

А.Д. Волгунов

СПРАВОЧНИК СПЕЦИАЛИСТА ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ

А.Д. Волгунов

СПРАВОЧНИК
для специалиста по электроснабжению

Москва
2018

Составитель А.Д. Волгунов

Справочник содержит: выдержки из нормативных документов, действующих на территории РФ; технические характеристики оборудования различных производителей, взятые из открытых источников; методики электротехнических расчетов и выбора электрооборудования, проводов и кабелей. Эти данные могут быть использованы при проектировании систем электроснабжения, выполнении обследований, проверок, ремонтов систем электроснабжения, при проектировании кабельных и несущих конструкций.

Использование данного справочника никак не ограничено, но при указании ссылок на данный справочник просьба указывать автора (Волгунов А.Д.).

Содержание

Электроснабжение	6
Категории электроприемников по надежности электроснабжения	6
Электроприемники первой категории	6
Электроприемники второй категории	7
Электроприемники третьей категории	8
Кабели и провода	10
Длительно допустимые токи	10
Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ ГОСТ 31996-2012 ..	10
Кабели силовые с пластмассовой изоляцией, экранированные на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ....	14
Кабели с изоляцией СПЭ на напряжение 6, 10, 20, 35 кВ.....	16
Самонесущие изолированные провода (СИП).....	20
Кабели гибкие КГ и прочие	21
Шины прямоугольного сечения	22
Американский калибр проводов (AWG)	23
Выбор кабелей и способов их прокладки	24
Выбор сечения кабеля напряжением выше 1000 В	24
Преимущественные области применения кабельных изделий с учетом их типа исполнения по ГОСТ 31565-2012	27
Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях. Типовой проект А5-92	29
Прокладка взаиморезервирующих кабелей в земле	34
Выбор контрольных кабелей	34
Минимальные значения сечения жил кабелей и проводов электропроводок.....	35
Площадь поперечного сечения нейтрального проводника.....	35
Прокладка кабелей в трубах	36
Расчет потери напряжения кабельной линии.....	37
Сопровитвления кабелей и проводов	37
Удельные сопротивления электротехнических материалов.....	37
Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров (сопротивления) ГОСТ 22483-2012.....	38
Удельные сопротивления кабелей	40
Электрооборудование.....	43
Общее.....	43
Классы нагревостойкости изоляции	43
Исполнения для различных климатических районов.....	43
Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) ГОСТ 14254-2015 (МЭК 529-89).....	46
Электрооборудование. Степени защиты, обеспечиваемой оболочками от наружного механического удара (код IK) ГОСТ IEC 62262-2015.....	47
Код для обозначения цветов ГОСТ 28763-90	47
Идентификация выводов электрооборудования, концов проводников и проводников ГОСТ 33542-2015	48

Работа электрооборудования во взрывоопасных зонах	50
Работа электрооборудования в пожароопасных зонах	54
Классы напряжения электрооборудования	56
Расчет тепловыделений НКУ	57
Падение напряжения в установках потребителей	60
Электропомещения (электрощитовые)	61
Автоматические выключатели	63
Основные характеристики автоматических выключателей	63
Категории применения автоматических выключателей	63
Времятоковые характеристики автоматических выключателей	64
Выбор автоматических выключателей	65
Контакторы	66
Категории применения контакторов	66
Силовые трансформаторы	67
Защита силовых трансформаторов 6-20 кВ предохранителями	67
Технические данные трансформаторов ТМГ 6-20 кВ	68
Технические данные трансформаторов сухих трансформаторов с литой изоляцией 6-20 кВ	69
Перегрузочная способность масляных трансформаторов ТМ(Г)(Ф)	74
Перегрузочная способность сухих трансформаторов ТСЛ(З)	76
Электродвигатели	77
Типовые режимы работы электродвигателей	77
Расчет номинальной мощности электродвигателя для длительного режима	79
Номинальный ток трехфазного асинхронного электродвигателя	79
Классы энергоэффективности электродвигателей (код IE)	80
Технические данные низковольтных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИР (группа компаний «Электромотор»)	81
Технические данные низковольтных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АМН (группа компаний «Электромотор»)	86
Технические данные низковольтных взрывозащищенных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИМЛ, ВА, АИМ, 4ВР (группа компаний «Электромотор»)	88
Технические данные низковольтных однофазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИРЕ (группа компаний «Электромотор»)	90
Заземление и молниезащита	92
Расчет сопротивления заземляющего устройства	92
Типовые схемы	102
Типовые схемы управления низковольтным оборудованием	102
Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления (ТС-У-Н-1)	102
Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления и кнопками управления на посту управления (ТС-У-Н-2)	104

Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления, с пуском в два этапа (схема звезда – схема треугольник) (ТС-У-Н-3)	105
Типовые схемы автоматического ввода резерва (АВР) низковольтных распределительных устройств.....	108
Схема АВР – 2 ввода (основной, резервный) на одну нагрузку, с использованием контакторов (ТС-АВР-Н-1)	108
Схема АВР – 2 ввода (равнозначных) на одну нагрузку, с кнопками управления и с использованием контакторов (ТС-АВР-Н-2).....	110
Схема АВР – 2 ввода с контакторами, 2 секции шин с секционным контактором (ТС-АВР-Н-3).....	112
Трубы и металлорукова.....	114
Труба стальная электросварная прямошовная ГОСТ 10704-91	114
Труба стальная водогазопроводная ГОСТ 3262-75	116
Трубки из поливинилхлоридного пластика ГОСТ 19034-82	117
Труба гофрированная ПВХ гибкая легкая.....	118
Рукава гибкие металлические (металлоукав).....	118
Строительные конструкции	121
Уголки стальные горячекатаные равнополочные ГОСТ 8509-93	121
Уголки стальные горячекатаные неравнополочные ГОСТ 8510-86	123
Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый ГОСТ 2590-2006.....	124
Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций ГОСТ 30245-2003	125
Двутавры стальные горячекатаные ГОСТ 8239-89	132
Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок ГОСТ 26020-83	132
Швеллеры стальные горячекатаные ГОСТ 8240-97	135
Прокат листовой горячекатаный ГОСТ 19903-2015	137
Прокат листовой холоднокатаный ГОСТ 19904-90.....	140
Полоса стальная горячекатаная ГОСТ 103-2006	143

Электроснабжение

Категории электроприемников по надежности электроснабжения

ПУЭ глава 1.2.

