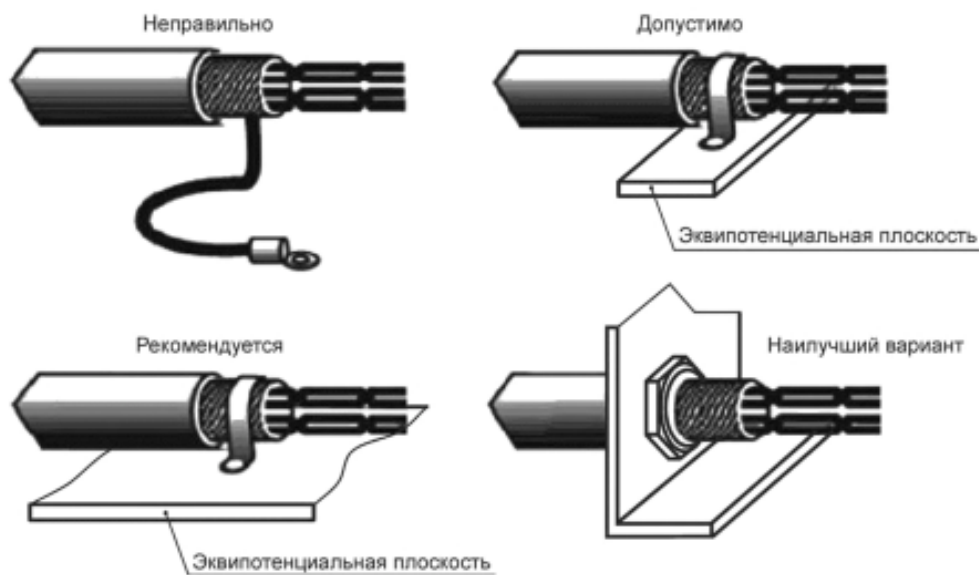


Рисунок 5 — Способы присоединения экранов кабелей к контактам системы функционального заземления

Рис. 34 Рекомендуемые электрические соединения экранов кабелей с контактами системы функционального заземления (эквипотенциальной плоскости телекоммуникационного шкафа) по ГОСТ Р 70303- 2022.

Для практической реализации таких электрических соединений с экраном кабеля применяют пружинные, винтовые и червячные хомуты, а также электрическое соединение свитых экранов внутри коробки через клеммы.

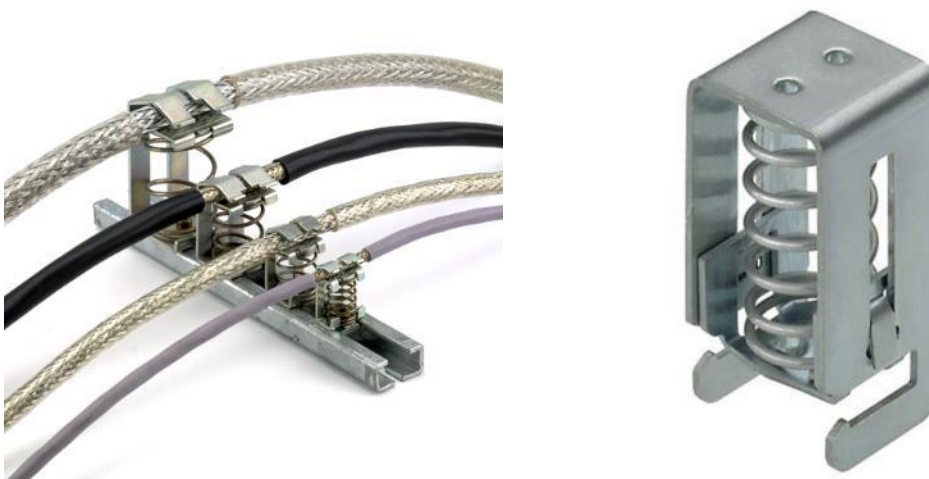
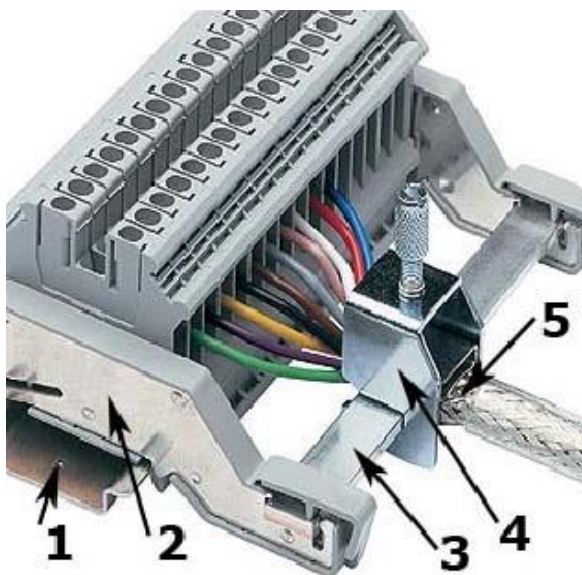


Рис. 35 Зажимная пружинная скоба для присоединения экранов фирмы Weidmüller.

https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fenix.ru%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F11%2Frisunok22022.jpg&lr=10&pos=2&rpt=simage&text=%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%8D%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9



https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fimg.abn.ru%2Fold%2Fimage%2Fdata%2Finf%2Fmontazh_foto%2Fpatchpanel_sh%2Fphoto%2F16.jpg&lr=10&pos=3&rpt=simage&text=%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%8D%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9



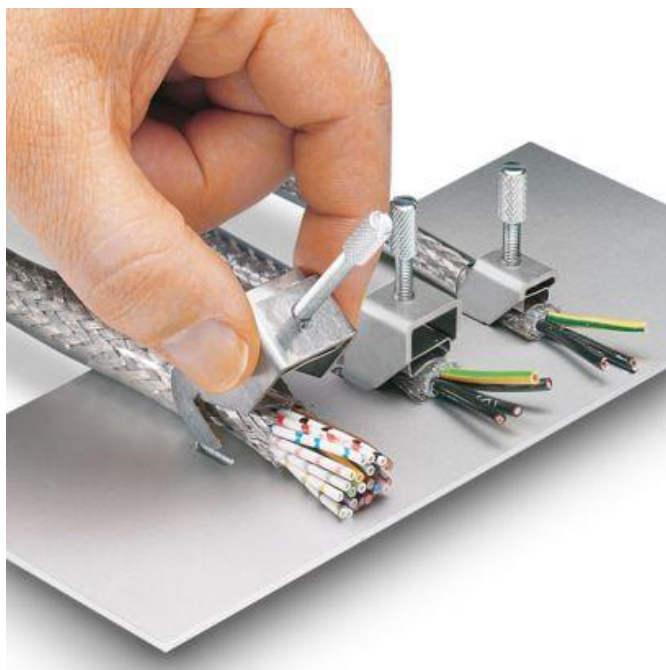


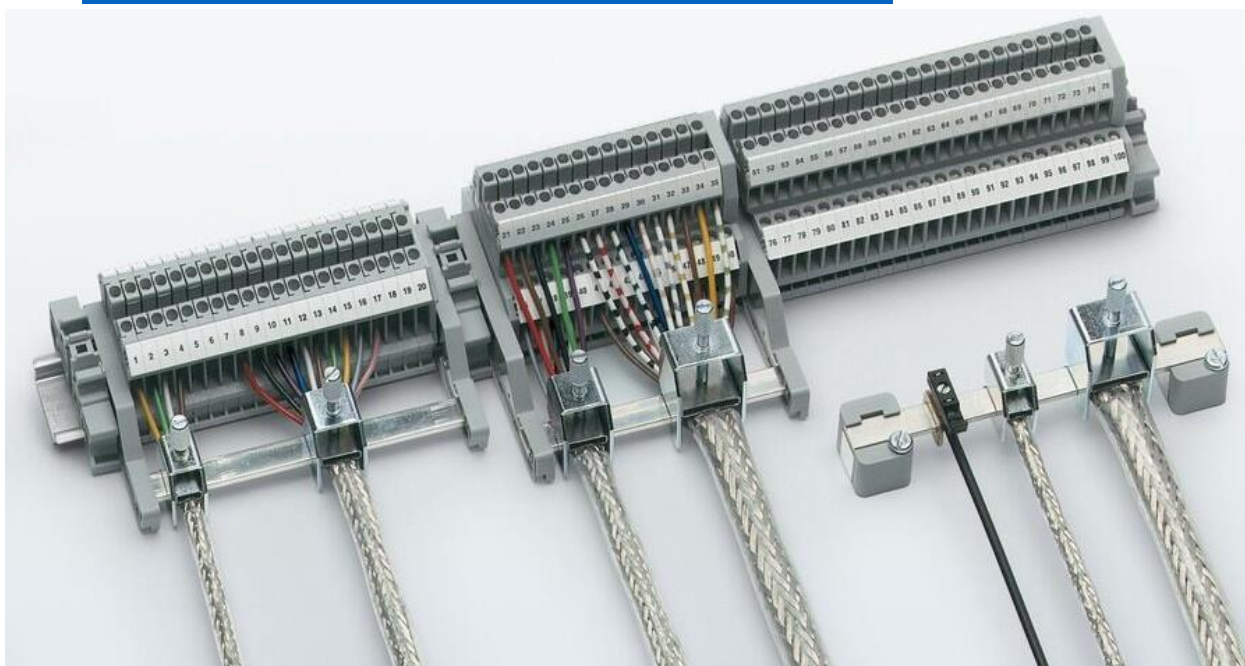
Рис. 36 Зажимная винтовая скоба для присоединения экранов фирмы Phoenix Contact.

1. Монтажная рейка.
2. Опора.
3. Шина для присоединения экранирующих оплеток.
4. Зажим для присоединения экранирующей оплетки к шине.
5. Экранирующая оплетка кабеля.

Заземление экранирующей оплетки выполняется для обеспечения помехозащищенности цепей измерения, управления и регулирования.

Экранирующая оплетка кабеля (5) с помощью зажима (4) соединяется с шиной (3). Шина крепится к опорам (2). Опоры не только механически крепят шину, но и электрически соединяют ее с монтажной рейкой (1), которая, в свою очередь, электрически соединена с заземленной оболочкой комплектного устройства (НКУ).

https://technical_translator_dictionary.academic.ru/188770



https://yandex.ru/images/search?img_url=https%3A%2F%2Fthumbs.dreamstime.com%2Fz%2Fgrounding-terminals-wires-electrical-control-cubicle-industrial-63913724.jpg&lr=10&ogl_url=https%3A%2F%2Fthumbs.dreamstime.com%2Fz%2Fgrounding-terminals-wires-electrical-control-cubicle-industrial-63913724.jpg&pos=0&rlt_url=https%3A%2F%2Favt-s.ru%2Fupload%2Fpic_con_a_0044996_int.jpg&rpt=simage&source=serp&text=%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%8D%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9

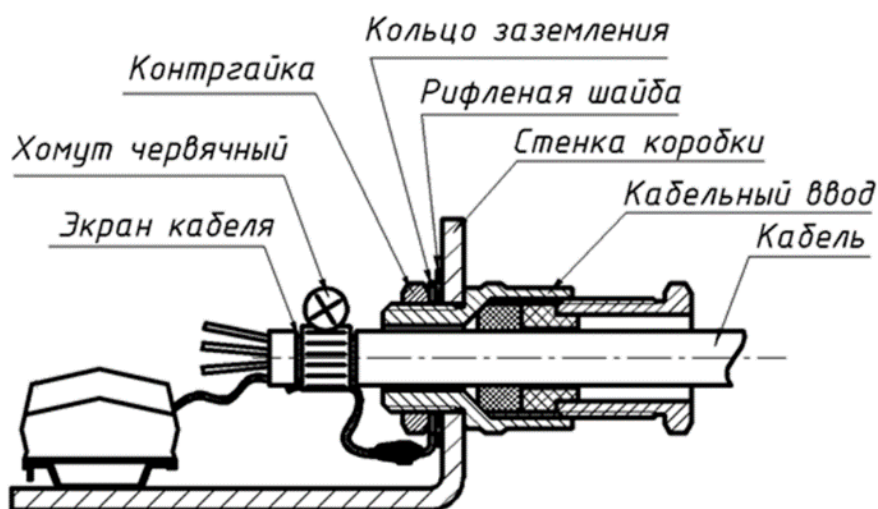


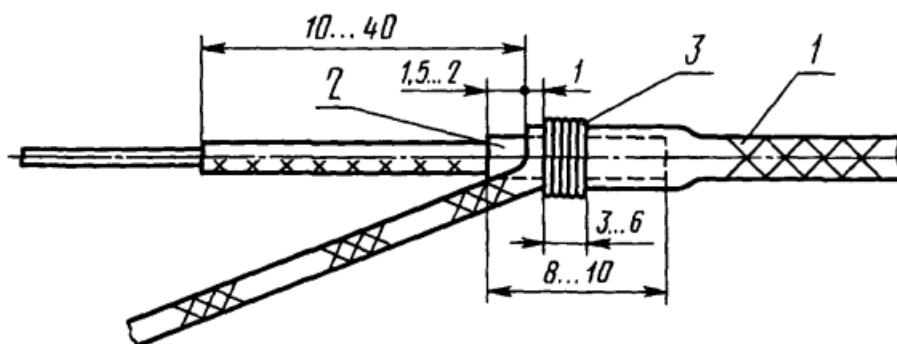
Рис. 37 Червячный хомут для контакта с экраном кабеля фирмы ООО «Ех-прибор».

<https://ex-pribor.ru/products/korobki-vzryvozaschishchennyye-kommutatsionnye-i-upravlyayushchie-serii-ekhkk/ustroystvo-dlya-zazemleniya-obedineniya-ekranov-kabeley-modeli-zek/>

Напомним (Магдеев В.Ш, Кабели для систем сигнализации во взрывоопасных зонах., Журнал СТА №2/2025, с.22-41), что действующий стандарт (ГОСТ Р 58342-2012 Кабели силовые и контрольные для применения в электроустановках во взрывоопасных средах.) допускает использовать во взрывоопасных зонах 5 видов общих экранов кабеля и **только** из меди (в виде медных лент (*индекс в заказе Э*), в виде медных или медных луженых проволок (*Эм и Эл*) и оплеток из медных или медных луженых проволок (*Эо и Эол*). Основными преимуществами экранов в виде медных оплеток и проволок являются

их большая гибкость и неплохое экранирование от помех на частотах до 10 МГц (Лапко И., Настоящий инженер должен уметь отличать кабель от кабеля., журнал СТА №1 за 2008 год, с. 76-84. <https://www.cta.ru/cms/f/374302.pdf?ysclid=m4dq2e13ph475385072>). Если разделить экран кабеля одним из способов по ныне действующему еще советскому ГОСТ 23585-79 «Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Технические требования к разделке и соединению экранов проводов. (с Изменением N 1, утвержденным в августе 1984 г.)» и оконцевать его наконечником типа НШВИ https://kvt.su/prod/end-sleeves/nshvi_euro/, то электрическое соединение экранов разных кабелей можно осуществить через Ехе клеммы, изолированные от ДИН-рейки. Но надо отметить, что ГОСТ 23585-79 не распространяется на разделку радиочастотных кабелей с присущими этому частотному диапазону паразитными емкостями и индуктивностями.

Вариант 1.2

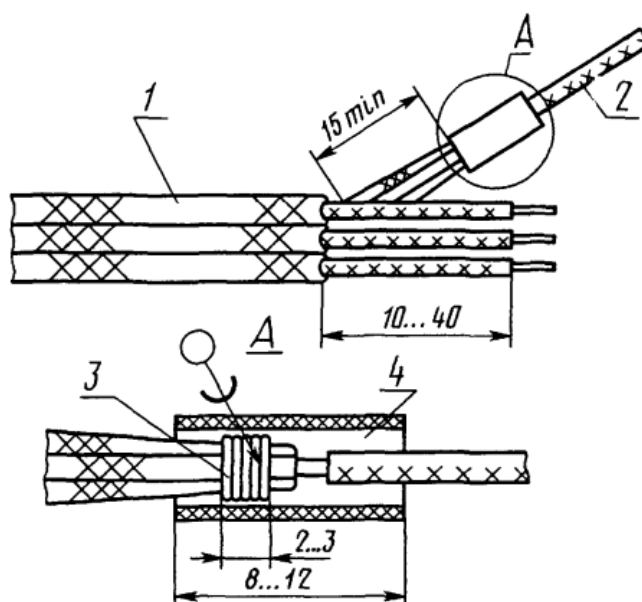


1 — экран провода; 2 — прокладка из электроизоляционного материала;
3 — бандаж из ниток или клей

Черт. 2

С. 8 ГОСТ 23585—79

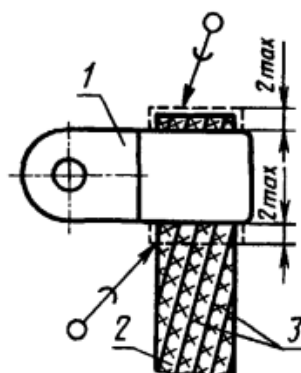
Вариант 3.1



1 — экран провода; 2 — провод заземления; 3 — бандаж из проволоки; 4 — электроизоляционная или термоусаживаемая трубка

Черт. 16

Вариант 3.12



1 — наконечник; 2 — вывод
заземления экрана провода;
3 — плетенка

Черт. 27

Рис. 38 Некоторые способы разделки экранов кабелей по ГОСТ 23585-79.