Электроприемники первой категории

Электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения. Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Из состава электроприемников первой категории выделяется **особая группа электроприемников**, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров. Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Согласно **приложению №2 РД 34.20.185-94** «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» к электроприемникам первой категории относятся:

- а) электроприемники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии; противопожарных устройств и охранной сигнализации, эвакуационного освещения и больничных лифтов;
- б) котельные, являющиеся единственным источником тепла системы теплоснабжения, обеспечивающие потребителей первой категории, не имеющих индивидуальных резервных источников тепла;
- в) электродвигатели сетевых и подпиточных насосов котельных второй категории с водогрейными котлами единичной производительностью более 10 Гкал/ч;
- г) электродвигатели подкачивающих и смесительных насосов в насосных, дренажных насосов дюкеров тепловых сетей;
- д) объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы в городах с числом жителей более 50 тыс. чел: насосные станции, подающие воду непосредственно в сеть противопожарного и объединенного противопожарного водопровода; канализационные насосные станции, не допускающие перерыва или снижения подачи сточных вод, очистные сооружения канализации, не допускающие перерыва в работе;
- е) электроприемники противопожарных устройств (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, эвакуационное и аварийное освещение, огни сетевого ограждения в жилых зданиях и общежитиях высотой 17 этажей и более;
- ж) электроприемники противопожарных устройств, лифты, охранная сигнализация общественных зданий и гостиниц высотой 17 этажей и более, гостиниц, домов отдыха, пансионатов и турбаз более чем на 1000 мест*, учреждений с количеством работающих более 2000 человек* независимо от этажности, учреждений финансирования, кредитования и государственного страхования федеративного подчинения, библиотек, книжных палат и архивов на 1000 тыс. единиц хранения и более. *) Здесь и далее дается вместимость одного здания;
- з) музеи и выставки федеративного значения;
- и) электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации музеев и выставок республиканского, краевого и областного значения;
- к) электроприемники противопожарных устройств общеобразовательных школ, профессионально-технических училищ, средних специальных и высших учебных заведений при количестве учащихся более 1000 чел;
- л) электроприемники противопожарных устройств, эвакуационное и аварийное освещение крытых зрелищных и спортивных предприятий общей вместимостью 800 мест и более, детских театров, дворцов и домов пионеров со зрительными залами любой вместимости;
- м) электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации универсамов, торговых центров и магазинов с торговой площадью более 2000 м², а также столовых, кафе и ресторанов с числом посадочных мест свыше 500;

- н) тяговые подстанции городского электротранспорта;
- о) ЭВМ вычислительных центров, решающих комплекс народнохозяйственных проблем и задачи управления отдельными отраслями, а также обслуживающие технологические процессы, основные электроприемники которых относятся к первой категории;
- п) центральный диспетчерский пункт городских электрических сетей, тепловых сетей, сетей газоснабжения, водопроводно-канализационного хозяйства и сетей наружного освещения;
- р) пункты централизованной охраны (ПЦО);
- с) центральные тепловые пункты (ЦТП) обслуживающие здания высотой 17 этажей и более, все ЦТП в зонах с зимней расчетной температурой – 40°C и ниже;
- т) городской ЦП (РП) с суммарной нагрузкой более 10000 кВА. Все прочие электроприемники потребителей, перечисленных в подпунктах а), в), г), е), ж), и), к), л), м) относятся ко второй категории.

Электроприемники второй категории

Электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Согласно **приложению №2 РД 34.20.185-94** «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» к электроприемникам второй категории относятся:

- а) жилые дома с электроплитами за исключением одно - восьмиквартирных домов;
- б) жилые дома высотой 6 этажей и выше с газовыми плитами или плитами на твердом топливе;
- в) общежития вместимостью 50 человек и более;
- г) здания учреждений высотой до 16 этажей с количеством работающих от 50 до 2000 человек;
- д) детские учреждения;
- е) медицинские учреждения, аптеки;
- ж) крытые зрелищные и спортивные предприятия с количеством мест в зале от 300 до 800;
- з) открытые спортивные сооружения с искусственным освещением с количеством мест 5000 и более или при наличии 20 рядов и более;
- и) предприятия общественного питания с количеством посадочных мест от 100 до 500;
- к) магазины с торговой площадью от 250 до 2000 м²;
- л) предприятия по обслуживанию городского транспорта;
- м) бани с числом мест свыше 100;
- н) комбинаты бытового обслуживания, хозяйственные блоки и ателье с количеством рабочих мест более 50, салоны-парикмахерские с количеством рабочих мест свыше 15;
- о) химчистки и прачечные (производительностью 500 кг и более белья в смену);
- п) объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы городов и поселков с числом жителей от 5 до 50 тыс. чел. включительно; канализационные насосные станции и очистные сооружения канализации, допускающие перерывы в работе, вызванные нарушениями электроснабжения, которые могут устраняться путем оперативных переключений в электрической сети;
- р) учебные заведения с количеством учащихся от 200 до 1000 чел.;
- с) музеи и выставки местного значения;
- т) гостиницы высотой до 16 этажей с количеством мест от 200 до 1000;
- у) библиотеки, книжные палаты и архивы с фондом от 100 тыс. до 1000 тыс. единиц хранения;
- ф) ЭВМ вычислительных центров, отделов и лабораторий, кроме указанных в п. 1 о) настоящего приложения;
- х) электроприемники установок тепловых сетей - запорной арматуры при телеуправлении, подкачивающих смесителей, циркуляционных насосных систем отопления и вентиляции, насосов для зарядки и разрядки баков аккумуляторов, баков аккумуляторов для подпитки тепловых сетей в открытых системах теплоснабжения, подпиточных насосов в узлах рассечки, тепловых пунктов, кроме указанных в п. 1 с) настоящего приложения;
- ц) диспетчерские пункты жилых районов и микрорайонов, районов электрических сетей;
- ч) осветительные установки городских транспортных и пешеходных тоннелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории «А» в столицах республик, в городах-героях, портовых и крупнейших городах;

ш) городские ЦП (РП) и ТП с суммарной нагрузкой от 400 до 10000 кВт · А при отсутствии электроприемников, перечисленных в п. 1 настоящего приложения.

Электроприемники третьей категории

Все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий. Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

Таблица 5.1 СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»
Степень обеспечения надежности электроснабжения электроприемников жилых и общественных зданий

Здания и сооружения	Степень обеспечения надежности электроснабжения
<i>Жилые дома:</i>	
противопожарные устройства (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре), лифты, аварийное освещение, огни светового ограждения	I
Комплекс остальных электроприемников:	
жилые дома с электроплитами (кроме 1 - 8-квартирных домов)	II
дома 1 - 8-квартирные с электроплитами	III
дома св. 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	II
дома до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе	III
на участках садоводческих товариществ	III
<i>Общесития общей вместимостью, чел.:</i>	
до 50	III
св. 50	II
<i>Отдельно стоящие и встроенные центральные тепловые пункты (ЦТП), индивидуальные тепловые пункты (ИТП) многоквартирных жилых домов</i>	I
Здания учреждений управления, проектных и конструкторских организаций, научно-исследовательских институтов:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов	I
<i>Комплекс остальных электроприемников:</i>	
здания с количеством работающих св. 2000 чел. независимо от этажности, здания высотой более 16 этажей, а также здания учреждений областного, городского и районного значения с количеством работающих св. 50 чел.	I
здания с количеством работающих св. 50 чел., а также здания областного, городского и районного значения до 50 чел.	II
здания с количеством работающих до 50 чел.	III
<i>Здания лечебно-профилактических учреждений¹:</i>	
электроприемники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии, противопожарных устройств и охранной сигнализации, эвакуационного освещения и больничных лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
<i>Учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования:</i>	
федерального и республиканского подчинения:	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации, лифтов	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников учреждений краевого, областного, городского и районного подчинения	II
<i>Библиотеки и архивы:</i>	
электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации зданий с фондом св. 1000 тыс. ед. хранения	I
комплекс остальных электроприемников	II
комплекс электроприемников зданий с фондом, тыс. ед. хранения: св. 100 до 1000	II

Здания и сооружения	Степень обеспечения надежности электроснабжения
до 100	III
<i>Учреждения образования, воспитания и подготовки кадров:</i> электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации комплекс остальных электроприемников	I II
<i>Предприятия торговли²:</i> электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации, лифтов универсамов, торговых центров и магазинов комплекс остальных электроприемников	I II
<i>Предприятия общественного питания²:</i> электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации комплекс остальных электроприемников	I II
<i>Предприятия бытового обслуживания:</i> комплекс электроприемников салонов-парикмахерских с количеством рабочих мест св. 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест св. 50, прачечных и химчисток производительностью св. 500 кг белья в смену, бань с числом мест св. 100 то же, парикмахерских с количеством рабочих мест до 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест до 50, прачечных и химчисток производительностью до 500 кг белья в смену, мастерских по ремонту обуви, металлоизделий, часов, фотоателье, бань и саун с числом мест до 100	II III
<i>Гостиницы, дома отдыха, пансионаты и турбазы:</i> электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации и лифтов комплекс остальных электроприемников	I II
<i>Музеи и выставки:</i> комплекс электроприемников музеев и выставок федерального значения музеи и выставки республиканского, краевого и областного значения: электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации комплекс остальных электроприемников комплекс электроприемников музеев и выставок местного значения и краеведческих музеев	I I II III
<i>Конференц-залы и актовые залы, в том числе со стационарными кинопроекторными установками и эстрадами во всех видах общественных зданий, кроме постоянно используемых для проведения платных зрелищных мероприятий</i>	В соответствии с категорией электроприемников зданий, в которые встроены указанные залы
¹ Для электроприемников ряда медицинских помещений, например операционных, реанимационных (интенсивная терапия), палат для недоношенных детей, может потребоваться третий независимый источник. Необходимость третьего независимого источника определяется заданием на проектирование в зависимости от типа применяемого медицинского оборудования. ² Для временных сооружений, выполняемых в соответствии с 7.12 ПУЭ, а также встроенных помещений площадью до 100 м ² - III категория электроснабжения. Примечания 1 Схемы питания противопожарных устройств и лифтов, предназначенных для перевозки пожарных подразделений, должны выполняться в соответствии с требованиями 7.8 - 7.10 настоящего свода правил, независимо от их категории надежности. 2 В комплекс электроприемников жилых домов входят электроприемники квартир, освещение общедомовых помещений, лифты, хозяйственные насосы и др. В комплекс электроприемников общественных зданий входят все электрические устройства, которыми оборудуется здание или группа помещений. 3 Категория электроснабжения может быть повышена по заданию заказчика.	

Кабели и провода

Длительно допустимые токи

Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ ГОСТ 31996-2012

Длительно допустимые токи кабелей при коэффициенте нагрузки $k=1$ для температуры окружающей среды 25 °С – при прокладке на воздухе и 15 °С – при прокладке в земле.

Допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридных пластикатов и полимерных композиций, не содержащих галогенов.

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	одножильных				двух и трехжильных		четырёх и пятижильных	
	на постоянном токе		на переменном токе*		на переменном токе			
	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле
1,5	29	41	22	30	21	27	20	25
2,5	37	55	30	39	27	36	25	33
4	50	71	39	50	36	47	33	44
6	63	90	50	62	46	59	43	55
10	86	124	68	83	63	79	59	73
16	113	159	89	107	84	102	78	95
25	153	207	121	137	112	133	104	124
35	187	249	147	163	137	158	127	147
50	227	295	179	194	167	187	155	174
70	286	364	226	237	211	231	196	215
95	354	436	280	285	261	279	243	259
120	413	499	326	324	302	317	281	295
150	473	561	373	364	346	358	322	333
185	547	637	431	412	397	405	369	377
240	655	743	512	477	472	471	439	438
300	760	845	591	539	542	533	504	496
400	894	971	685	612	633	611	589	568
500	1054	1121	792	690	-			
625/630	1252	1299	910	774				
800	1481	1502	1030	856				

* Прокладка треугольником вплотную.

Допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена.

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	одножильных				двух и трехжильных		четырех и пятижильных	
	на постоянном токе		на переменном токе*		на переменном токе			
	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле
1,5	35	48	28	33	25	31	23	29
2,5	46	63	36	42	34	40	32	37
4	60	82	47	54	45	52	42	48
6	76	102	59	67	56	64	52	60
10	105	136	82	89	78	86	73	80
16	139	175	108	115	104	112	97	104
25	188	228	146	147	141	144	131	134
35	230	274	180	176	172	173	160	161
50	281	325	220	208	209	205	194	191
70	356	399	279	255	265	253	246	235
95	440	478	345	306	327	304	304	283
120	514	546	403	348	381	347	354	323
150	591	614	464	392	437	391	406	364
185	685	695	538	443	504	442	469	411
240	821	812	641	515	598	515	556	479
300	956	924	739	501	688	583	640	542
400	1124	1060	860	661	807	669	751	622
500	1328	1223	997	746	-			
625/630	1576	1416	1149	840				
800	1857	1632	1302	932				

* Прокладка треугольником вплотную.

Допустимые токовые нагрузки кабелей с алюминиевыми жилами с изоляцией из поливинилхлоридных пластикатов и полимерных композиций, не содержащих галогенов.

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	одножильных				двух и трехжильных		четырёх и пятижильных	
	на постоянном токе		на переменном токе*		на переменном токе			
	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле
2,5	30	32	22	30	21	28	20	26
4	40	41	30	39	29	37	27	34
6	51	52	37	48	37	44	34	41
10	69	68	50	63	50	59	47	55
16	93	83	68	82	67	77	62	72
25	117	159	92	106	87	102	81	95
35	143	192	113	127	106	123	99	114
50	176	229	139	150	126	143	117	133
70	223	282	176	184	161	178	150	166
95	275	339	217	221	197	214	183	199
120	320	388	253	252	229	244	213	227
150	366	434	290	283	261	274	243	255
185	425	494	336	321	302	312	281	290
240	508	576	401	374	359	363	334	338
300	589	654	464	423	424	417	394	388
400	693	753	544	485	501	482	466	448
500	819	870	636	556	-			
625/630	971	1007	744	633				
800	1146	1162	858	713				
1000	1334	1327	972	793				

Допустимые токовые нагрузки кабелей с алюминиевыми жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	одножильных				двух и трехжильных		четырёх и пятижильных	
	на постоянном токе		на переменном токе*		на переменном токе			
	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле
2,5	35	36	26	34	24	32	22	30
4	46	46	35	44	34	42	32	39
6	59	59	43	54	43	50	40	47
10	80	77	58	71	58	67	54	62
16	108	94	79	93	78	87	73	81
25	144	176	112	114	108	112	100	104
35	176	211	138	136	134	135	125	126
50	217	251	171	161	158	157	147	146
70	276	309	216	198	203	195	189	181
95	340	371	267	237	248	233	231	217
120	399	423	313	271	290	267	270	248
150	457	474	360	304	330	299	307	278
185	531	539	419	346	382	341	355	317
240	636	629	501	403	453	397	421	369
300	738	713	580	455	538	455	500	423
400	871	822	682	523	636	527	591	490
500	1030	949	800	599	-			
625/630	1221	1098	936	685				
800	1437	1262	1081	773				
1000	1676	1443	1227	862				

* Прокладка треугольником вплотную.

Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей

S, мм ²	Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей, кА, с изоляцией			
	из поливинилхлоридных пластикатов и композиций, не содержащих галогенов		из сшитого полиэтилена, а также огнестойких кабелей	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой	с медной жилой	с алюминиевой жилой
1,5	0,17	-	0,21	-
2,5	0,27	0,18	0,34	0,22
4	0,43	0,29	0,54	0,36
6	0,65	0,42	0,81	0,52
10	1,09	0,70	1,36	0,87
16	1,74	1,13	2,16	1,40
25	2,78	1,81	3,46	2,24
35	3,86	2,50	4,80	3,09
50	5,23	3,38	6,50	4,18
70	7,54	4,95	9,38	6,12
95	10,48	6,86	13,03	8,48
120	13,21	8,66	16,43	10,71
150	16,30	10,64	20,26	13,16
185	20,39	13,37	25,35	16,53
240	26,80	17,54	33,32	21,70
300	33,49	21,90	41,64	27,12
400	39,60	26,00	55,20	36,16
500	49,50	32,50	69,00	45,20
625/630	62,37	40,95	86,95	56,95
800	79,20	52,00	110,40	72,33
1000	99,00	65,00	138,00	90,40

Максимальная продолжительность короткого замыкания не должна превышать 5 с.