Про маркировку клемм и жил в коробке.

Желательно сразу к клеммам заказать заводские втычные маркировочные полоски (маркеры), что облегчит при монтаже и эксплуатации идентификацию электрических цепей в коробке, а не мучаться потом с их дополнительной закупкой или установкой самопальных полосок. Для пружинных и винтовых клемм маркировочные полоски разные по конструкции и их размеры для каждой клеммы свои, с маркировкой цифр как вдоль, так и поперек полоски или пустые. Также в угоду Заказчику можно еще заказать и маркировки жил кабелей в коробке

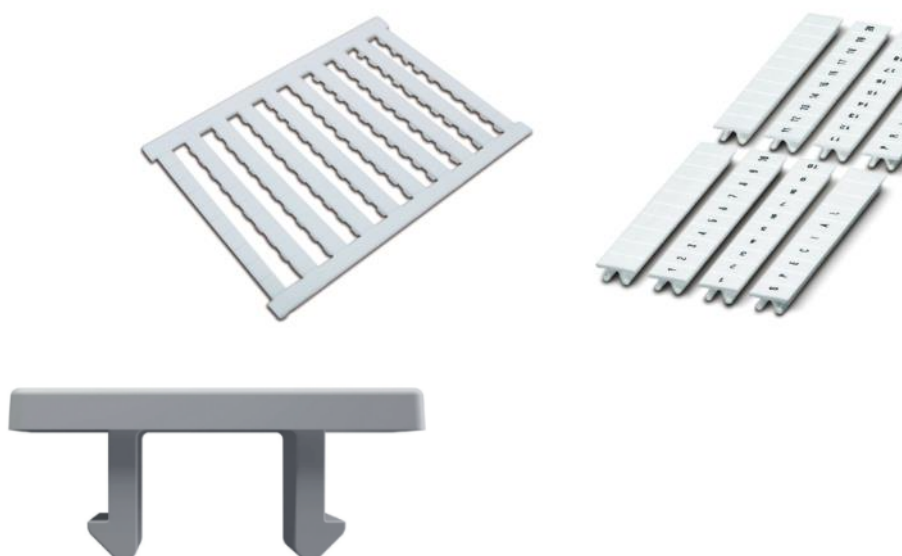


Рис.39. Внешний вид втычных маркировочных полосок к клеммам КБН и КНЗ

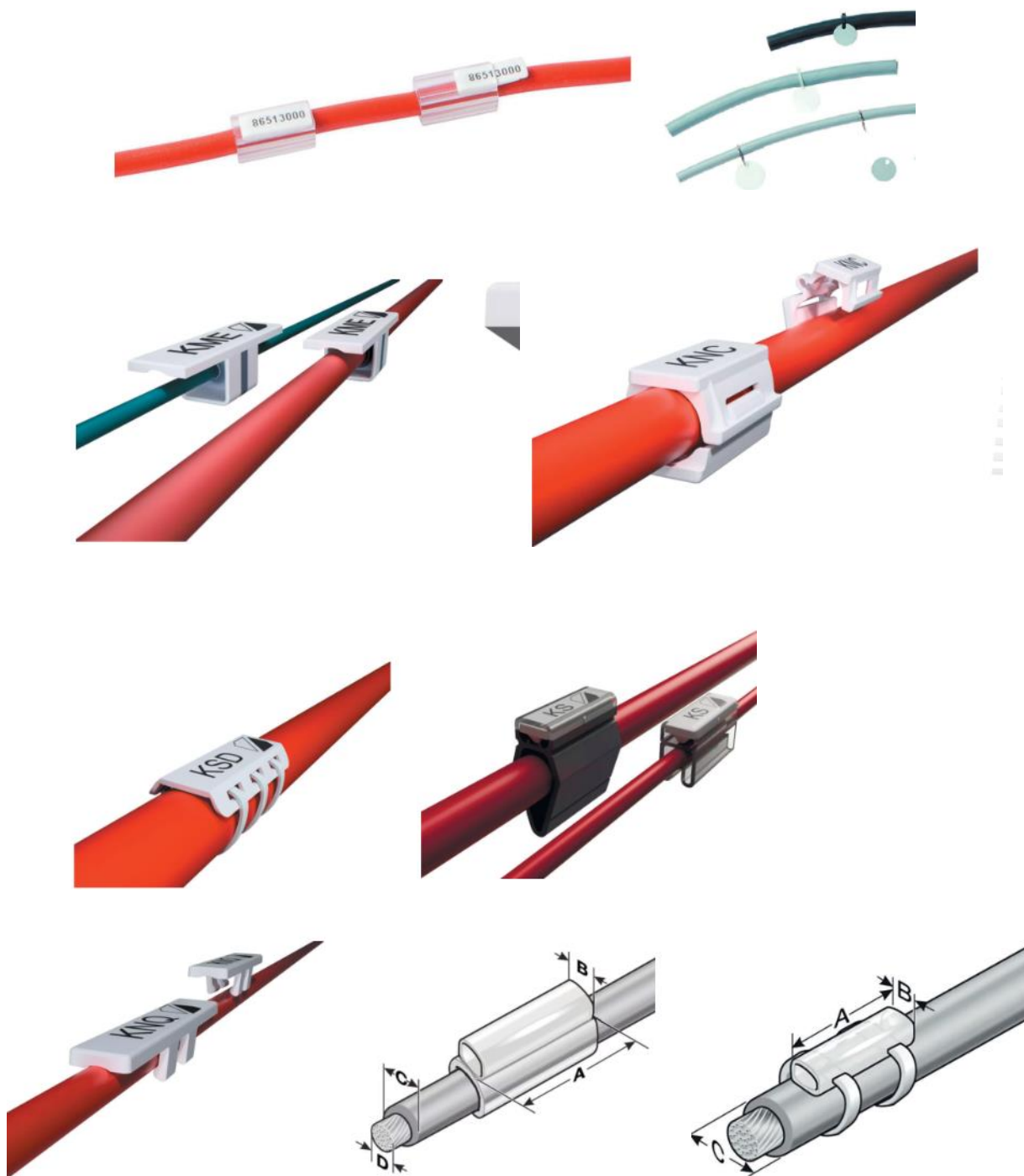


Рис.40. Внешний вид держателей маркировки проводов СЭТЗ.

6.3 Установка маркировки УМК и ПМК

- Для установки маркировки УМК вдавите ее в отмеченный паз клеммы (рис. 45, «А»; рис. 46).

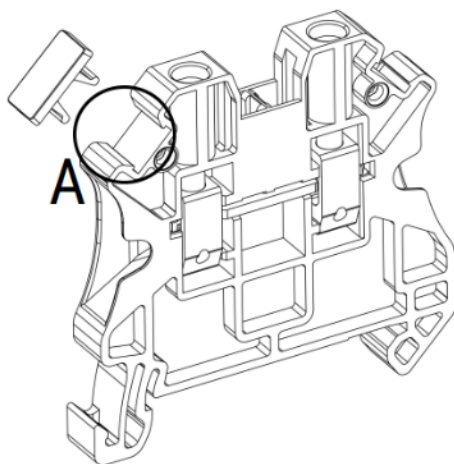


Рисунок 45 – установка маркировки УМК

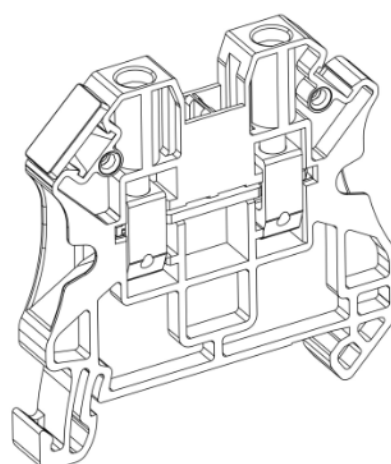


Рисунок 46 – установленная маркировка УМК

- Для установки маркировочной полосы ПМК вдавите ее в отмеченные пазы клемм (рис. 47, «А»; рис. 48).

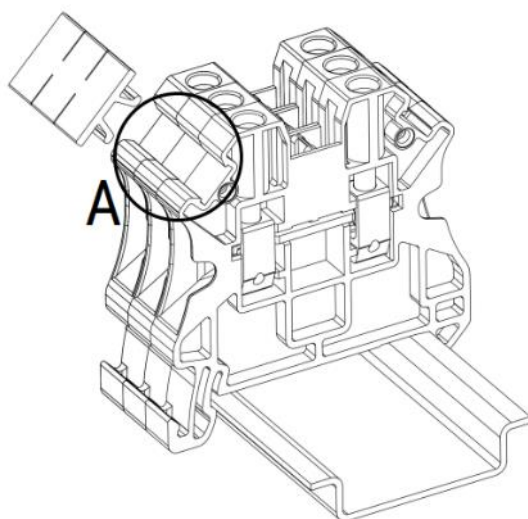


Рисунок 47 – установка маркировочной полосы ПМК

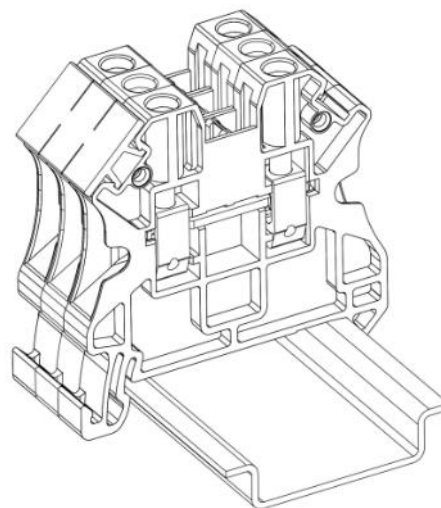


Рисунок 48 – установленная маркировочная полоса ПМК

Рис.41.Пример установки маркировочных полосок в пазы винтовых клемм

В случае использования самодельных маркировок применительно к взрывозащищенным коробкам следует учитывать требования раздела 7 ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология» по теплостойкости, светостойкости, образования статического электричества и емкости металлических частей (винтов, табличек) относительно земли. В частности для уровня взрывозащиты Gb и группы газов IIС площадь диэлектрической (пластмассовой) таблички не должна превышать 2000 мм.кв, , а емкость металлической таблички или винта на диэлектрической поверхности (пластмассовой) коробки должна быть не более 3 пФ.

Что касается нанесения конкретных буквенно-цифровых обозначений, цвета клемм и проводов в коробке, требуемых п.7.8.3.7 и Приложения L ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1:2004) «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1 Общие правила» в РФ сейчас действует ГОСТ 33542–2015 (IEC 60445:2010) «Основополагающие

принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация выводов электрооборудования, концов проводников и проводников» согласно которому, например, питающие провода в системе TN-S-C должны обозначаться как L1, L2, L3, N и PE, а соответствующие им клеммы в коробке U, V, W, N и PE.

ГОСТ 33542—2015

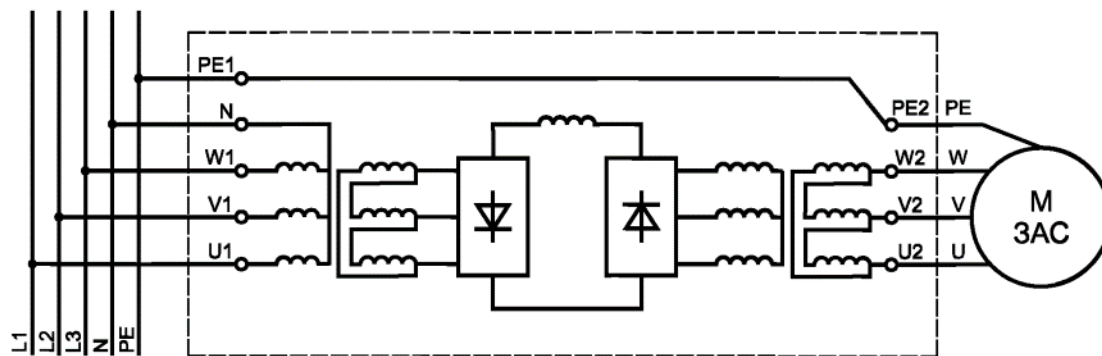


Рисунок 6 — Взаимные соединения выводов электрооборудования и проводников конкретных типов

Рис.42. Пример буквенной маркировки проводников и клемм в электрооборудовании

Приложение А
(справочное)

**Цвета, буквенно-цифровые обозначения и графические обозначения,
применяемые для идентификации проводников и выводов электрооборудования**

Таблица А.1 — Цвета, буквенно-цифровые обозначения и графические обозначения, применяемые для идентификации проводников и выводов электрооборудования

Проводники и выводы электрооборудования конкретных типов	Идентификация проводников и выводов электрооборудования посредством			
	Буквенно-цифровых обозначений ^а		Цветов	Графических обозначений ^б
	Проводники	Выводы		
Электрическая цепь переменного тока	AC	AC	—	~
Фазный проводник однофазной цепи	L	—	Коричневый  BR	~
Фазный проводник 1 трехфазной цепи	L1	U	Коричневый  BR ^d	~
Фазный проводник 2 трехфазной цепи	L2 ^c	V	Черный  BK ^d	~
Фазный проводник 3 трехфазной цепи	L3 ^c	W	Серый  GR ^d	~
Заземленный фазный проводник однофазной цепи	LE	—	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Заземленный фазный проводник 1, 2, 3 трехфазной цепи	LE1, LE2, LE3	—		
Нейтральный проводник	N	N	Синий  BU ^e	Рекомендации отсутствуют
Электрическая цепь постоянного тока	DC	DC	—	---
Положительный полюсный проводник	L+	+	Коричневый  BR	+
Отрицательный полюсный проводник	L-	—	Серый  GR	—
Заземленный положительный полюсный проводник	LE+	—	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Заземленный отрицательный полюсный проводник	LE-	—		
Средний проводник	M	M	Синий  BU ^e	Рекомендации отсутствуют

Окончание таблицы А.1

Проводники и выводы электрооборудования конкретных типов	Идентификация проводников и выводов электрооборудования посредством			
	Буквенно-цифровых обозначений ^a		Цвета	Графических обозначений ^b
	Проводники	Выводы		
Защитные проводники и проводники, выполняющие функции защитных проводников				
Защитный проводник	PE	PE	Желто-зеленый GNYE	
PEL-проводник	PEL	PEL	Желто-зеленый GNYE ^f Синий BU ^f	Рекомендации отсутствуют
PEM-проводник	PEM	PEM		
PEN-проводник	PEN	PEN		
Защитный проводник уравнивания потенциалов ^g	PB	PB	Желто-зеленый GNYE	
- заземленный	PBE	PBE		Рекомендации отсутствуют
- незаземленный	PBU	PBU		
Функциональные проводники				
Функциональный заземляющий проводник ^h	FE	FE	Рекомендации отсутствуют	
Функциональный проводник уравнивания потенциалов	FB	FB		

^a См. раздел 7.

^b Показанные графические знаки соответствуют следующим обозначениям в IEC 60417:

	IEC 60417-5032		IEC 60417-5019;
	IEC 60417-5031		IEC 60417-5018;
	IEC 60417-5005		IEC 60417-5020;
	IEC 60417-5008		IEC 60417-5021.

^c Требуется только в электрических системах, имеющих более одной фазы.

^d Ни фазировка, ни направление вращения не подразумеваются данными цветами.

^e См. 6.2.2.

^f См. 6.3.3—6.3.5.

^g Защитный проводник уравнивания потенциалов в большинстве случаев представляет собой заземленный защитный проводник уравнивания потенциалов. Его необязательно идентифицировать обозначением «PBE». Однако в тех случаях, когда одновременно применяют заземленные и незаземленные защитные проводники уравнивания потенциалов (например, в электрических установках медицинских учреждений), их следует идентифицировать обозначениями «PBE» и «PBU».

^h Обозначение «FE» и графическое обозначение 5018 из IEC 60417 запрещено применять для идентификации проводников или выводов электрооборудования, имеющих защитную функцию. Двухцветную желто-зеленую изоляцию запрещено использовать для проводников, не имеющих защитной функции (то есть для иных проводников, чем PE, PEN, PEL, PEM, PB, PBE, PBU). См. раздел 5.

Примечание — Коды цветов: BK, BR, BU, GNYE, GR указаны согласно IEC 60757.

Рис.43. Выписка из ГОСТ 33542–2015 (IEC 60445:2010)

Для справки. В июле 2021 г. на сайте Международной электротехнической комиссии опубликован новый стандарт МЭК 60445:2021 (IEC 60445:2021) «Основополагающие принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация выводов оборудования, концов проводников и

проводников». В котором по сравнению с седьмым изданием МЭК 60445:2017 положения о цветах для идентификации определённых проводников стали требованиями, а не только рекомендациями, добавлен новый подраздел о маркировке защитных клемм для множественных входов питания на оборудовании

Designated conductors/terminals		Identification of conductors/terminals by					
		Alphanumeric notations ^a		Colours		Graphical symbols ^b	
		Conductors	Terminals				
AC conductors		AC	AC	-			
	Line 1	L1	U		BK ^d or		
	Line 2	L2 ^c	V		BN ^d or		
	Line 3	L3 ^c	W		GY ^d		
	Mid-point conductor	M	M		BU ^e	No recommendation	
	Neutral conductor	N	N				
DC conductors		DC	DC	-			
	Positive	L+	+		RD		
	Negative	L-	-		WH		
	Mid-point conductor	M	M		BU ^e	No recommendation	
	Neutral conductor	N	N				
Protective conductor		PE	PE		GNYE		
	PEN conductor	PEN	PEN		GNYE ^f	No recommendation	
	PEL conductor	PEL	PEL				BU ^f
	PEM conductor	PEM	PEM				
Protective bonding conductor		PB	PB		GNYE		
	– earthed	PBE	PBE			No recommendation	
	– unearthed	PBU	PBU				
Functional earthing conductor ^g		FE	FE		PK		
Functional bonding conductor		FB	FB	No recommendation			
System-referencing-conductor		SRC	SRC	No recommendation		No recommendation	

Рис.44. Выписка из МЭК 60445:2021 (IEC 60445:2021)

Про разделительные пластины.