Кабели силовые с пластмассовой изоляцией, экранированные на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ

По данным АО «Электрокабель Кольчугинский завод».

Допустимые токовые нагрузки кабелей экранированных с изоляцией из *поливинилхлоридного пластика*, с *медными* жилами

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	Одножильных на постоянном токе		Двух- и трехжильных на переменном токе		Четырех- и пятижильных на переменном токе	
	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле
16	113	159	84	102	78,12	94,86
25	153	207	112	133	104,16	123,69
35	187	149	137	158	127,41	146,94
50	227	295	167	187	155,31	173,91
70	286	364	211	231	196,23	214,83
95	354	436	261	279	242,73	259,47
120	413	499	302	317	280,86	294,81
150	473	561	346	358	321,78	332,94
185	574	637	397	405	369,21	376,65
240	655	743	472	471	438,96	438,03

Допустимые токовые нагрузки кабелей экранированных с изоляцией из *сшитого полиэтилена*, с *медными* жилами

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	Одножильных на постоянном токе		Двух- и трехжильных на переменном токе		Четырех- и пятижильных на переменном токе	
	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле
16	139	175	104	112	96,72	104,16
25	188	228	141	144	131,13	133,92
35	230	274	172	173	159,96	160,89
50	281	325	209	205	194,37	190,65
70	356	399	265	253	246,45	235,29
95	440	478	327	304	304,11	282,72
120	514	546	381	347	354,33	322,71
150	591	614	437	391	406,41	363,63
185	685	695	504	442	468,72	411,06
240	821	812	598	515	556,14	478,95

Допустимые токовые нагрузки кабелей экранированных с изоляцией из *поливинилхлоридного пластика*, с *алюминиевыми* жилами

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	Одножильных на постоянном токе		Двух- и трехжильных на переменном токе		Четырех- и пятижильных на переменном токе	
	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле
25	117	159	87	102	80,91	94,86
35	143	192	106	123	98,58	114,39
50	176	229	126	143	117,18	132,99
70	223	282	161	178	149,73	165,54
95	275	339	197	214	183,21	199,02
120	320	388	229	244	212,97	226,92
150	366	434	261	274	242,73	254,82
185	425	494	302	312	280,86	290,16
240	508	576	359	363	333,87	337,59

Допустимые токовые нагрузки кабелей экранированных с изоляцией из *сшитого* полиэтилена, с алюминиевыми жилами

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А					
	Одножильных на постоянном токе		Двух- и трехжильных на переменном токе		Четырех- и пятижильных на переменном токе	
	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле
25	144	176	108	112	100,44	104,16
35	176	211	134	135	124,62	125,55
50	217	251	158	157	146,94	146,01
70	276	309	203	195	188,79	181,35
95	340	371	248	233	230,64	216,69
120	399	423	290	267	269,7	248,31
150	457	474	330	299	306,9	278,07
185	531	539	382	341	355,26	317,13
240	636	629	453	397	421,29	369,21

Кабели с изоляцией СПЭ на напряжение 6, 10, 20, 35 кВ

По данным АО «Электрокабель Кольчугинский завод».

Длительно допустимые токи кабелей при коэффициенте нагрузки $k=1$ для температуры окружающей среды 25 °С – при прокладке на воздухе и 15 °С – при прокладке в земле.

Расчетные условия при прокладке кабелей в земле:

- глубина прокладки – 0,7 м;
- удельное термическое сопротивление нормализованного грунта $r=1,2 \text{ К}\cdot\text{м/Вт}$.

Токи кабелей рассчитаны для случая заземления медных экранов с двух концов кабеля.

При прокладке одножильных кабелей в плоскости токи рассчитаны при расстоянии между кабелями в свету, равном диаметру кабеля, при прокладке треугольником - вплотную.

Токовые нагрузки для одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 6 кВ

Ном. сечение жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А							
	Медные жилы				Алюминиевые жилы			
	Прокладка в земле		Прокладка на воздухе		Прокладка в земле		Прокладка на воздухе	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
35	221	193	250	203	172	147	188	155
50	250	225	290	240	195	170	225	185
70	310	275	360	300	240	210	280	230
95	336	326	448	387	263	253	349	300
120	380	370	515	445	298	288	403	346
150	416	413	574	503	329	322	452	392
185	466	466	654	577	371	364	518	450
240	531	537	762	677	426	422	607	531
300	590	604	865	776	477	476	693	609
400	633	677	959	891	525	541	787	710
500	697	759	1081	1025	587	614	900	822
630	762	848	1213	1166	653	695	1026	954
800	825	933	1349	1319	719	780	1161	1094

Токовые нагрузки для трехжильных бронированных и небронированных кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 6 кВ

Ном. сечение жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А			
	Медные жилы		Алюминиевые жилы	
	Прокладка в земле	Прокладка на воздухе	Прокладка в земле	Прокладка на воздухе
35	164	179	126	138
50	192	213	148	165
70	233	263	181	204
95	279	319	216	248
120	316	366	246	285
150	352	413	275	321
185	396	471	311	368
240	457	550	358	432

Токовые нагрузки для одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10 кВ

Ном. сечение жила, мм ²	Токовые нагрузки, А							
	Медные жилы				Алюминиевые жилы			
	Прокладка в земле		Прокладка на воздухе		Прокладка в земле		Прокладка на воздухе	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	250	225	290	240	195	170	225	185
70	310	275	360	300	240	210	280	230
95	336	326	448	387	263	253	349	300
120	380	370	515	445	298	288	403	346
150	416	413	574	503	329	322	452	392
185	466	466	654	577	371	364	518	450
240	531	537	762	677	426	422	607	531
300	590	604	865	776	477	476	693	609
400	633	677	959	891	525	541	787	710
500	697	759	1081	1025	587	614	900	822
630	762	848	1213	1166	653	695	1026	954
800	825	933	1349	1319	719	780	1161	1094