Разделительные пластины выполняют две функции: визуально разделяют клеммный блок на несколько групп одно функциональных клемм (см. рис. 11), что снижает ошибки при монтаже, и обеспечивают разделение клемм с разными потенциалами с целью увеличить требуемые электрические зазоры и пути утечки по п.4.3 и 4.4 ГОСТ 31610.7.

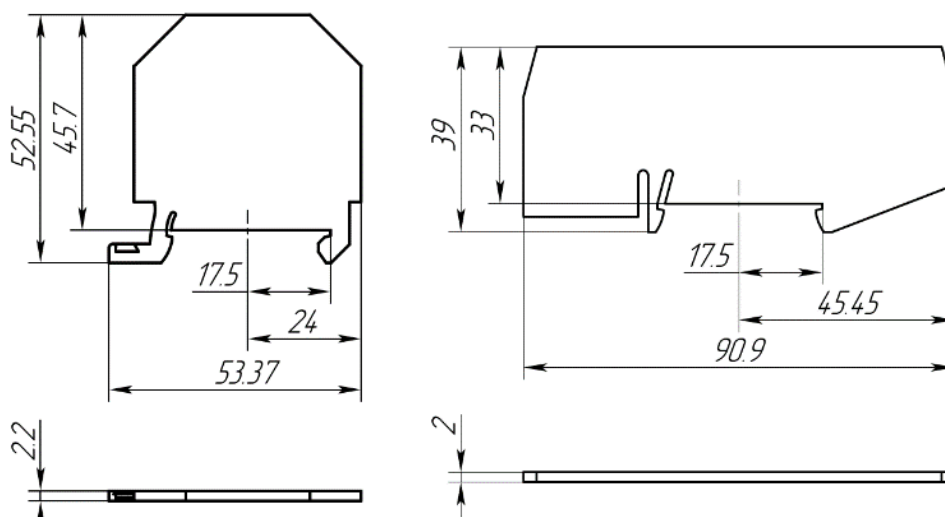


Рис.45. Пример габаритных размеров разделительных пластин Р-КНВ-2.5-10 (для винтовых клемм) и Р-КНЗ-4-4 (для пружинных клемм).

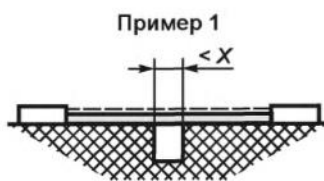
Принцип работы разделительной пластины, как «удлинителя» воздушного зазора и пути утечки поясняется Примером №4 из ГОСТ 31610.7, если разделительная пластина больше чем клемма.



Условие: рассматриваемый отрезок имеет форму выступа.
Правило: электрическим зазором является кратчайшее расстояние через вершину выступа по воздуху. Путь утечки повторяет контуры выступа.

----- 1 — зазор ———— 2 — путь утечки

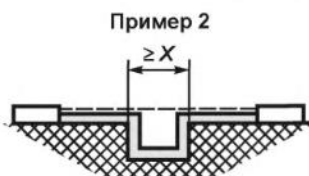
и Примерами №1 и №2, если разделительная пластина меньше клеммы, где $X=2.5$ мм для уровня взрывозащиты еб (разделительных пластин для больших клемм пока не выпускают)



Условие: данный отрезок содержит паз с параллельными или сходящимися краями любой глубины и шириной менее X мм.

Правило: путь утечки и электрические зазоры измеряют непосредственно поперек паза, как показано на рисунке.

----- 1 — зазор ———— 2 — путь утечки



Условие: данный отрезок содержит паз с параллельными краями глубиной d , равной или более X мм.

Правило: электрический зазор находится по «линии визирования». Путь утечки повторяет контуры паза.

----- 1 — зазор ———— 2 — путь утечки

В РФ принят очередной межгосударственный стандарт ГОСТ 29322-2014 «НАПРЯЖЕНИЯ СТАНДАРТНЫЕ» согласно которому установлены номинальные

значения переменного тока в вольтах 230/400 и 400/690 (фаза-ноль и фаза-фаза), которые и необходимо использовать как исходные данные для расчета зазоров и утечек по Таблице 2 ГОСТ 31610.7 при формировании конкретного сборного клеммного блока на ДИН-рейке в Ехе коробке для распределения энергии по системам TN-S, TN-S-C.

Как и клеммы разделительные пластины изготавливаются из полиамида ПА 66, который имеет сравнительный индекс трекинговости (СИТ) более 600 т.е. соответствует первой группе материалов по Таблице 1 ГОСТ 31610.7 (п. 1.5.4 и 1.5.5 ТУ 27.33.13-001-02374271-2022 «Клеммы электротехнические КНВ и КНЗ ») и тогда для напряжений 230 В (смежные клеммы L - N, PE) и 400 В (смежные клеммы L1-L2-L3) необходимо обеспечить электрические зазоры для уровня взрывозащиты eB не менее 4 и 6 мм соответственно, а пути утечки 5 и 8 мм.

Для справки. Трекинговость (анг. tracking resistance, следить за устойчивостью и сопротивляемостью электрического разрушения диэлектрика). Трекинг - процесс образования токопроводящих мостиков в результате действия электрических разрядов на загрязнённую поверхность электроизоляционного материала. Суть трекинга - в перемещении по поверхности диэлектрика «плавающих» разрядов, вызывающих образование искр. Искрение на поверхности сопровождается разрывом покрывающей ее пленки (влаги, загрязнения) и разрушением полимера.

Испытания и определение сравнительного индекса трекинговости проводятся по ГОСТ 27473-87 посредством подачи капель загрязняющего раствора на поверхность диэлектрика, находящегося под напряжением, до его пробоя.

- При необходимости, для удобства и экономии места, отломите от разделительной пластины ненужные части (рис. 7; рис. 8).

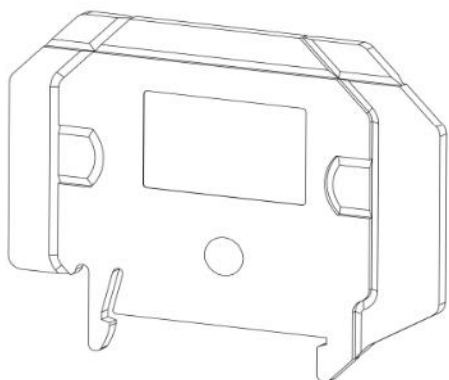


Рисунок 7 – целая разделительная пластина

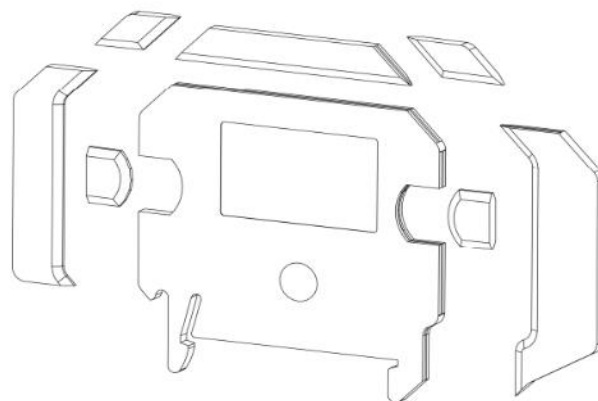


Рисунок 8 – разделительная пластина с отломленными частями

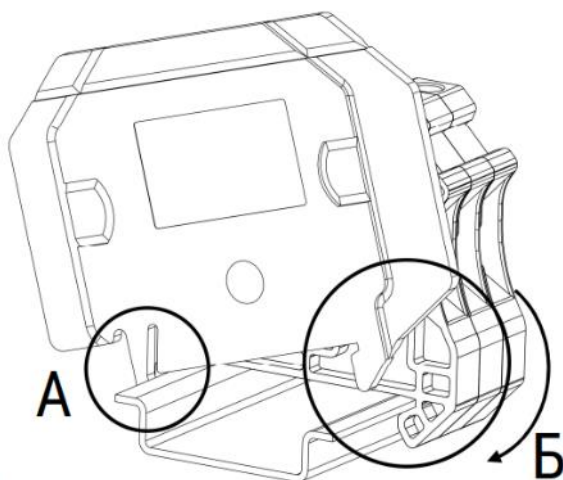


Рисунок 9 – установка разделительной пластины

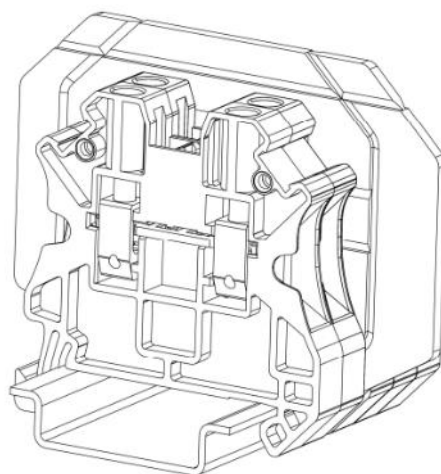


Рисунок 10 – разделительная пластина на монтажной рейке

Разделительные пластины



Артикул	Наименование
10000160	P-КНЗ 4-2
10000161	P-КНЗ 6-2
10000162	P-КНЗ 4-3
10000063	P-КНЗ 4-2-Ч
10000064	P-КНЗ 4-3-Ч
10000163	P-КНЗ 4-4
10000065	P-КНЗ 4-4-Ч
10100034	P-КНЗ 4-2У
10000066	P-КНЗ 4-2У-Ч
11000109	P-КНВ-У
10000067	P-КНВ-У-Ч

Рис.46. Разделительные пластины для клемм СТЭЗ.

У Провенто разделительные пластины по каталогу существуют только для клемм с сечением менее 16 мм².

О наконечниках для многопроволочных жил кабелей

Оголённая жила провода длиной А должна полностью входить в гнездо клеммы, в противном случае производитель Ехе клемм не гарантирует соответствие воздушных зазоров и путей утечек для клемм и их рабочих напряжений. Кроме того, п.4.2.1 и 4.2.2.4 ГОСТ 31610.7 требуют формировать для многожильных проводов твердую форму, которая должна оставаться неизменной в процессе эксплуатации коробки, для исключения ослабления ее контактного давления в клемме и нарушения путей утечек и воздушных зазоров.

з) при использовании многожильных проводников иметь средства защиты проводников и равномерного распределения контактного давления. Метод приложения контактного давления должен позволять при монтаже формировать твердую форму многожильного кабеля, которая должна оставаться неизменной в процессе эксплуатации. В качестве альтернативы метод приложения контактного давления должен позволять использование любого расположения жил кабеля в процессе эксплуатации:

4.2.2.4 Соединения, предназначенные для применения с кабельными наконечниками и подобными устройствами

Такие соединения должны быть зафиксированы в их монтажной арматуре.

Соединительные зажимы должны соответствовать требованиям 4.2.2.1.

Должны быть проведены испытания изоляционного материала контактных зажимов с уровнем взрывозащиты «еВ» согласно 6.10.

Должны быть приняты меры по предотвращению вращения или смещения кабеля или провода, которые могут привести к ослаблению или нарушению путей утечек или электрических зазоров. В ином случае *после Ех-маркировки* должен быть указан знак «Х» согласно требованиям к маркировке ГОСТ 31610.0, и специальные условия применения, указанные в сертификате, должны включать подробную информацию о мерах по предотвращению нарушения путей утечек или электрических зазоров и мерах по предотвращению ослабления соединений. При наличии достаточного места на поверхности или внутри соединительного отделения вместо знака «Х» допускается разместить предупредительную надпись согласно ГОСТ 31610.0.

Примечание — Провода с сечением более 35 мм² могут обладать достаточной жесткостью для предотвращения нарушения путей утечек или электрических зазоров.

4.1 Подготовка проводника:

- Снимите изоляцию с проводника на рекомендованную длину (А).



Рисунок 1 – одножильный проводник

- Многожильные проводники рекомендуется использовать с кабельными наконечниками.



Рисунок 2 – проводник с кабельным наконечником

Рис.47. Подготовка жилы кабеля перед установкой ее в гнездо клеммы.

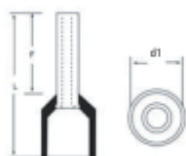
Одним из способов формирования твердой формы многожильного провода является обжим его кабельными штыревыми втулочными изолируемыми наконечниками типа НШВИ https://kvt.su/prod/end-sleeves/nshvi_euro/, которые желательно сразу заказать производителю Ехе коробки или производителю Ехе клемм



Рис.48. Внешний вид наконечников марки НШВИ.

Наконечники кабельные

НШВИ Наконечник штыревой втулочный изолированный



Артикул	Наименование	F	L	Сечение мм²	Цвет
15300106	НШВИ 0,25-8-Г	8	12	0,25	Голубой
15300111	НШВИ 0,34-8-БР	8	12	0,34	Бирюзовый
15300010	НШВИ 0,5-6-Б	6	12	0,5	Белый
15300012	НШВИ 0,5-8-Б	8	14	0,5	Белый
15300014	НШВИ 0,5-10-Б	10	16	0,5	Белый
15300016	НШВИ 0,5-12-Б	12	18	0,5	Белый
15300017	НШВИ 0,75-6-СЕР	6	12,3	0,75	Серый
15300019	НШВИ 0,75-8-СЕР	8	14,3	0,75	Серый
15300022	НШВИ 0,75-10-СЕР	10	16,3	0,75	Серый
15300023	НШВИ 0,75-12-СЕР	12	18,3	0,75	Серый
15300107	НШВИ 0,75-18-СЕР	18	24,3	0,75	Серый
15300026	НШВИ 1-8-К	8	14,3	1,0	Красный
15300028	НШВИ 1-10-К	10	16,3	1,0	Красный
15300029	НШВИ 1-12-К	12	18,3	1,0	Красный
15300031	НШВИ 1,5-8-Ч	8	14,3	1,5	Черный
15300033	НШВИ 1,5-10-Ч	10	16,3	1,5	Черный
15300034	НШВИ 1,5-12-Ч	12	18,3	1,5	Черный
15300110	НШВИ 1,5-15-Ч	15	21,3	1,5	Черный
15300036	НШВИ 1,5-18-Ч	18	24,3	1,5	Черный
15300037	НШВИ 2,5-8-С	8	15,4	2,5	Синий
15300039	НШВИ 2,5-10-С	10	17,4	2,5	Синий
15300040	НШВИ 2,5-12-С	12	19,4	2,5	Синий
15300042	НШВИ 2,5-18-С	18	25,4	2,5	Синий
15300044	НШВИ 4-10-СЕР	10	17,4	4	Серый
15300046	НШВИ 4-12-СЕР	12	19,4	4	Серый
15300049	НШВИ 4-18-СЕР	18	25,4	4	Серый
15300050	НШВИ 6-12-Ж	12	20,5	6	Желтый
15300054	НШВИ 6-18-Ж	18	26,5	6	Желтый
15300056	НШВИ 10-12-К	12	20,8	10	Красный
15300059	НШВИ 10-18-К	18	26,8	10	Красный
15300061	НШВИ 16-12-С	12	22	16	Синий
15300064	НШВИ 16-18-С	18	28	16	Синий
15300067	НШВИ 25-16-Ж	16	28	25	Желтый
15300073	НШВИ 35-16-К	16	30	35	Красный
15300077	НШВИ 50-20-С	20	36	50	Синий

Рис.49. Страница каталога СТЭЗ о номенклатуре поставляемых с Ехе клеммами наконечниками НШВИ

2 Механическая часть проекта.

Итак, клеммный блок Ехе коробки, включая все его аксессуары, спроектирован и теперь его надо грамотно разместить в сертифицированном Ехе корпусе и оснастить кабельными вводами, под конкретные марки кабелей и способов их прокладки на объекте эксплуатации (в трубе, металлорукаве).

Про материал Ехе корпусов и их покрытий.

ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» своим разделом 4.10 требует, чтобы степень защиты Ехе коробок от пыли и воды была, не менее IP54, но позволяет снижать ее до IP24, если в коробке выполнены вентиляционные и дренажные отверстия. Остальные тех. требования к корпусам Ехе коробок должны соответствовать ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология», а именно: ударостойкость не менее 7 Дж (боек 1 кг падает на корпус с высоты 700 мм), отсутствие накопления зарядов статического электричества (поверхностное сопротивление корпуса менее 10^9 Ом), не образовывать искру при соударениях (в составе материала Ехе корпуса должно быть в сумме менее 7,5 % магния, титана, циркония) Корпуса как Ех-компонент, соответствующие этим требованиям и имеющие сертификат соответствия ТР ТС 012/2011 с маркировками взрывозащиты Ех еb 11С Gb U/Ех tb 111С Db U, изготавливают из полиэстера с добавлением графита или сажи, алюминия и стали как малоуглеродистой, так и нержавеющей.

Данные материалы имеют разные характеристики: удельный вес, теплопроводность и теплоемкость, химическую устойчивость к разным агрессивным средам.