Токовые нагрузки для одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 20, 35 кВ

Ном. сечение жила, мм ²	Токовые нагрузки, А							
	Медные жилы				Алюминиевые жилы			
	Прокладка в земле		Прокладка на воздухе		Прокладка в земле		Прокладка на воздухе	
	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником	в плоскости	треугольником
50	230	225	290	250	185	175	225	190
70	290	270	365	310	225	215	280	240
95	336	326	446	389	263	253	348	301
120	380	371	513	448	298	288	402	348
150	417	413	573	507	330	322	451	394
185	446	466	652	580	371	365	516	452
240	532	538	760	680	426	422	605	533
300	582	605	863	779	477	476	690	611
400	635	678	957	895	526	541	783	712
500	700	762	1081	1027	588	615	897	824
630	766	851	1213	1172	655	699	1023	953
800	830	942	1351	1325	722	782	1159	1096

Токовые нагрузки для трехжильных бронированных и небронированных кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10, 20, 35 кВ

Ном. сечение жила, мм ²	Токовые нагрузки, А							
	при прокладке в земле				При прокладке в воздухе			
	С медными жилами		С алюминиевыми жилами		С медными жилами		С алюминиевыми жилами	
	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ
	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ	10 кВ	20,35 кВ
50	207	207	156	161	206	215	159	163
70	253	248	193	199	255	264	196	204
95	300	300	233	233	329	331	255	256
120	340	341	265	265	374	376	291	292
150	384	384	300	300	423	426	329	331
185	433	433	338	339	479	481	374	375
240	500	500	392	392	562	564	441	442

Токовые нагрузки для одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ, не распространяющие горение на напряжение 6 и 10 кВ

Номинальное сечение жилы кабеля, мм ²	Ток при прокладке на воздухе, А			
	С медной жилой при расположении		С алюминиевой жилой при расположении	
	В плоскости	треугольником	В плоскости	Треугольником
50	290	240	225	185
70	360	300	280	230
95	448	387	349	300
120	515	445	403	346
150	574	503	452	392
185	654	577	518	450
240	762	677	607	531
300	865	776	693	609
400	959	891	787	710
500	1081	1025	900	822
630	1213	1166	1026	954
800	1349	1319	1161	1094

Токовые нагрузки для трехжильных кабелей с изоляцией из СПЭ, не распространяющие горение на напряжение 6 и 10 кВ

Номинальное сечение жил кабеля, мм ²	Ток при прокладке на воздухе, А			
	с медными жилами		с алюминиевыми жилами	
	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ
50	213	206	165	159
70	263	255	204	196
95	319	329	248	255
120	366	374	285	291
150	413	423	321	329
185	471	479	368	374
240	55	562	432	441
300	630	635	495	501

Токовые нагрузки для одножильных кабелей с изоляцией из СПЭ, не распространяющие горение, в холодостойком исполнении на напряжение 6 и 10 кВ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток при прокладке на воздухе, А, кабеля на напряжение 6 и 10 кВ			
	с медной жилой		с алюминиевой жилой	
	в плоскости	Треугольником	в плоскости	Треугольником
35	250	203	188	155
50	290	240	225	185
70	360	300	280	230
95	448	387	349	300
120	515	445	403	346
150	574	503	452	392
185	654	577	518	450
240	762	677	607	531
300	865	776	693	609
400	959	891	787	710
500	1081	1025	900	822
630	1213	1166	1026	954
800	1349	1319	1161	1094

Токовые нагрузки для трехжильных бронированных и небронированных кабелей с изоляцией из СПЭ, не распространяющие горение, в холодостойком исполнении на напряжение 6 и 10 кВ

Номинальное сечение жилы, мм ²	Ток при прокладке на воздухе, А			
	Кабеля с медными жилами		Кабеля с алюминиевыми жилами	
	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ
35	147	192	115	150
50	213	206	165	159
70	263	255	204	196
95	319	329	248	255
120	366	374	285	291
150	413	423	321	329
185	471	479	368	374
240	550	562	432	441
300	630	635	495	501

При других расчетных температурах окружающей среды необходимо применять поправочные коэффициенты

Условия прокладки	Поправочные коэффициенты при температуре среды, °С											
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Земля	1,13	1,1	1,06	1,03	1,0	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73
Воздух	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Допустимые токи кабеля в режиме перегрузки при прокладке в земле и на воздухе могут быть рассчитаны путем умножения значений, указанных в таблицах на коэффициент 1,17 при прокладке в земле и на коэффициент 1,20 при прокладке в воздухе.

Допустимые токи кабелей, проложенных в земле в трубах длиной более 10 м, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах, на коэффициент 0,94, если одножильные кабели проложены в отдельных трубах, и на коэффициент 0,9, если три одножильных кабеля проложены в одной трубе.

Допустимые токи нескольких кабелей проложенных в земле, включая проложенные в трубах, должны быть уменьшены путем умножения значений токов, указанных в таблицах на коэффициенты приведенные в таблице

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при числе кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА, кабеля	
	С медной жилой	С алюминиевой жилой
35	5,0	3,3
50	7,15	4,7
70	10,0	6,6
95	13,6	8,9
120	17,2	11,3
150	21,5	14,2
185	26,5	17,5
240	34,3	22,7
300	42,9	28,2
400	57,2	37,6
500	71,5	47,0
630	90,1	59,2
800	114,4	75,2

Токи короткого замыкания рассчитаны при температуре жилы до начала короткого замыкания 90 °С и предельной температуре жилы при коротком замыкании 250 °С.