Таблица 1. Некоторые характеристики материалов Ех корпусов

Материал корпуса Ехе коробки	Полиэстер	Алюминий	Сталь низкоуглеродистая	Нержавеющая сталь
Плотность, кг/дм. ³	1.03-1.06	2.6-2.7	7.7-7.9	7.7-7.9
Теплопроводность Вт/м х С	0.13-0.22	200-240	47-54	12-22
Теплоемкость Дж/кг х С	1300-2300	840	450-500	460-520

Корпуса из полиэстера и алюминия изготавливаются методом литья под давлением и для сохранения небольших литейных уклонов (6-7 гр.) они имеют небольшую высоту, что обусловлено приемлемым извлечением горячей заготовки из пресс формы. Высота данных корпусов «ходовых» типоразмеров и складских позиций (до 260 х 160 и 330 х 230 мм) составляет 90-120 мм, что ограничивает применение в них пружинных клемм с вертикальным вводом жилы, особенно для «толстых» жил кабеля с большими радиусами допустимого изгиба. Необходимо отметить, что с увеличением размеров таких корпусов их стоимость увеличивается не пропорционально их объему и на практике известны способы соединения двух и более мелких корпусов между собой герметичными фитингами с целью получения «большого» корпуса (блока корпусов).

Корпуса из сталей изготавливаются методами гибки листа и их глубины величиной 120-200 мм не предел, даже при низкой (0.5-1 гр) конусности сторон корпуса.

Корпуса из алюминия и малоуглеродистой стали окрашиваются с целью повышения их коррозионной стойкости, обычно порошковой краской с последующим ее запеканием в печи. После такой технологии краска становится диэлектрической с поверхностным сопротивлением свыше 10^9 Ом и может стать источником накопления зарядов

статического электричества. ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология» своим пунктом 7.4.2 требует для уровня взрывозащиты Gb при использовании коробки во газовых средах (группа 1 и 2) ограничить толщину слоя краски, **нанесённой на заземляемую при эксплуатации поверхность**, величиной до 0,2 мм, и/или гарантировать ее напряжение пробоя менее 4 кВ постоянного тока. Также для коробок с прозрачным диэлектрическим окном перечисление «е» п.7.4.2 стандарта требует в маркировке взрывозащиты коробки добавлять знак «X», указывающий на особые условия ее эксплуатации, например, «Предупреждение. Протирать только влажной тканью».

Если планируется использовать коробку в пылевых средах (группа 3) для уровня взрывозащиты Db, то п.7.4.3 требует или обеспечить напряжение пробоя менее 4 кВ, или увеличить (а не уменьшить) толщину неметаллического покрытия свыше 8 мм в целях исключения скользящих кистевых разрядов, которые образуются при воздушном перемещении пыли и порошков, т.к. заряды статического электричества для пылевых сред при отсутствии горючих газов не актуальны. Более подробно см. ГОСТ 31610.32-1-2015 «Электростатика. Опасные проявления. Руководство.»

Настоящий стандарт следует применять в качестве дополнения и методического пособия к действующим стандартам по обеспечению пожарной безопасности, взрывобезопасности и электростатической искробезопасности, включая ГОСТ 12.1.018—93 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования», ГОСТ 31613—2012 «Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний».

Стандарт ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология» настоятельно рекомендует использовать в конструкции Ехе корпуса одновременно несколько способов защиты от таких разрядов. «Слабым звеном», с точки зрения надежного заземления в Ехе коробке, является съемная крышка, скрепленная с корпусом через диэлектрический эластичный уплотнитель металлическими винтами. Для повышения надежности заземления крышки некоторые производители Ехе корпусов предусматривают на крышке и корпусе коробки дополнительные резьбовые отверстия для их электрического соединения гибким изолированным проводом (обычно это опция при заказе Ехе коробок называется «Заземление крышки»), которую необходимо предусмотрительно заказать..

с) ограничением толщины слоя неметаллического материала, соединенного с проводящей или рассеивающей поверхностью, подключенной к земле с сопротивлением менее 1 ГОм. Рассеивающими поверхностями в настоящем стандарте считают поверхности, соответствующие требованиям перечисления а) 7.4.2. Значения толщины слоя неметаллического материала не должны превышать значений, указанных в таблице 9, или значение напряжения пробоя (измеренное поперек толщины изоляционного материала в соответствии с методом, описанным в [17] с учетом дополнительных требований к проведению испытаний постоянным током см. [18]) должно быть не более или равно 4 кВ постоянного тока.

Примечание — Окрашенная оболочка, отвечающая только требованиям перечисления с) 7.4.2 и таблицы 9, не будет соответствовать требованиям перечисления с) 7.4.3.





Рис. 50 Пример заземления крышки коробки гибким проводом.

Часто заказчики просят снабдить Ехе коробку табличкой (шильдом) на которой указываются принадлежность коробки к той или иной части объекта ее будущей эксплуатации. При таком исполнении Ехе коробок следует учитывать требования раздела 7 ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология» по теплостойкости, светостойкости, образования статического электричества и емкости металлических частей (винтов, табличек) относительно земли. В частности его раздел 7.5 требует для уровня взрывозащиты Gb и группы газов IIS ограничить площадь диэлектрической (пластмассовой) таблички величиной 2000 мм², а емкость металлической таблички и винтов ее крепления относительно диэлектрической поверхности (пластмассовой, окрашенной) коробки должна быть не более 3 пФ.

Про рассеиваемую мощность Ехе корпусов.

Клеммы и жилы кабеля, находящиеся внутри Ехе коробки, имеют конкретные сопротивления $R_{кл.}$ и $R_{жил.}$. При протекании через них тока I выделяется мощность $P_{выд.} = I^2 \times (\sum R_{кл.i} + \sum R_{жил.i})$, которая превращается в тепло, разогревающее корпус коробки. Если не отводить это тепло в окружающую среду, то температура корпуса и его внутренних элементов может превысить температуру самовоспламенения, окружающей его взрывоопасной смеси. Отвод тепла производится через корпус коробки, который согласно п. 5.7, п. 6.8 и Приложения Е ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» характеризуется «допустимым пределом максимальной мощности рассеивания» ($P_{рас.}$) и который согласно перечисления д) п.9.1 ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» производитель Ехе корпуса и коробки должен дополнительно указать в его маркировке взрывозащиты. Методика его экспериментального определения приведена в Приложении Е ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» и п. 26.1 ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология», когда на размещенный в корпусе с проводниками клеммный блок подают различные по величине токи постепенно увеличивая выделяемую ими мощность, при этом одновременно измеряется температуры внутри и снаружи корпуса коробки. При достижении определенных температур поверхности корпуса, обычно соответствующие

температурным классам взрывозащиты (Т6, Т5 и т.д.) в маркировке коробки, фиксируют мощность, подаваемую на клеммы и проводники Р выд., которую и принимают за допустимый предел максимальной рассеиваемой мощности корпуса ($P_{\text{выд}}=P_{\text{рас}}$). Р рас. зависит от разницы температур окружающей среды и среды внутри коробки, размеров корпуса и коэффициента его теплопроводности. (Эс Антти. Причины температурного перегрева электронных компонентов и пути инженерных решений., журнал «Современная электроника», №2/2023 с. <https://www.cta.ru/articles/soel/2023/2023-2/166715/>)

Для справки. 1 Аналогичная методика определения рассеиваемой мощности корпусов и коробок бытового и аналогичного назначения в которых размещаются коммутационные устройства с напряжением до 400 В и токами до 125 А приведена в ГОСТ ИЕС 60670-24-2013 «КОРОБКИ И КОРПУСЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ В СТАЦИОНАРНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ БЫТОВОГО И АНАЛОГИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. Часть 24. Дополнительные требования к корпусам для обшивки защитных устройств и другого электрооборудования с рассеиваемой мощностью». Только за критерий достижения максимальной рассеиваемой мощности корпуса взята температура нагревательного элемента внутри корпуса (резистора), когда он нагреется до 200°C

Как следует из Таблицы 1 наилучший теплоотвод при одинаковых размерах обеспечит корпус из алюминия, а самый большой коэффициент теплопроводности величиной $2000 \text{ Вт/м} \times \text{C}^0$ имеет алмаз, но тогда Ехе коробка будет «бриллиантовой». Далеко не факт, что выбранный Ехе корпус из полиэстера только по критерию геометрического размещения в нем спроектированного Вами клеммного блока, обеспечит требуемый отвод Р выд. для конкретного температурного класса коробки, например, Т5 (разогрев корпуса и элементов внутри него не более 100°C) при максимальной температуре окружающей среды. Задача конструктора рассчитать Р выд. и сравнить ее с Р рас. корпуса, для чего необходимо знать $R_{\text{кл.}}$ и Р рас., которые отечественные производители Ехе клемм и Ех корпусов не приводят в своих рекламных материалах. Имеются некоторые особенности расчета Р выд. требуемые п.6.8 и Приложением Е ГОСТ 31610.7-2017 (ИЕС 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» состоящие в том, что для расчета длины жилы кабеля между кабельным вводом и одним гнездом клеммы берется половина пространственной диагонали коробки в предположении неизвестности действий электромонтажника при монтаже жил на клеммы. Например, для размера коробки $100 \times 100 \times 80 \text{ мм}$ ее трехмерная диагональ будет 162 мм т.е. длина жилы кабеля между одним гнездом клеммы и кабельным вводом составит для расчета по стандарту 81 мм. Сопротивление жилы кабеля берется при температуре 20°C , что можно взять из ГОСТ 22483-2012 «Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров», например, для медных луженых жил, сечением $2,5 \text{ мм}^2$ удельное сопротивление жилы ($r_{\text{ж}}$) равно $7,56 \text{ Ом/км}$, что для 2-х отрезков по 81 мм $R_{\text{жил.и}}$ составит $2 \times 0,081 \times 7,56/1000 = 0,00122 \text{ Ом}$. Таким образом 2 отрезка жил длиной по 81 мм при токе 22 А выделяют мощность Р жил.и равную $22 \times 22 \times 0,00122 = 0,59 \text{ Вт}$. Сопротивление клеммы КНВ 2.5-2 (сечение многожильного провода до $2,5 \text{ мм}^2$, ток до 24 А) согласно ТУ составляет $0,41 \text{ мОм} = 0,00041 \text{ Ом}$, и она выделит мощность при токе 22 А равную $22 \times 22 \times 0,00041 = 0,2 \text{ Вт}$. Суммарная выделяемая мощность узла: клемма с двумя проводами составит $0,2 + 0,59 = 0,79 \text{ Вт}$ при расчете по методике ГОСТ 31610.7-2017 (ИЕС 60079-7:2015) «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»» т.е. основной вклад в разогрев коробки вносят жилы кабелей, на что и обращает внимание, данный стандарт своим Приложением Е. Но ГОСТ не догма и на «плохого» электромонтажника всегда есть «хороший» технолог, который даст ему схему с размерами разводки жил кабелей в коробке или запросит внутреннюю компоновку коробки в масштабе в одной из графических программ (Компас, Автокад) у ее производителя, например, типа такой

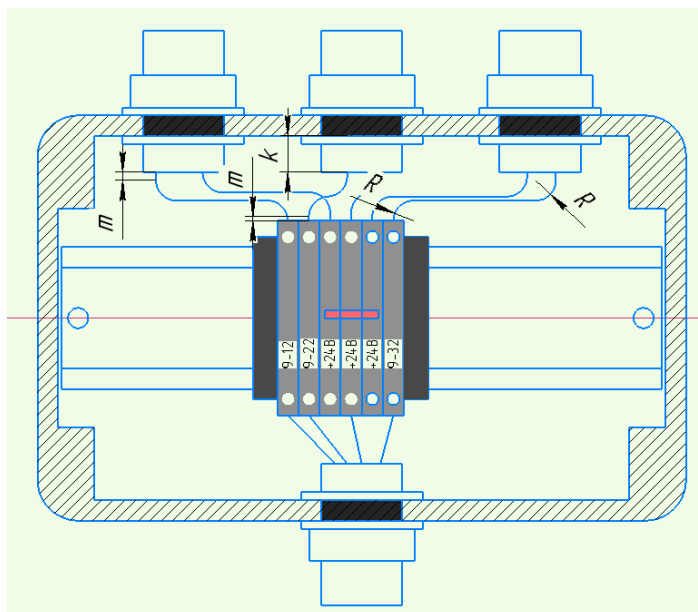


Рис.51 Пример схемы разводки жил конкретной коробки.

При длине пространственной диагонали коробки 172 мм, максимальная реальная длина жил для одной клеммы составила 90 мм, что составляет $90/172=0.52$ или 52%. от расчетной по стандарту. После определения суммарной мощности выделения всеми жилами кабелей и клеммами Рвйд ее надо сравнить с экспериментально определенной мощностью рассеивания конкретного корпуса $P_{рас.}$ (допустимым пределом максимальной мощности рассеивания). Ниже приведены таблицы $P_{рас.}$ корпусов, изготовленных из алюминия, полиэстера и нержавеющей стали фирм «Феникс механо» и ДКС <https://armex.dkc.ru/> по которым через суммарную внешнюю площадь корпуса используя метод линейной итерполяции можно сделать оценку $P_{рас.}$ типоразмера корпуса ,который отсутствует в данных таблицах, при разных температурах окружающей среды.

Из таблиц фирмы ДКС видно, что наибольшую рассеиваемую мощность обеспечивают корпуса из алюминия, затем из нержавеющей стали, а уже потом корпуса полиэстера. Например, для корпусов размером 260x160x90 мм из алюминия и полиэстера и близкого к ним по размерам корпуса из нержавеющей стали 250x150x90 мм рассеиваемые мощности при эксплуатации корпусов с температурой окружающей среды до +40 °C составят 29,55/9,72 /13,32 Вт (соотношения 1:0,33:0,45) при условии, что корпуса не разогреются выше температуры 80 °C и коробкам можно будет присвоить температурный класс Т6 в ее маркировке взрывозащиты. Если температура окружающей среды будет подниматься до 55°C и чтобы корпус не разогрелся выше 80 °C т.е. остался в температурном классе Т6, рассеиваемые мощности снизятся до 17.56/5.16/7.48 Вт (соотношения 1:0,3:0,43). Для температурного класса Т4 (корпус не разогреется выше 130 °C) и температуре окружающей среды до +40 °C рассеиваемые мощности этих коробок возрастут и составят 77.43/32,83/40,15 Вт (соотношения 1:0,42:0,52)

Примечание. Согласно п.5.1.1 ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология» нормальным температурным диапазоном взрывозащищенного оборудования является диапазон температур от -20 до +40 °C, который не требует дополнительных указаний в маркировке взрывозащиты коробки. Если температура в местах присоединения жил кабеля к клеммам превышает 80 °C, то п.16.6 этого стандарта требует в маркировке взрывозащиты коробки и тех.документации на нее указывать знак «X», указывающий на выбор изоляции жил кабеля соответствующей этой температуре (чтобы изоляция жил не расплавилась). Например, если коробка имеет температурный класс Т6, то в маркировке ее

взрывозащиты знак «X» отсутствует: 1Ex eb IIC T6 Gb , а если температурный класс коробки T5 или T4 , то знак «X» присутствует: 1Ex db IIC T5 Gb X и 1Ex eb IIC T4 Gb X

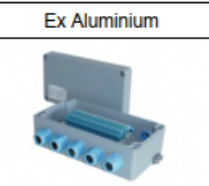


Таблица 2. Рассеиваемая мощность корпусов из алюминия фирмы Феникс механо

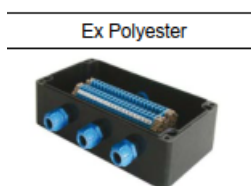
Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C
64x58x34	5	120x220x91	40	230x280x111	86
64x98x34	8	120x360x81	57	230x330x111	97
64x150x34	11	140x140x91	32	230x330x181	127
80x75x57	10	140x200x91	42	230x400x111	113
80x125x57	15	160x160x91	39	230x400x225	167
80x175x57	20	160x260x91	56	230x600x111	159
80x250x52	25	160x360x91	73	313x404x111	145
100x100x81	19	160x560x91	107	312x403x141	160
100x160x81	26	180x180x101	49	313x404x181	183
100x200x81	31	180x280x101	68	313x404x227	208
120x122x81	24	230x100x111	45	310x600x111	199
120x122x91	26	232x202x111	68	310x600x181	246
120x220x81	38	232x202x181	92	600x600x202	428

Рекомендуемые значения максимальной рассеиваемой мощности взрывозащищенных оболочек из коррозионностойкого алюминия

Фирма ДКС

Таблица 3. Рассеиваемая мощность корпусов из алюминия фирмы ДКС

Габариты			Рассеиваемая мощность, для температурных классов и температуры окружающей среды, Вт						
Н	W	D	T6 40 °C T5 55 °C	T6 55 °C T5 70 °C	T6 65 °C T5 80 °C	T6 50 °C T5 65 °C	T4 40 °C	T4 55 °C	T4 65 °C
80	75	57	5,91	3,49	2,01	4,27	15,70	12,48	10,47
125	80	57	8,57	5,07	2,93	6,20	22,70	18,07	15,16
175	80	57	11,02	6,53	3,78	7,98	29,07	23,15	19,45
250	80	52	13,93	8,27	4,79	10,10	36,52	29,14	24,51
100	100	80	10,11	5,98	3,45	7,31	26,83	21,34	17,9
160	100	80	13,99	8,29	4,79	10,13	36,95	29,42	24,71
120	120	80	13,19	7,81	4,51	9,55	34,95	27,81	23,34
220	120	80	20,13	11,95	6,92	14,59	52,92	42,19	35,47
120	120	90	13,92	8,24	4,76	10,07	36,88	29,34	24,63
220	120	90	21,07	12,51	7,24	15,27	55,39	44,16	37,12
140	140	90	17,43	10,32	5,96	12,62	46,10	36,70	30,81
200	140	90	22,22	13,18	7,62	16,10	58,49	46,62	39,18
160	160	90	21,24	12,58	7,27	15,38	56,09	44,67	37,51
260	160	90	29,55	17,56	10,17	21,43	77,43	61,79	51,97
360	160	90	36,70	21,86	12,69	26,66	95,47	76,33	64,29
180	180	100	26,38	15,64	9,04	19,11	69,55	55,41	46,55
280	180	100	35,39	21,04	12,19	25,68	92,60	73,92	62,19
230	200	110	35,04	20,80	12,04	25,40	92,04	73,40	61,71
280	230	110	44,64	26,54	15,38	32,39	116,81	93,25	78,46
330	230	110	49,58	29,51	17,12	36,01	129,27	103,29	86,96
400	230	110	55,90	33,33	19,36	40,64	145,01	116,03	97,78
400	310	110	71,81	42,82	24,87	52,21	186,29	149,06	125,61
600	310	110	90,65	54,30	31,64	66,11	232,13	186,40	157,48
230	200	180	43,44	25,79	14,93	31,49	114,10	90,99	76,5
330	230	180	59,71	35,54	20,62	43,36	155,68	124,40	104,74
400	310	180	84,11	50,16	29,13	61,15	218,21	174,60	147,14
600	310	180	104,30	62,49	36,41	76,07	267,11	214,48	181,2



Полиэстер Феникс механо

Таблица 4. Рассеиваемая мощность корпусов из полиэстера фирмы Феникс механо

Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C
75x80x56	5	75x230x56	11	250x255x121	42
75x80x75	6	75x230x75	13	250x255x161	49
75x110x56	6	120x122x91	12	250x400x121	59
75x110x75	7	120x220x91	19	250x400x161	68
75x160x56	8	160x160x91	18	250x600x121	82
75x160x75	9	160x260x91	26	360x360x91	64
75x190x56	9	160x360x91	34	405x400x121	86
75x190x75	11	160x560x91	50	405x400x201	109

Таблица 5. Рассеиваемая мощность корпусов из полиэстера фирмы ДКС.