Допустимые токи односекундного короткого замыкания в медных экранах

Номинальное сечение медного экрана, мм ²	Ток односекундного короткого замыкания, кА, не более
16	3,3
25	5,1
35	7,1
50	10,2
70	14,2

Самонесущие изолированные провода (СИП)

По данным АО «Электрокабель Кольчугинский завод».

Допустимые токовые нагрузки изолированных проводов для воздушных линий передач (СИП)

Номинальное сечение основных жил, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А, не более			Допустимый ток односекундного короткого замыкания, кА, не более	
	Самонесущих изолированных проводов	Защищенных проводов		Самонесущих изолированных проводов	Защищенных проводов
		20 кВ	35 кВ		
16	100	-	-	1,5	-
25	130	-	-	2,3	-
35	160	200	220	3,2	3,0
50	195	245	270	4,6	4,3
70	240	310	340	6,5	6,0
95	300	370	400	8,8	8,2
120	340	430	460	10,9	10,3
150	380	485	520	13,2	12,9
185	436	560	600	16,5	15,9
240	515	600	670	22,0	20,6

Кабели гибкие КГ и прочие

По данным АО «Электрокабель Кольчугинский завод».

Токовые нагрузки для кабелей марки КГ, КГН, КПП1У, КПП2У, КППЭ2У, КППН1У, КППНЭ2У, КПППУ1У, КПППУЭ2У, КГРПУ, КГРПУЭ, КПП2Уо, КППН2Уо при температуре окружающей среды 25°C. Токовые нагрузки кабелей в теплостойком исполнении должны быть увеличены на 10%.

Сечение основных жил, мм ²	Токовые нагрузки, А, не более, для кабелей:					
	с одной жилой	с двумя основными, с жилой заземления или нулевой и без них	с тремя основными, с жилой заземления или нулевой и без них	с тремя основными, с жилой заземления или нулевой и без них, с одной или двумя вспомогательными жилами	с четырьмя основными жилами	с пятью основными жилами
0,75	-	22	22	-	-	-
1,0	-	26	24	-	20	20
1,5	-	30	30	27	25	25
2,5	60	40	40	35	35	30
4	80	55	50	45	45	40
6	100	60	60	60	55	50
10	135	90	80	80	75	70
16	175	115	105	100	95	95
25	220	145	135	130	125	115
35	270	180	165	160	150	140
50	330	220	205	200	180	175
70	400	260	250	235	220	210
95	465	300	290	270	260	250
120	535	350	335	320	300	290
150	610	400	385	370	350	-
185	680	450	430	410	400	380
240	800	600	610	600	560	510
300	910	-	-	-	-	-
400	1060	-	-	-	-	-

Номинальное сечение основных жил, мм ²	Токовые нагрузки, А, не более, для кабелей марки КГ на 380 В				
	с одной жилой	с двумя основными жилами и жилой заземления или нулевой и без них	с тремя основными жилами и жилой заземления или нулевой и без них	с четырьмя основными жилами	с пятью основными жилами
0,75	-	21		-	-
1,0	-	25	23	19	
1,5	-	29		24	
2,5	57	38		33	29
4	76	52	48	43	38
6	95	57		52	48
10	128	86	76	71	67
16	166	109	100	90	86
25	209	138	128	119	109
35	257	171	157	143	133
50	314	209	195	171	166
70	380	247	238	209	200
95	442	285	276	247	238
120	508	333	318	-	-

Шины прямоугольного сечения

Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток*, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15х3	210				165	—			16х2,5	55/70
20х3	275	—	—	—	215	—	—	—	20х2,5	60/90
25х3	340	—	—	—	265	—	—	—	25 х 2,5	75/110
30х4	475	—	—	—	365/370	—	—	—	20 х 3	65/100
40х4	625	-/1090	—	—	480	-/855	—	—	25 х 3	80/120
40х5	700/705	-/1250	—	—	540/545	-/965	—	—	30х 3	95/140
50х5	860/870	-/1525	-/1895	—	665/670	-/1180	-/1470	—	40х3	125/190
50х6	955/960	-/1700	-/2145	—	740/745	-/1315	-/1655	—	50х3	155/230
60х6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	870/880	1350/1555	1720/1940	—	60 х 3	185/280
80х6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170	1630/2055	2100/2460	—	70 х 3	215/320
100х6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455	1935/2515	2500/3040	—	75 х 3	230/345
60х8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040	1680/1840	2180/2330	—	80 х 3	245/365
80х8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355	2040/2400	2620/2975	—	90х3	275/410
100х8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690	2390/2945	3050/3620	—	100х3	305/460
120х8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040	2650/3350	3380/4250	—	20х4	70/115
60х10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—	22 х 4	75/125
80х10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540	2410/2735	3100/3440	—	25 х 4	85/140
100х10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30х4	100/165
120х10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40х4	130/220
									50х4	165/270
									60х4	195/325
									70х4	225/375
									80х4	260/430
									90х 4	290/480
									100х4	325/535

*В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе — постоянного.

Американский калибр проводов (AWG)

В Северной Америке сечения жил кабелей указываются в AWG размерах (American Wire Gauge, Американский калибр проводов) или для больших сечений (более AWG 4/0) в размерности kcmil (kilo circular mils).

Многожильные провода обозначаются тремя числами: калибр провода целиком, количество проводников и калибр проводника. Количество проводников и калибр проводника разделены косой чертой. Например, 22 AWG 7/30 - это многожильный провод размером 22 AWG, собранный из семи проводников 30 AWG.

ГОСТ 22483-2012 (IEC 60228:2004) «Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров».