Рекомендуемые значения максимальной рассеиваемой мощности взрывозащищенных оболочек из полиэстера, армированного стекловолокном

Габариты			Рассеиваемая мощность, для температурных классов и температур окружающей среды, Вт						
Н	W	D	T6 40 °C T5 55 °C	T6 55 °C T5 70 °C	T6 65 °C T5 80 °C	T6 50 °C T5 65 °C	T4 40 °C	T4 55 °C	T4 65 °C
80	75	56	1,99	1,04	0,55	1,33	6,86	5,12	4,09
110	75	56	2,49	1,31	0,69	1,67	8,55	6,39	5,11
120	120	90	4,69	2,47	1,30	3,15	16,10	12,03	9,63
220	120	90	6,98	3,70	1,95	4,70	23,68	17,74	14,22
160	160	90	7,11	3,75	1,97	4,78	24,29	18,16	14,54
260	160	90	9,72	5,16	2,73	6,56	32,83	24,62	19,75
360	160	90	11,88	6,35	3,38	8,05	39,64	29,81	23,97
250	250	120	15,12	8,03	4,25	10,20	51,11	38,32	30,74
400	250	120	19,79	10,60	5,66	13,43	65,68	49,44	39,79
400	400	120	29,52	15,82	8,44	20,03	97,99	73,76	59,37

Ex Stainless Steel IG



Нержавеющая сталь Феникс механо

Таблица 6. Рассеиваемая мощность корпусов из нержавеющей стали фирмы Феникс механо.

Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C	Размеры, (мм)	Мощность рассеивания (Вт) при самонагреве на 40 °C
100x100x61	6	300x150x81	22	400x150x81	28
150x100x61	8	300x200x81	27	400x200x121	42
150x150x81	12	300x200x121	33	400x300x161	63
200x100x61	10	300x300x121	43	500x300x161	76
200x200x81	19	300x300x161	50	500x400x161	92
200x200x121	24	380x380x161	71	600x200x121	59

Таблица 7. Рассеиваемая мощность корпусов из нержавеющей стали фирмы ДКС

Рекомендуемые значения максимальной рассеиваемой мощности взрывозащищенных оболочек из нержавеющей стали

Габариты, мм			Рассеиваемая мощность, для температурных классов и температур окружающей среды, Вт						
Н	W	D	T6 40 °C T5 55 °C	T6 55 °C T5 70 °C	T6 65 °C T5 80 °C	T6 50 °C T5 65 °C	T4 40 °C	T4 55 °C	T4 65 °C
Корпуса без фланцев									
160	120	90	8,31	4,64	2,56	5,79	25,29	19,42	15,88
240	120	90	10,92	6,12	3,39	7,63	32,94	25,35	20,76
250	150	90	13,32	7,48	4,15	9,31	40,15	30,92	25,32
300	200	90	18,93	10,65	5,92	13,25	56,74	43,75	35,87
370	250	90	26,04	14,7	8,19	18,27	77,45	59,83	49,12
370	370	90	36,72	20,73	11,55	25,76	109,23	84,37	69,28
300	200	160	23,4	13,17	7,32	16,39	70,15	54,09	44,35
370	250	160	31,3	17,67	9,85	21,96	93,11	71,92	59,05
370	370	160	43,1	24,33	13,56	30,24	128,2	99,02	81,31
510	370	160	50,92	28,93	16,2	35,88	149,27	115,72	95,28
750	370	160	60,81	34,89	19,68	43,11	174,25	135,85	112,33
750	370	200	64,93	37,25	21,02	46,03	186,05	145,05	119,94
370	370	230	49,47	27,93	15,56	34,71	147,16	113,67	93,34
510	370	230	57,68	32,78	18,36	40,64	169,09	131,08	107,93
750	370	230	68,02	39,02	22,02	48,22	194,9	151,95	125,65
370	370	280	54,03	30,5	17	37,91	160,71	124,14	101,93
510	370	280	62,51	35,52	19,89	44,04	183,24	142,05	116,96
750	370	280	73,17	41,98	23,68	51,87	209,66	163,46	135,16

Про габариты E_к корпусов в зависимости от радиусов изгиба жил кабелей.

Каждый провод имеет минимально допустимый радиус изгиба, при котором его производитель гарантирует допустимые в нем пластические деформации, сохранение поперечного сечения и прочность изоляции. При уменьшении данного радиуса провод на участке изгиба уменьшает свое поперечное сечение, что ведет к неконтролируемому разогреву этого участка и снижению его механической прочности и как следствие к увеличению вероятности превышения допустимой температуры коробки или возникновению искры в ней при обрыве провода в условиях вибраций.

Учет данного радиуса R вкупе с диаметрами d самой жилы кабеля и толщины s ее изоляции может привести к увеличению внутренних размеров E_к коробки, уже выбранных по критериям габаритной установки клеммного блока и требуемой рассеиваемой мощности корпуса, особенно в силовых E_к коробках с «толстыми» жилами кабелей.

А что требуют нормативы? В последней редакции ПУЭ (Правила устройства электроустановок. 6-е и 7-е издание. <https://en-res.ru/wp-content/uploads/2020/02/pue.pdf>) по состоянию на 01. 01.2026) требования к допустимому радиусу изгиба жилы кабеля R, изложены так: «п. 2.3.21. Радиусы **внутренней** кривой изгиба **жил кабелей** при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению **к приведенному диаметру(d) жил кратности (K)** не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие **марки кабелей**».

В тоже время п. 9.3.7. стандарта (ГОСТ IEC 60079-14-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок») требует минимальный радиус изгиба кабеля 8d, который должен начинаться на расстоянии не менее 25 мм от прямого участка (внешней части кабельного ввода коробки),

Примечания

1 Должны быть предусмотрены меры, предотвращающие повреждение оболочки или изоляционного материала кабелей, когда их прокладывают при температурах ниже минус 5 °С.

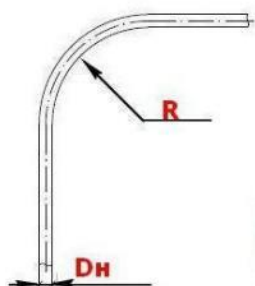
2 Если кабели прикреплены к оборудованию или кабельным лоткам, то для предотвращения повреждения кабеля радиус изгиба кабеля должен быть установлен согласно данным изготовителя или быть по крайней мере в 8 раз больше диаметра кабеля. Радиус изгиба кабеля должен начинаться, по крайней мере, в 25 мм от конца кабельного ввода.

32

а ГОСТ Р МЭК 62561 .2 – 2014 «КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам» своим пунктом 5.2.3 «Испытание на изгиб и адгезии покрытия с проводником», включая медный, требует минимальный радиус изгиба 5 диаметров проводника при угле изгиба 90 °, т.е. кратности K=5

В сети Интернет приводятся и такие данные о допустимом радиусе изгиба кабелей

Радиусы изгиба кабелей в зависимости от диаметра кабеля



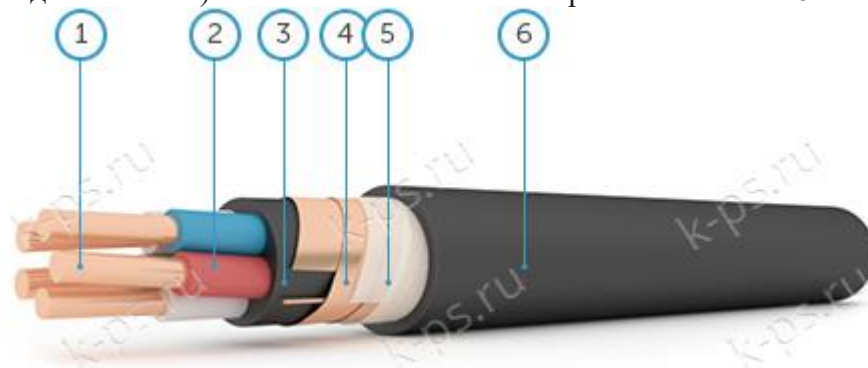
Тип кабелей	Группа кабелей	Минимальный радиус изгиба R, мм
Силовые	Кабели с пропитанной бумажной изоляцией и с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом: многожильные в свинцовой оболочке; одножильные в алюминиевой или свинцовой оболочке и многожильные в алюминиевой оболочке	15 Dн
		25 Dн
	Кабели с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке	15 Dн
	Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией: одножильные; многожильные	10 Dн
		7,5 Dн

R-радиус внутренней кривой изгиба кабеля;
Dн-наружный диаметр кабеля.

В рекламных материалах производителей кабелей приводятся только допустимые радиусы изгиба самого кабеля (D), но не его жилы (d). Например, силовые кабели с ПВХ изоляции марок ВВГ (небронированный) и ВББШв (бронированный) имеют кратность изгиба кабеля $K=10$, если их медная жила выполнена одно проволочной и $K=7,5$ если жила многопроволочная,



а силовой кабель марки КВВГЭ (с экраном из медных проволочек, скрепленных медной лентой) таких же сечений имеет кратность изгиба 6 D



В тоже время изолированная жила кабеля представляет собой обычный изолированный провод, на который производитель провода приводит минимально допустимые кратности изгиба, в частности, для медных одножильных проводов в ПВХ изоляции марок ПВ и ПуВ с сечениями от 0,5 до 90 мм.кв. минимально допустимый радиус изгиба составляет:

$R=10d$ –для жил 1, 2 и 3 класса гибкости по стандарту (ГОСТ 22483-2012 «Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров») и $R=5d$ –для жил 4, 5 и 6 класса гибкости

(Каталог кабелей завода Подольск кабель

https://podolskkabel.ru/res/content/docs/f1331_download_0_file.pdf?ysclid=mq9wp3r351366834480). Аналогичные радиусы изгиба приведены и в ведомственном документе «Ассоциация «Росэлектромонтаж», Инструкция по монтажу вспомогательных цепей № И 1.06-08 Москва 2008» <https://files.stroyinf.ru/Data1/53/53491/>

Для справки. Согласно стандарта (ГОСТ 26411-85 «Кабели контрольные. Общие технические условия» проверку кабеля на допустимый радиус изгиба проводят на охлажденном до минимальной температуры эксплуатации отрезке кабеля посредством 3-разового наматывания влево-вправо на цилиндр с последующим осмотром на трещины и контролем номинального сопротивления жилы, при этом диаметр цилиндра выбирается $20D$ для бронированных кабелей и $12D$ для небронированных.

Стр. 6 ГОСТ 26411—85

Таблица 4

Тип кабеля	Диаметр цилиндра
Бронированные Небронированные	$20D^*$ $12D^*$

* D — расчетный наружный диаметр кабеля, мм.

В тоже время этот стандарт требует другие радиусы изгиба при монтаже.

7.2. Радиус изгиба кабелей при прокладке и монтаже должен соответствовать указанному в табл. 9.

Таблица 9

Тип кабеля	Радиус изгиба, не менее
Бронированные Небронированные	$10D_n^*$ $6D_n^*$

* D_n — наружный диаметр кабеля.

Напомним, что сертифицированные в РФ Ехе клеммы допускают присоединения, жил кабелей сечениями до 35 мм^2 (СТЭЗ) и 95 мм^2 (Провенто), что соответствует диаметрам одно проволочных жил 6,7 и 11 мм и ширине клемм 63,2 и 91,5 мм соответственно. При кратности изгиба таких жил величиной даже $K=5$ радиус R изгиба жил на 90° составит 33, 5 и 55 мм ($R=5d$), а минимальная оценка внутренней ширины Ехе коробки L будет 130.2 и 201.5 мм и это только при однократном изгибе одной жилы и без учета длины прямых участков m жилы и ее толщины изоляции s , что далеко не всегда удастся осуществить. Это ведет к существенному увеличению габаритов и стоимости Ехе коробки.

На практике радиусы изгиба R жил кабеля и расстояние прямых участков жилы m уменьшают до какого-то «разумного» предела. Попробуем найти и обосновать этот предел по аналогии с другими технологическими процессами обработки меди.

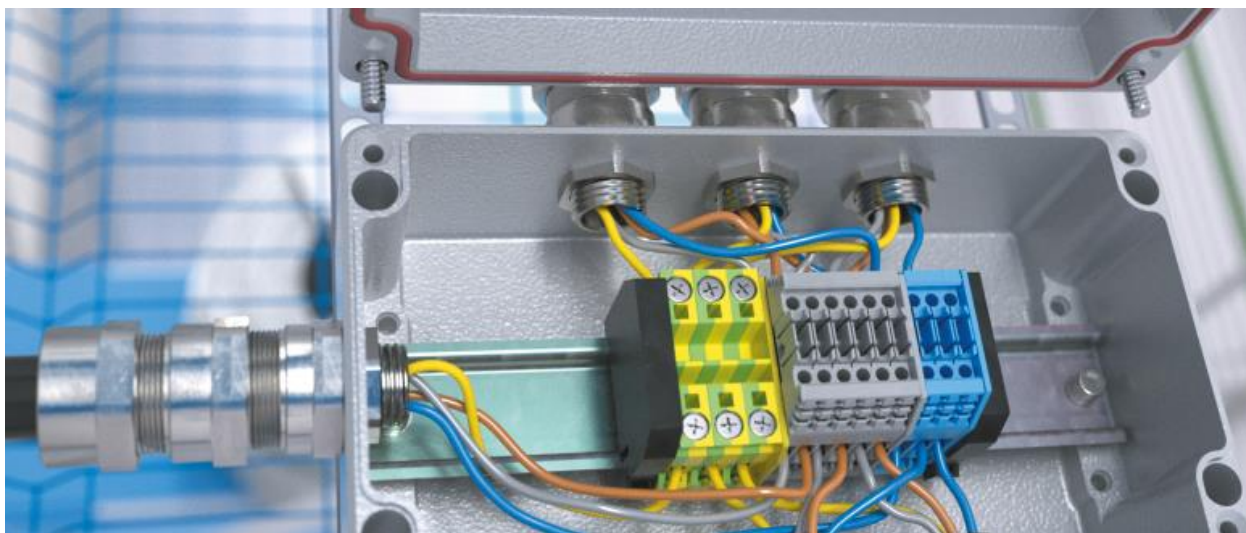


Рис. 52 Фото Ехе коробки из каталога фирмы ДКС с внутренним монтажом жил кабелей на клеммы со сторон А,Б, Г (видны размеры k и m и радиусы изгиба жил меньше $5d$). Аналогии:

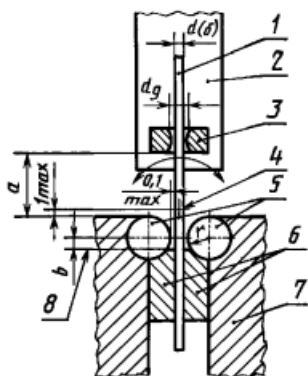
Для гладкой арматуры класса А240 (марка стали СтЗсп/пс) как наиболее пластичной из применяемых в строительстве, которая используется для изготовления хомутов, монтажных петель, нагелей и имеет относительное удлинение при разрыве не менее 25%, коэффициент кратности составляет $K = 2.5$ <https://pkp96.ru/articles/primenenie-metalloprokata/radius-izgiba-armatury-normy-tablitsy-praktika/>

Согласно ГОСТ 1579-93 «Проволока. Метод испытания на перегиб», закрепленная в тисках, проволока диаметрами $d = 0,3-10$ мм многократно перегибается влево-вправо на 90° через цилиндрические валики с радиусом $R = (2.5-3.125) d$ до появления растрескивания или разрушения.

Настоящий стандарт устанавливает требования к методу определения способности проволоки из металлов и сплавов различной формы поперечного сечения диаметром или характерным размером от 0,3 до 10,0 мм включительно подвергаться пластической деформации при перегибах.

2 Сущность метода

Испытание состоит в многократном перегибе на 90° от исходного положения в одну и другую сторону образца, закрепленного с одного конца в зажимах прибора, через цилиндрический валик заданного радиуса.



1 — испытуемый образец; 2 — изгибающий рычаг; 3 — поводок; 4 — ось вращения изгибающего рычага; 5 — цилиндрические валики; 6 — зажимные губки; 7 — тиски; 8 — ближайшая точка контакта с испытуемым образцом

Таблица 2

Номинальный диаметр проволоки $d(\delta)$	мм		Расстояние между верхней образующей валиков и нижней поверхностью отверстия поводка a	Диаметр отверстия поводка d_q
	Номинальный	Допускаемые отклонения		
От 0,3 до 0,5 включ.	1,25	$\pm 0,05$	15	1,0; 2,0
Св. 0,5 » 0,7 »	1,75	$\pm 0,05$	15	1,0; 2,0
» 0,7 » 1,0 »	2,5	$\pm 0,1$	15	1,5; 2,0
» 1,0 » 1,5 »	3,75	$\pm 0,1$	20	2,0
» 1,5 » 2,0 »	5	$\pm 0,1$	20	2,0; 2,5
» 2,0 » 3,0 »	7,5	$\pm 0,1$	25	2,5; 3,0; 3,5
» 3,0 » 4,0 »	10	$\pm 0,1$	35	3,5; 4,5
» 4,0 » 6,0 »	15	$\pm 0,1$	50	4,5; 6,0; 7,0
» 6,0 » 8,0 »	20	$\pm 0,1$	75	7,0; 8,0; 9,0
» 8,0 » 10,0 »	25	$\pm 0,1$	100	9,0; 10,0; 11,0

6.9 Испытание проводят до заданного числа перегибов или до появления растрескивания, видимого невооруженным глазом, или до полного разрушения образца в соответствии с требованиями конкретных стандартов или нормативно-технической документации на проволоку.

В частности, ГОСТ 3282-74 «Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия» своим пунктом 2.3. требует, что даже термически необработанная проволока (относительное удлинение менее 15%) диаметром 0.50—6.00 мм должна без разрушения выдерживать не менее четырех перегибов при испытаниях по методике ГОСТ 1579-93

В интернет ресурсе компании ЮМЕТ <https://youmet.ru/blog/raschet-razvertki-pri-gibke-listovogo-metalla/> приводятся такие сведения о минимальном радиусе изгиба R_{min} листа до которого металлическую заготовку удастся согнуть без риска образования критических дефектов, например, трещин или разломов:

Для тонколистовых заготовок толщиной до 0,6 см R_{min} составит 1—2 толщины.

Для средних толщин до 1,2 см минимальный радиусгиба должен превышать толщину листа в 1,5—3 раза.

Если лист толще 1,2 см, то R_{min} будет приближаться к 2—4 значениям толщины.

В блоге компании [INNER](https://inner.su/articles/tablitzy-minimalnykh-radiusov-gibki-metalla/#table-copper) рекомендуются минимальные радиусы изгиба листового материала толщиной s на станках с ЧПУ в диапазоне $R_{min} = (0.5 \div 3.0) \times S$, которые зависят от материала и его состояния, в том числе и из отожженной и твердой меди марки М1 <https://inner.su/articles/tablitzy-minimalnykh-radiusov-gibki-metalla/#table-copper> (Согласно п.4.1 ГОСТ 22483-2012 «Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров» жилы изготавливаются только из отожженной меди)

Таблица 8. Минимальные радиусы гибки листовой меди (мм) по данным компании [INNER](https://inner.su/articles/tablitzy-minimalnykh-radiusov-gibki-metalla/#table-copper) и расчет коэффициента кратностигиба на $90^\circ (K=R_{min}/s)$

Толщина листа s , мм	$R_{min.}$, мм. (K) Медь М1 Отожженная	$R_{min.}$, мм. (K) Медь М1 Твердая
0.5	0.1 ($K=0.2$)	1.0 ($K=2$)
0.8	0.2 ($K=0.25$)	1.6 ($K=2$)
1.0	0.2 ($K=0.2$)	2.0 ($K=2$)
1.2	0.2 ($K=0.167$)	2.4 ($K=2$)

1.5	0.3(K=0.2)	3.0(K=2)
2.0	0.4(K=0.2)	4.0(K=2)
2.5	0.5(K=0.2)	5.0(K=2)
3.0	0.6(K=0.2)	6.0(K=2)
4.0	0.8(K=0.2)	8.0(K=2)
5.0	1.0(K=0.2)	10.0(K=2)
6.0	1.2(K=0.2)	12.0(K=2)
8.0	1.6(K=0.2)	16.0(K=2)
10.0	2.0(K=0.2)	20.0 (K=2)

Аналогичные радиусы изгиба листов из меди приводятся в интернет ресурсе
<https://avto.sumkamodnaya.ru/radiusy-giba-mednykh-shin/>

Если провести аналогию между толщиной s листового металла и диаметром d провода из меди, то можно изгибать любой медный провод радиусом $R_{min} = 2d$ при этом относительное удлинение его верхнего слоя/сжатие нижнего относительно оси провода радиусом $R = R_{min} + 0,5d$ упрощённо можно оценить величиной в 20%

$$(\pi \times (R_{min} + 0,5d + 0,5d) \times 2) - (\pi \times R_{min} + 0,5d) \times 2) / \pi \times (R_{min} + 0,5d) \times 2 = 2d + 0,5 + 0,5 - 2d + 0,5d / 2d + 0,5d = 3d - 2,5d / 2,5d = 0,5d / 2,5d = 0.2 \text{ т.е. } 20\%$$

$$(\pi \times (R_{min}) \times 2) - (\pi \times R_{min} + 0,5d) \times 2) / \pi \times (R_{min} + 0,5d) \times 2 = 2d - (2d + 0,5d) / 2d + 0,5d = -0,5d / 2,5d = -0.2 \text{ т.е. } -20\%$$

Пункты 5.12 и 5.13 ГОСТ 1535—2016 «ПРУТКИ МЕДНЫЕ Технические условия» из которых впоследствии и изготавливаются жилы кабелей требуют обеспечить относительное удлинение до разрыва прутка не менее 35%, а по заказу до 40-45%. Поэтому минимально допустимый радиус изгиба медного провода внутри Ехе коробки величиной $R_{min} = 2d$ предлагается взять за «разумный предел» .

При расположении коробки на объекте эксплуатации проектировщик руководствуется общей схемой расположения оборудования, минимизирует длину кабельных трасс и учитывает требование п.10.3 ГОСТ ИЕС 60079-14-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок» о соосном расположении прямого участка кабеля и кабельного ввода, чтобы избежать бокового натяжения кабеля, повреждающего уплотнение в кабельном вводе, в результате проектировщик определяет стороны коробки (А, Б, В и Г) на которых должны располагается вводы кабелей и кабельные вводы для их закрепления.

В зависимости от схемы расположения вводов кабелей в коробку ее размеры существенно меняются. Поясним это на условном (не в масштабе) примере для одножильного кабеля, где А, Б, В и Г стороны коробки, R_a , R_b и R_g -допустимые радиуса изгиба жил с данной стороны коробки, d жилы –диаметр конкретной жилы кабеля, s -толщина изоляции жилы, k -длина части кабельного ввода внутри коробки, m -длина прямого участка жилы, необходимого для его инструмента сгибания, L_a , L_b и L_g -расстояния от клеммного блока до внутренней стенки корпуса коробки

Принятые допущения при расчете. Размер k равен разности длины резьбовой части кабельного ввода и толщины стенки коробки. Обычно кабельный ввод применяют универсальный для всех видов взрывозащиты, в частности и для вида «взрывонепроницаемая оболочка «d»», который должен иметь длину резьбы не менее 5 полных витков резьбы. Например, для резьбы М20х1.5-6g, это не менее 8 мм для шага 1.5 мм, но обычно производители кабельных вводов делают длину резьбы с некоторым запасом, а именно 15мм, из которых 2мм приходится на внешнюю эластичную прокладку.

В тоже время толщина стенки корпуса Ехе коробки редко превышает 4 мм, отсюда размер к принимается для расчета равным 9 мм.

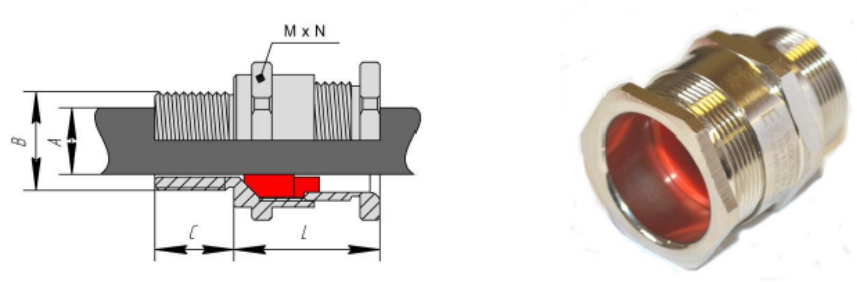


Таблица выбора кабельных вводов										
Обозначение ввода	Тип и размер резьбы В				Длина резьбы С, мм	Диаметр обжимаемого кабеля А, мм	М	N	Длина L, мм	Вес, кг
	Стандарт	Опция								
	Метрическая	Метрическая	NPT	NPT						
20s16 КНК	M20X1,5	M25X1,5	1/2"	3/4"	15	3,1 - 8,6	24	26,2	42,3	0,07
20s КНК	M20X1,5	M25X1,5	1/2"	3/4"	15	6,1 - 11,7	24	26,2	42,25	0,06
20 КНК	M20X1,5	M25X1,5	1/2"	3/4"	15	6,5 - 13,9	27	29,5	42,5	0,06
25 КНК	M25X1,5	M32X1,5	3/4"	1"	15	11,3 - 19,9	36	39,2	51,4	0,12
32 КНК	M32X1,5	M40X1,5	1"	1 1/4"	15	17 - 26,2	41	45	52,3	0,15
40 КНК	M40X1,5	M50X1,5	1 1/4"	1 1/2"	15	23,6 - 32,1	50	55	52,25	0,22
50s КНК	M50X1,5	M63X1,5	1 1/2"	2"	15	31,5 - 38,2	55	60	51,25	0,27
50 КНК	M50X1,5	M63X1,5	2"	2 3/4"	15	35,8 - 44	60	65	53,5	0,28
63s КНК	M63X1,5	M75X1,5	2"	2 1/2"	15	41,7 - 50	70	75	51,5	0,48
63 КНК	M63X1,5	M75X1,5	2 1/2"	3"	15	47,5 - 56	75	80	53,4	0,47
75s КНК	M75X1,5	M90X1,5	2 1/2"	3"	15	55 - 62	85	90	57,4	0,80
75 КНК	M75X1,5	M90X1,5	3"	3 1/2"	15	62 - 68	90	95	59,3	0,73
90 КНК	M90X1,5	M100X1,5	3 1/2"	4"	18	67 - 79	110	118	65,2	1,54

КОД ЗАКАЗА:

X1 КНК X2 X3

Размер кабельного ввода

Тип кабельного ввода

Тип резьбы (стандартно – метрическая (не указывается); NPT)

Материал ввода (латунь (не указывается); Ni – Никелированная латунь, SS – Нержавеющая сталь)

ПРИМЕР: 20 КНК Ni; 20 КНК 1/2NPT Ni

Рис.53 Длины С резьбовой части Ех кабельных вводов, производства ООО «Блок»

Толщина изоляции медной жилы s не приводится в рекламных материалах на кабели, но действующий стандарт на кабели для взрывоопасных зон (ГОСТ Р 58342-2012 «Кабели силовые и контрольные для применения в электроустановках во взрывоопасных средах») отсылает принимать не описанные в нем технические требования по стандартам (ГОСТ 26411-85 «Кабели контрольные. Общие технические условия» и ГОСТ 31996-2012 «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия»), которые своими таблицами 1 и 3 устанавливают толщину изоляции кабелей из разных материалов от 0,6 мм до 1,6 мм для сечений жил 0.75-95 мм.кв., в частности для ПВХ изоляции и сечения жилы 35 мм кв. s=1,1 мм что и примем для расчета размеров La, Lб и Lг

Таблица 1

Номинальное сечение токопроводящей жилы мм ²	Номинальная толщина изоляции, мм		
	резиневой	поливинил- хлоридной	полиэтиле- новой
0,75	1,0	0,6	0,6
1,0—2,5	1,0	0,6	0,6
4,0	1,0	0,7	0,6
6,0	1,0	0,7	0,6
10,0	1,2	0,9	0,8

Минимальное отклонение толщины изоляции минус 0,1 мм +
+0,1σ_н, где σ_н — номинальная толщина изоляции.
Плюсовый допуск не нормируется.

ГОСТ 31996—2012

Таблица 3

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Номинальное сечение жилы, мм ²	Номинальная толщина изоляции, мм	
		из поливинилхлоридных пластикатов или из композиций, не содержащих галогенов	из сшитого полиэтилена
0,66	1,5 и 2,5	0,6	0,6
	4 и 6	0,7	
	10 и 16	0,9	
	25 и 35	1,1	0,8
	50	1,3	0,9
1	1,5 и 2,5	0,8	0,7
	4—16	1,0	
	25 и 35	1,2	0,9
	50	1,4	1,0
	70		1,1
	95	1,6	
	120		1,2

m-длина прямого участка жилы необходима для установки оголённой жилы кабеля в гнездо клеммы по границе ее изоляции (без оголенных участков вне гнезда) и для зажима жилы для гибки ее в инструменте.

Для жил сечением до 4 мм.кв. (d жилы 2,4 мм) применяют ручной инструмент в виде круглогубцев с цилиндрическими частями разных радиусов, а свыше уже требуются роликовые трубогибы.

Поэтому целесообразно принять минимальный размер m для различных сечений однопровочных жил следующим:

$m=5$ мм для сечений 0.5-2.5 мм.кв. ($d=0.9-1.9$ мм);
 $m=10$ мм для сечений 4-6 мм.кв. ($d=2.4-2.9$ мм);
 $m=15$ мм для сечений 10 мм.кв. ($d=3.7$ мм);
 $m=20$ мм для сечений 16-35 мм.кв. ($d=4.6-6.7$ мм);



Рис.54 Образцы ручного инструмента для изгиба жил кабелей.



Рис.55 Образцы роликовых трубогибов для изгиба жил кабелей.

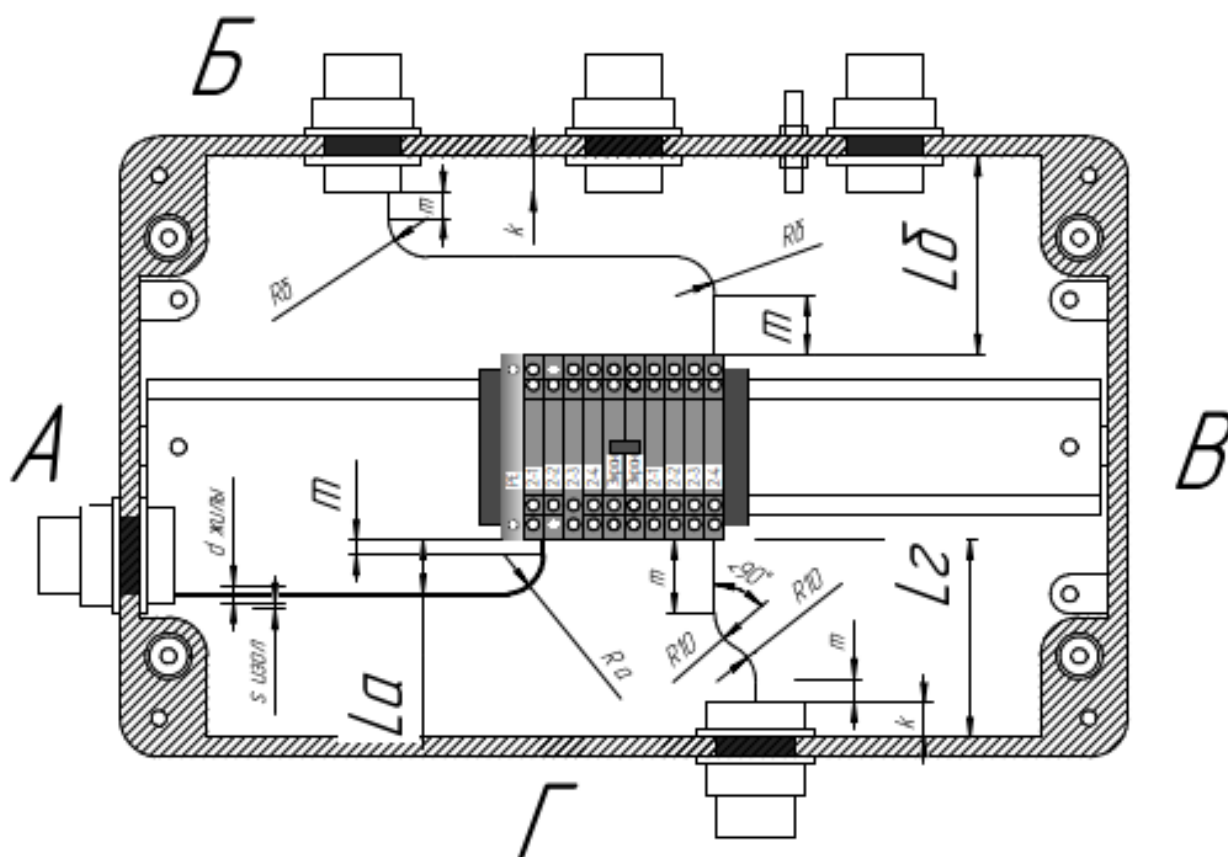


Рис. 56 Пример возможных вариантов изгибов жил кабеля от кабельного ввода до гнезда клеммы с разных сторон коробки.

1. Ввод жилы кабеля со стороны А коробки параллельно клеммному блоку.
Такая схема ввода обеспечивает минимальное расстояние $L_a = m + R_a + d$ жилы + s изол.
2. Ввод жилы кабеля со стороны Б коробки перпендикулярно клеммному блоку.
Такая схема ввода обеспечивает максимальное расстояние $L_b = 2m + 2R_b + d$ жилы + s изол. + k
3. Ввод жилы кабеля со стороны Г коробки перпендикулярно клеммному блоку.
Такая схема ввода является частным случаем схемы Б и при угле изгиба 45° $L_g = 2m + R_r + k$
Где $R = 2d, 5d$ или $10d$ жилы в зависимости от класса гибкости жилы кабеля.
Данные расчета L_a, L_b и L_g для однопроволочной жилы с радиусами изгиба $10d, 5d$ и $2d$ жилы приведены в таблице 9 с учетом вышеприведенных допущений

Таблица 9 Данные расчета L_a, L_b и L_g для однопроволочной жилы с радиусами изгиба $10d, 5d$ и $2d$

Сечение жилы мм ²	Диаметр жилы d мм	L а, мм при разных радиусах изгиба			L б, мм при разных радиусах изгиба			L г, мм при разных радиусах изгиба		
		10d	5d	2d	10d	5d	2d	10d	5d	2d
0.5	0.9	15,5	11	8,3	38,5	29,5	24,1	28	23,5	20,8
0.75	1.0	16,6	11,6	11,3	40,6	30,6	29,1	29	24	22,8
1	1,2	18,8	12,8	14,3	44,8	32,8	34,1	31	25	24,8
1,5	1,5	22,1	14,6	17,3	51,1	36,1	39,1	34	26,5	26,8
2,5	1,9	26,5	17	20,3	59,5	40,5	44,1	38	28,5	28,8
4	2,4	37,1	25,1	28,4	80,1	56,1	59,2	53	41	40,8
6	2,9	42,6	28,1	31,4	90,6	61,6	64,2	58	43,5	42,8

10	3,7	56,6	38,1	39,6	117,6	80,6	79,4	76	57,5	54,8
16	4,6	71,5	48,5	47,6	146,5	100,5	94,4	95	72	66,8
25	5,7	83,8	55,3	50,8	169,8	112,8	99,6	106	77,5	68,8
35	6,7	94,8	61,3	53,8	190,8	123,8	104,6	116	82,5	70,8

Примечание. Диаметр однопроволочных жил взят из таблицы С1 ГОСТ 22483-2012.

ГОСТ 22483—2012

Т а б л и ц а С.1 – Максимальный диаметр круглых медных однопроволочных, многопроволочных неуплотненных и гибких жил

Номинальное сечение, мм ²	Максимальный диаметр жил, мм				
	однопроволочных (класс 1)	многопроволочных (класс 2)	многопроволочных (класс 3)	многопроволочных (класс 4)	гибких (классы 5 и 6)
0,05	—	—	—	0,35	—
0,08	—	—	—	0,42	—
0,12	—	—	—	0,55	—
0,20	—	—	—	0,65	—
0,35	—	—	—	0,9	—
0,5	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3	1,3	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4	2,5	2,4
4	2,4	2,7	2,8	3,0	3,0
6	2,9	3,3	3,9	4,0	3,9
10	3,7	4,2	4,7	5,0	5,1
16	4,6	5,3	6,1	6,1	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8	7,8	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,1	9,1	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,6	11,6	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,7	13,7	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,0	15,0	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,1	17,2	17,0
150 ^a	13,8	16,2	18,9	19,0	19,0

Ниже представлены **в масштабе** минимальные внутренние размеры (ширина) коробок для жил сечением 2,5 мм² (Клеммы винтовые КНВ 2,5-2, ток 24 А, размеры 48 х 49,9 х 5,2 мм) и для жил сечением 35 мм² (Клеммы винтовые КНВ 35-2, ток 125 А, размеры 63,2 х 65,1 х 16 мм) с радиусами изгиба 2d, 5d и 10d и допущениями при расчете по Таблице 9

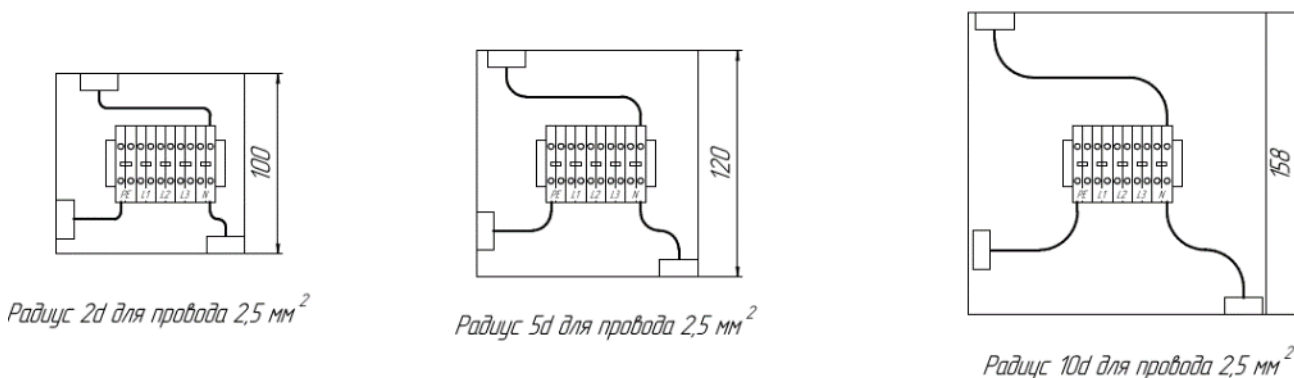


Рис.57 Внутренние габариты Ехе коробок при монтаже жил кабелей на клеммы сечением 2,5 мм.кв. с радиусами изгиба 2d, 5d и 10d.

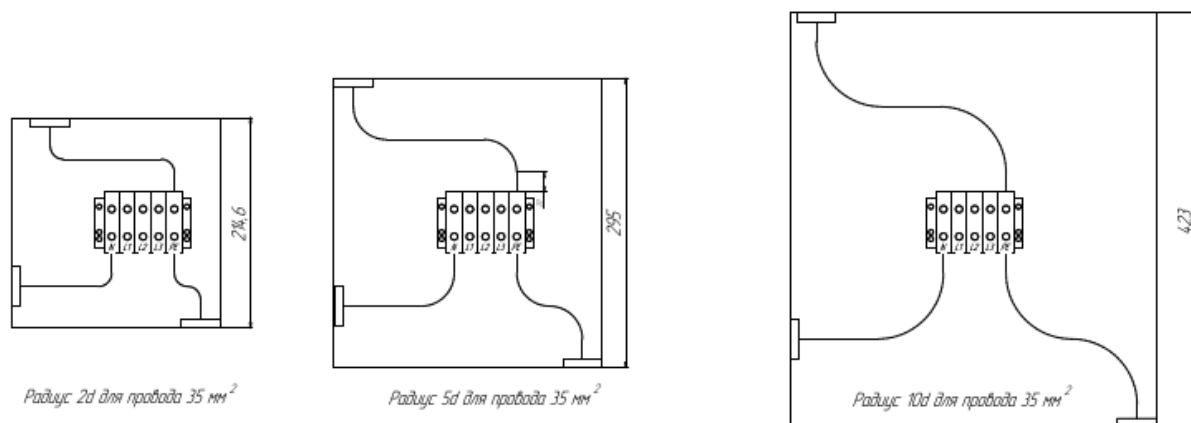


Рис. 58 Внутренние габариты EEx коробок при монтаже жил кабелей на клеммы сечением 35 мм² с радиусами изгиба 2d, 5d и 10d.

Про кабельные вводы.

Стандарт ГОСТ 31610.7-2017 (IEC 60079-7:2015) Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е» не устанавливает специальных дополнительных требований к кабельным вводам, кроме того, что они согласно его п. 8.1 должны быть сертифицированными Ех-компонентами (*по TP TC 012/2011*). По техническим требованиям к кабельным вводам, он своим п. 1 отсылает выполнять эти требования по стандартам серии 31610 и ведомственным нормативам, в частности требования по п.16.3 и Приложению А стандарта ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология»

Кабельный ввод выполняет одновременно две функции: герметичное закрепление оболочки кабеля по его поясной изоляции, которое присутствует во всех кабельных вводах, и закрепление брони, трубы или металорукава в которых на объекте эксплуатации будет проложен сам кабель причем герметично или не герметично. Если с выбором первой функции обычно проблем не возникает (производитель кабельного Ех ввода всегда приводит данные о допустимых диаметрах кабеля по поясной изоляции, например, 6-12 мм, и о типоразмере резьбы для ввода кабельного ввода в оболочку, например, M20x1.5-6h), то с ответной частью кабельного ввода надо внимательно разбираться, т.к. марок кабелей, металорукавов, труб и производителей Ех кабельных вводов, со своими обозначениями, очень много и вероятность обнаружить несовпадения их геометрических размеров уже только на объекте эксплуатации велика.

Ведомственные нормативы в частности п.4.2 «Методические указания компании. Единые технические требования. Клеммная коробка. № П4-06 М-0144. Версия 1.00» требуют выполнять уплотнения кабельных вводов в коробках по проверенных практикой инструкциям ВСН 332-74 Инструкция по монтажу электрооборудования, силовых и осветительных сетей взрывоопасных зонах.

<https://ohranatruda.ru/upload/iblock/44c/4294853828.pdf>, и

ВНТП 01/87/04-84 «ВЕДОМСТВЕННЫЕ НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Объекты газовой и нефтяной промышленности, выполненные с применением блочных и блочно-комплектных устройств»

https://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/vntp/1.pdf

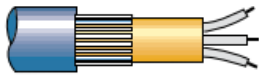
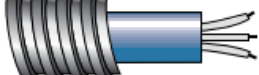
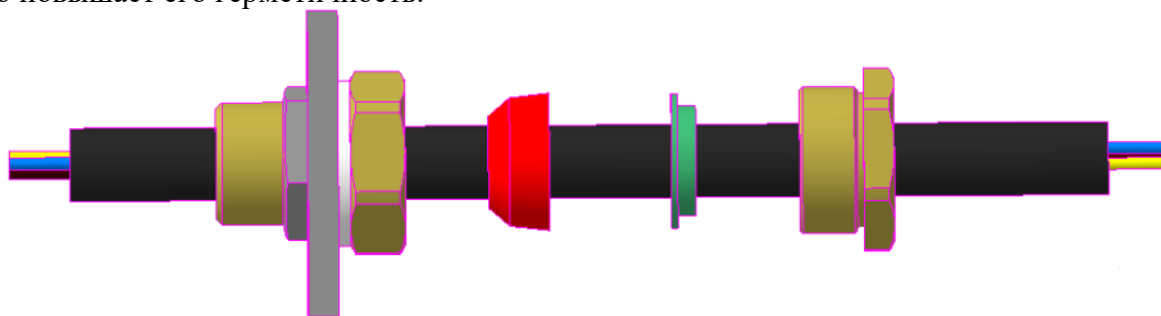
ТИПЫ КАБЕЛЯ	
Строение кабеля	Тип кабеля
	Небронированный кабель
	Кабель, армированный стальной ленточной броней
	Кабель, армированный стальной сетчатой оплеткой
	Кабель, армированный стальной проволокой
	Кабель, проложенный в трубе
	Кабель, проложенный в гибком металлорукаве

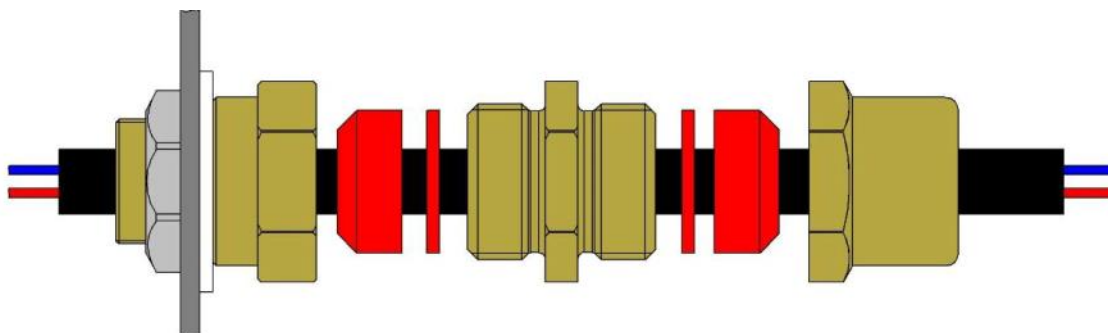
Рис.59 Некоторые типы кабелей, вводимых в коробку через Ех кабельные вводы.

Надо обратить внимание на следующее:

1. Для небронированных круглых кабелей в пластмассовой оболочке можно выбрать кабельный ввод как одним, так и с двойным уплотнением кабеля по его поясной изоляции, что повышает его герметичность.



А)



Б)

Рис.60 Конструкция кабельного ввода для круглого небронированного кабеля. А –с одним уплотнением. Б-с двумя уплотнениями.

Для справки. Практически все серийно изготавливаемые Ex кабельные вводы имеют код IP66/ IP67 и даже IP68 с погружением в воду до 10 метров, а некоторые даже до 18 метров, температуру эксплуатации -60-+130 °С, множественные маркировки взрывозащиты.

1Ex e II Gb X (1Ex e IIC Gb X)
 1Ex d IIC Gb X
 2Ex nR IIC Gc X
 Ex ta IIIC Da X;
 PB Ex d I Mb X;
 PП Ex e I Mc X

2. Для небронированных кабелей, проложенных на объекте эксплуатации в трубах, надо обратить внимание, на заданный заказчиком, конкретный способ присоединения трубы, тип и размер ее резьбы. Труба к кабельному вводу может присоединяться как по ее наружному диаметру (обычно это основной вариант), так и по внутреннему диаметру.

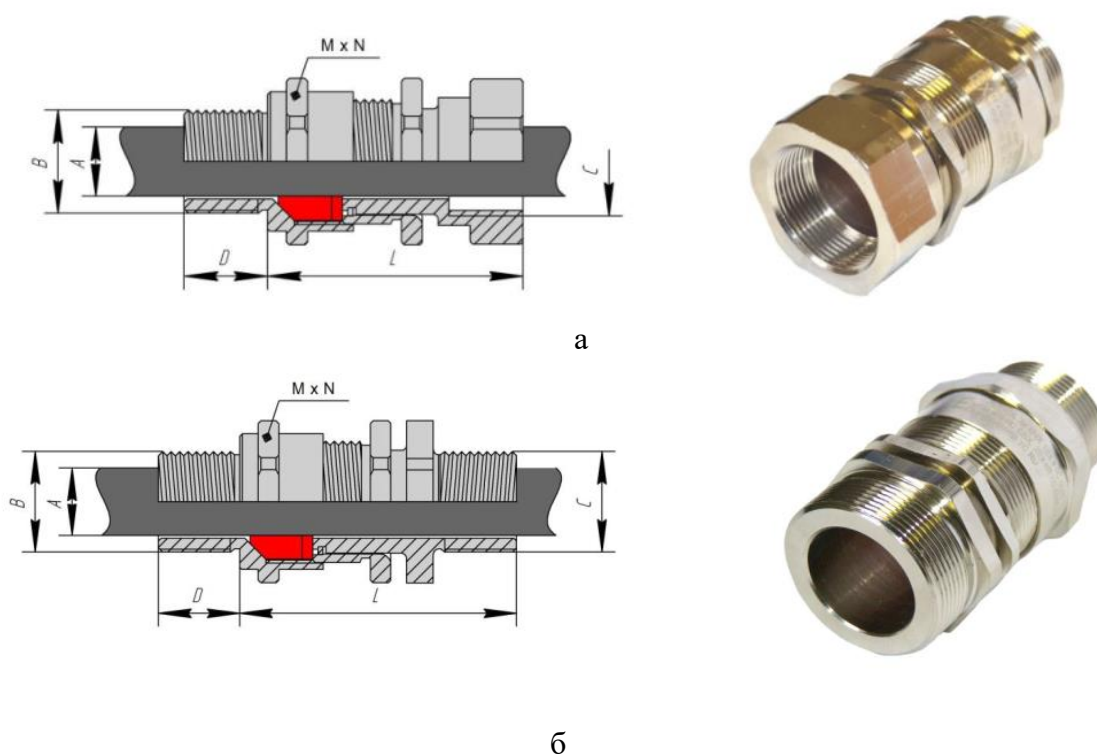


Рис.61. Конструкция и внешний вид кабельного ввода для дальнейшей прокладки кабеля в трубах. А-присоединение трубы к кабельному вводу по ее наружному диаметру (внутренняя резьба на ответной части кабельного ввода), Б-присоединение трубы по ее внутреннему диаметру (наружная резьба ответной части кабельного ввода).

3. Для бронированных кабелей круглого сечения возможны следующие варианты исполнения кабельного ввода:

а) Хомутовое крепление брони, защитного шланга, металлорукава на ответной части кабельного ввода.



Б) С закреплением брони кабеля внутри кабельного ввода на конусной втулке

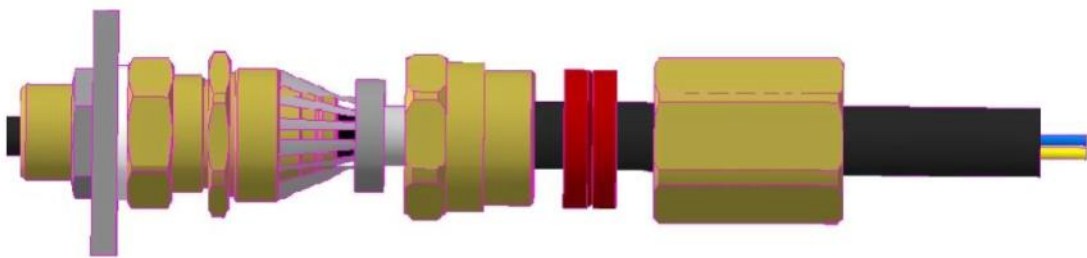


Рис. 62. Конструкция и внешний кабельных вводов для бронированных кабелей.

4. Кабельные вводы с закреплением металлорукава.

(Рукава гибкие металлические герметичные с подвижным швом определение по ГОСТ 3575-75)

Благодаря относительной дешевизне и прекрасным эксплуатационным характеристикам металлорукава широко используются для защиты небронированных и бронированных кабелей от механического и химического повреждения, воздействия влаги и солнечного излучения на объектах их эксплуатации.

Метало рукава характеризуются условным проходом Ду, который соответствует его номинальному (*но не реальному*) внутреннему диаметру. Данная характеристика металлорукавов исторически сложилась, когда рукава использовались **только** для транспортировки по ним газов, жидкостей и сыпучих продуктов, но не для прокладки в них кабелей, а сейчас не по делу значения Ду присутствуют в опросных листах заказчиков Ехе коробок.

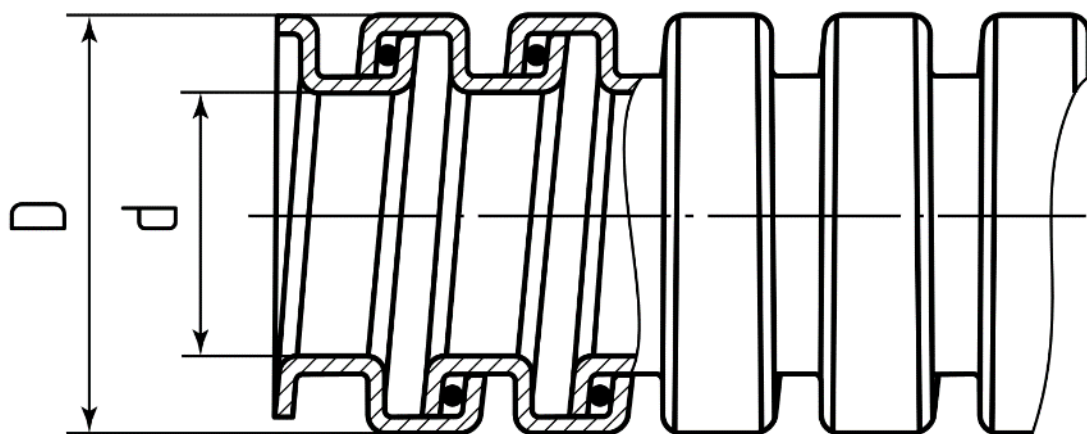
$$Dy = 4,06 \sqrt{\frac{Q}{V_{cp}}},$$

где Ду - условный внутренний диаметр металлорукава, мм;

Q - расход рабочей среды, проходящей через рукав, л/мин;

V_{cp} - средняя скорость рабочей среды, м/с.

Для подбора кабельного ввода под конкретный металлорукав необходимо знать его наружный и внутренний диаметр, т.к. они существенно различаются у металлорукавов различных производителей.



а в случае применения герметичного металл рукава еще и D2



Рис. 63. Некоторые марки металлорукавов вводимых в Ех кабельный ввод.

Что касается требований нормативов о применении металлорукавов во взрывоопасных зонах, то ПУЭ «Правила устройства электроустановок. 7-е издание.» (не зарегистрировано Минюстом, применяется на добровольной основе) <https://www.modul.org/wp-content/uploads/2023/10/pue-pravila-ustrojstva-elektroustanovok.pdf> разрешает в зонах класса начиная с В-1а и В-11а (зоны I и 2I по ГОСТ IEC 60079-10-1, где и применимы коробки с уровнями взрывозащиты eb и ec) выполнять проводку небронированными кабелями в металлорукавах, проложенными в коробах или открыто.

По сути дела, металлорукав это гибкая труба, которая должна отвечать требованиям п.9.5 ГОСТ IEC 60079-14-2013 Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок» и требованиям п. 521.6 ГОСТ Р 50571.5.52 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки», которая должна быть испытана и сертифицирована на соответствие ГОСТ Р МЭК 61386.1

«Трубные системы для прокладки кабелей. Часть 1. Общие требования» с присвоение 12-ти разрядного кода.

Для справки. Серийно изготавливаемые металлорукава работают от -60 до 300 °С, обеспечивают защиту от пыли и воды от IP40 до IP67, изготавливаются из стальных оцинкованных и нержавеющей лент, поверх которых может накладываться различный пластик с разной степень пожарной опасности, с разной устойчивости к электромагнитным помехам (ЭМС). Некоторые производители комплектуют свои кабельные вводы сменными эластичными уплотнениями кабеля по его поясной изоляции, что позволяет присоединять к ним «большой» по диаметру металлорукав, а прокладывать в нем «тонкие» кабели не «раздувая» номенклатуру металлорукавов на конкретном объекте эксплуатации для тонких и толстых кабелей, например, каб. ввод Горэлтеха модели КНВМ2N-25НК/Р и т.п.

4.1 Кабельные вводы для негерметичного закрепления металлорукава.

Конструкция таких кабельных вводов предусматривает сквозной винтовой болт со спиралью, которая вкручивается во внутренний диаметр d металлорукава, а наружный диаметр D металлорукава помещается во внутреннюю канавку головки болта.

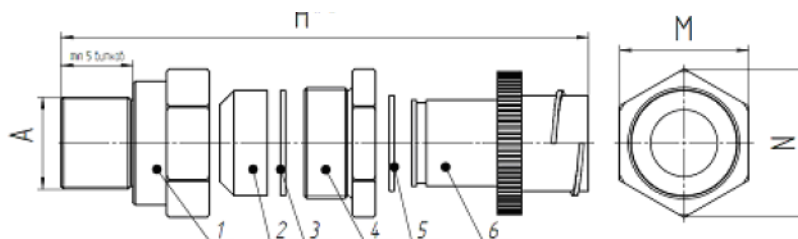
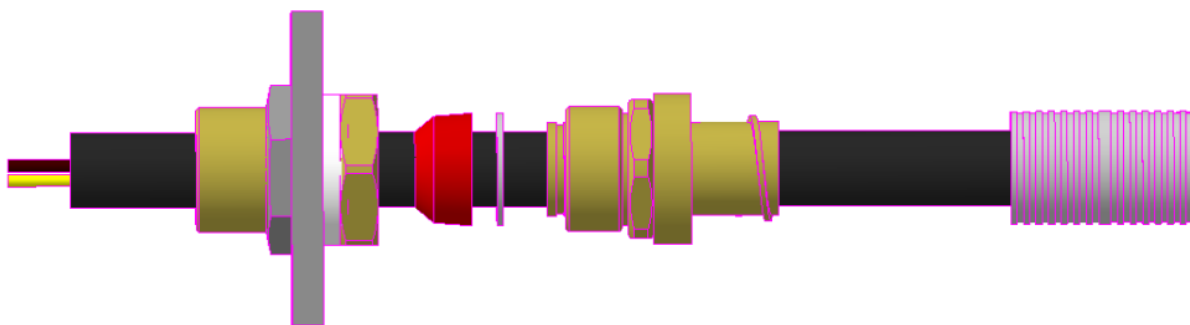


Рисунок 1 – состав кабельного ввода серии СК

Таблица 1. Спецификация кабельного ввода

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во
1	*НК1	Вводной элемент	1
2	*С	Уплотнительный элемент	1
3	*РЗ	Антифрикционная шайба	1
4	*РК2	Нажимная гайка	1
5	*РК4	Стопорное кольцо	1
6	*СК	Устройство крепления металлорукава	1
*-размер кабельного ввода			



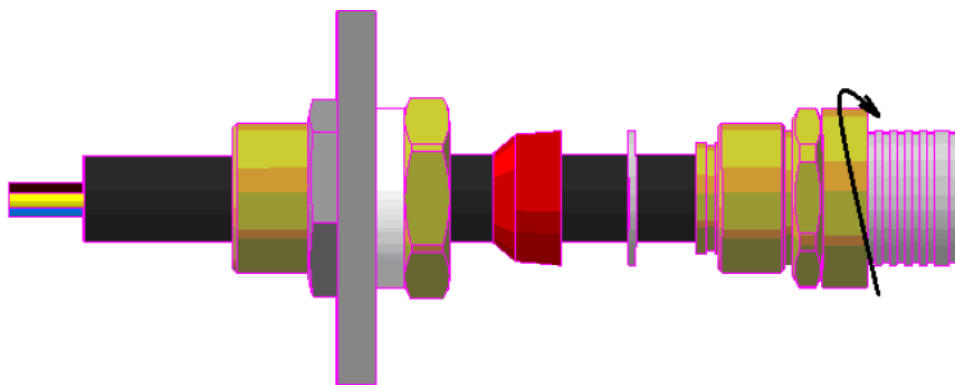


Рис.64 Последовательность сборки кабельного ввода с негерметичным присоединением металлорукава.

Учитывая сложности, возникающие у не подготовленного Потребителя коробок в подборе кабельного ввода под конкретный металлорукав, некоторые, производители размещают в своих каталогах таблицы их подбора или оказывают письменную консультацию.

ТАБЛИЦА ВЫБОРА МЕТАЛЛУКАВА					
Обозначение ввода	Тип и размер присоединяемого металлорукава				
	РЗЦХ*	РЗЦП*	МРПИ*	ГЕРДА*	FLEXICON**
					
20s16СК010	10	10	10	-	-
20s16СК030	12	12	12	-	-
20sСК040	-	15	15	-	FU16
20sСК045	15	15	15	15	-
20sСК060	-	-	15	16	-
20СК050	15	-	-	16	-
20СК066	18	18	-	18	FU20
20СК070	20	20	20	18	FU20
20СК080	20	20	20	20	-
20СК120	25	25	25	25	-
25СК080	20	20	20	20	-
25СК110	22	-	-	22	-
25СК120	25	25	25	25	-
32СК120	25	25	25	25	-
32СК250	-	-	-	-	FU32
32СК280	32	32	32	32	-
32СК290	-	-	-	35	-
40СК300	38	38	38	38	FU40

* – Необходимо учесть, что внутренний и наружный диаметр данных металлорукавов в зависимости от поставщика и партии может отличаться $\pm 1,5$ мм от каталожных данных.
 ** – Подходят и другие типы металлорукава, за более подробной информацией обратитесь к нашим менеджерам.

Рис. 65 Таблица подбора кабельного ввода в зависимости от марки и размеров металлорукавов.

4.2 Кабельные вводы для герметичного закрепления металлорукава.

Конструкция таких вводов почти полностью повторяет конструкцию кабельных водов для присоединения трубы по ее наружному или внутреннему диаметру , а металлорукав окантовывается герметичной муфтой (фитингом, соединителем) с наружной или внутренней резьбой, которая через эластичную прокладку (уплотнительное кольцо) вводится в резьбовую часть кабельного ввода для присоединения труб.



Рис. 66 Пример герметичного оконцевания металлорукава соединительным устройством с внешней наружной резьбой для ввода в кабельный ввод с внутренней резьбой для присоединения трубы.

Некоторые производители Ех кабельных вводов предлагают конструкции кабельных вводов с уже встроенным подобным соединителем под конкретные наружные D и внутренне d диаметры металлорукава, обеспечивая соединение металлорукава (наружной оболочки кабеля) с кабельным вводом до IP68

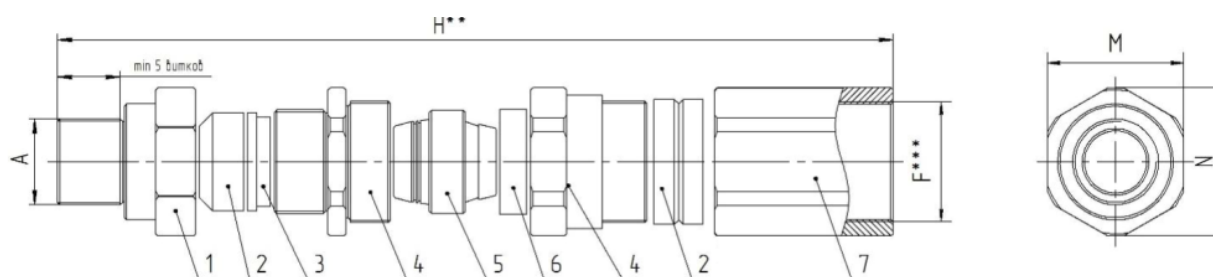


Рисунок 1 – состав кабельного ввода серии АКР

Таблица 1. Спецификация кабельного ввода

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во
1	*НК1	Вводной элемент	1
2	*С, *К	Уплотнительный элемент	2
3	*Р1	Металлическая шайба	1
4	*АК2, *АК5	Нажимная гайка	2
5	*АК3	Устройство закрепления брони	1
6	*АК4	Кольцо фиксации брони	1
7	*АКР1	Гайка уплотнительная	1
*-размер кабельного ввода			

Обозначение ввода	Диаметр внутренней оболочки кабеля min-мах, мм (уплотнение *С)	Диаметр наружной оболочки кабеля min-мах, мм (уплотнение *К)	Тип и размер Резьбы А	Тип и размер Резьбы F***	М x N, мм	Н**, мм
20s16AKP 1/2G	3,1-8,6	6,1-13,2	M20x1,5-6g	1/2" G	24x26,2	180
20sAKP 3/4G	6,1-11,7	9,5-15,9	M20x1,5-6g	3/4" G	24x26,2 30x33	180
20AKP 1G	6,5-13,9	12,5-20,9	M20x1,5-6g	1" G	27x29,5 30x33 36x39,2	190
25sAKP 1G	11,1-15,4	14,0-22,0	M25x1,5-6g	1" G	36x39,2 41x45	190
25AKP 1G	11,1-19,9	18,2-26,2	M25x1,5-6g	1" G	36x39,2 41x45	200
32AKP 1 1/4G	17,0-25,9	23,7-33,9	M32x1,5-6g	1 1/4" G	41x45 46x50,6 50x55	210
40AKP 1 1/2G	23,5-31,9	27,9-40,4	M40x1,5-6g	1 1/2" G	50x55 55x60	210
50sAKP 2G	29,5-38,2	35,2-46,7	M50x1,5-6g	2" G	55x61 55x60 60x65 68x72	210

Рис. 67. Кабельные вводы для герметичного соединения с металлорукавом.

Ввиду многообразия металлорукавов и фитингов к ним производители металлорукавов стараются помочь Заказчику в их подборе, например,

-Завод KBT <https://kvt-pro.ru/pdfs/psp-ff-sleeve.pdf?ysclid=mpm7fa4jsi185255072>

(совместимость различных металлорукавов с фитингами):

-Завод Зета <https://www.zkabel.ru/catalog/fitingi-mufty/> ;

Заключение.

Из вышесказанного следует, что требуется педантично учитывать много факторов как при формулировке технических требований к Ехе коробкам, так и при ее конструировании, чтобы в конечном итоге получить безопасное изделие, удобное в монтаже и эксплуатации. Одновременно надо заметить, что почти все вышеперечисленные требования актуальны и для коробок с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка «d» по стандарту ГОСТ IEC 60079-1-2013 «Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d»». Хотя данный стандарт допускает использование в Exd коробках искробезопасных клемм и предохранителей в предположении, что «крепкая» d оболочка не выпустит пламя наружу, но это все равно авария с последствиями остановки части производства. Поэтому учитывая текущий технологический период развития Ехе клемм, более целесообразно устанавливать Ехе клеммы и во взрывонепроницаемый корпус коробки т.е. изготавливать данные коробки сразу с двумя видами взрывозащиты d и e, например, с маркировкой взрывозащиты **1Ex db eb IIS T6 Gb** по стандарту ГОСТ 31610.0-2019 (IEC 60079-0:2017) Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования и методология.