AWG	Площадь поперечного сечения, мм ²	AWG	Площадь поперечного сечения, мм ²
0000 (4/0)	107	19	0,653
000 (3/0)	85,0	20	0,518
00 (2/0)	67,4	21	0,410
0 (1/0)	53,5	22	0,326
1	42,4	23	0,258
2	33,6	24	0,205
3	26,7	25	0,162
4	21,2	26	0,129
5	16,8	27	0,102
6	13,3	28	0,0810
7	10,5	29	0,0642
8	8,37	30	0,0509
9	6,63	31	0,0404
10	5,26	32	0,0320
11	4,17	33	0,0254
12	3,31	34	0,0201
13	2,62	35	0,0160
14	2,08	36	0,0127
15	1,65	37	0,0100
16	1,31	38	0,00797
17	1,04	39	0,00632
18	0,823	40	0,00501

kcmil	Площадь поперечного сечения, мм ²	kcmil	Площадь поперечного сечения, мм ²
250	127	750	380
300	152	800	405
350	177	900	456
400	203	1000	507
450	228	1200	608
500	253	1250	633
550	279	1500	760
600	304	1750	887
650	329	2000	1010
700	355		

Выбор кабелей и способов их прокладки

Выбор сечения кабеля напряжением выше 1000 В

1 Выбор сечения жил кабеля по экономической плотности тока

Расчетное сечение жил кабеля:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{р}}}{J_{\text{эк}}} \text{ мм}^2,$$

где $I_{\text{р}}$ – расчетный ток кабеля, кВ·А;

$J_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока (по таблице 1.3.36 ПУЭ), А/мм².

По рассчитанному значению $S_{\text{эк}}$ выбирается ближайшее стандартное сечение для выбранной марки кабеля.

Экономическая плотность тока (таблица 1.3.36 ПУЭ)

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм, при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
– медные	2,5	2,1	1,8
– алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
– медными	3,0	2,5	2,0
– алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
– медными	3,5	3,1	2,7
– алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

2 Проверка сечения жил кабеля по нагреву в длительном режиме

Для выбранного кабеля должно соблюдаться условие:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_T \cdot K_{\text{пр}} = I_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{\text{дл}} - \Theta_{\text{окр}}}{\Theta_{\text{дл}} - \Theta_{\text{р.окр}}}} \cdot K_{\text{пр}} \geq I_{\text{р}},$$

где K_T – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды (по таблице 1.3.3 ПУЭ или по приведенной формуле);

$\Theta_{\text{окр}}$ – фактическая температура окружающей среды, °С;

$\Theta_{\text{дл}}$ – максимальная рабочая температура жил кабеля, по таблице ниже, °С;

$\Theta_{\text{р.окр}}$ – расчетная температура окружающей среды, обычно равная 25 °С при прокладке кабеля на воздухе и 15 °С при прокладке в земле.

$I_{\text{доп}}$ – допустимый ток кабеля (по справочным данным производителя кабелей), А;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий способ прокладки кабеля (по главе 1.3 ПУЭ или приведенным ниже таблицам).

Если определены несколько коэффициентов, то они перемножаются, чтобы получить один $K_{\text{пр}}$.

Максимальная рабочая температура жил кабеля ($\Theta_{\text{дл}}$)

Тип изоляции	$\Theta_{\text{дл}}$, °С
Сшитый полиэтилен (СПЭ, XLPE)	90
Этиленпропиленовая резина (ЭПР, EPR)	90, 105 (не подтверждено)
Поливинилхлорид (ПВХ, PLC)	70
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 1 кВ	80
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 6 кВ	65
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 10 кВ	60

Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха (таблица 1.3.3 ПУЭ)

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах (таблица 1.3.12 ПУЭ)

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов, питающих	
	одножильных	многожильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	—	До 4	1,0	—
	2	5-6	0,85	—
	3-9	7-9	0,75	—
	10-11	10-11	0,7	—
	12-14	12-14	0,65	—
	15-18	15-18	0,6	—
Однослойно	2-4	2-4	—	0,67
	5	5	—	0,6

Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли (таблица 1.3.23 ПУЭ)

Характеристика земли	Удельное сопротивление см·К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9% песчано-глинистая почва влажностью более 1%	80	1,05
Нормальная почва и песок влажностью 7-9%, песчано-глинистая почва влажностью 12-14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8-12%	200	0,87
Песок влажностью до 4%, каменистая почва	300	0,75

Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб) (таблица 1.3.26 ПУЭ)

Расстояние между кабелями в свету, мм ²	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

3 Проверка сечения жил кабеля при воздействии тока короткого замыкания

Грубый расчет, который не учитывает предварительную нагрузку кабеля и способ его прокладки может производиться по допустимому односекундному току короткого замыкания (КЗ), данные о котором предоставляет производитель кабеля. Должно соблюдаться условие:

$$\frac{I_{КЗ.1}}{\sqrt{t}} \geq I_{КЗ.макс}^{(3)}$$

где $I_{\text{КЗ.макс}}^{(3)}$ – максимальный ток трехфазного КЗ, кА;

$I_{\text{КЗ},t}$ – допустимый односекундный ток КЗ кабеля (по справочным данным производителя кабеля), кА.

t – длительность прохождения тока КЗ, с.

Более точный расчет производится методике, которая приводится в циркуляре Ц-02-98 (Э).

Для кабелей с изоляцией из СПЭ и ЭПР расчетная температура токопроводящих жил при коротком замыкании – 250 °С, для кабелей с ПВХ изоляцией – 160 °С, для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией – 200 °С.

Температура нагрева жил кабеля при действии тока КЗ:

$$\Theta_{\text{к}} = \Theta_{\text{н}} \cdot e^k + a(e^k - 1),$$

где $\Theta_{\text{н}}$ – температура жил до КЗ, °С;

a – величина равная 228 °С для алюминиевых жил и 234,5 °С для медных жил;

k – коэффициент, учитывающий тепловой импульс от тока КЗ и площадь сечения жил.

Температура $\Theta_{\text{к}}$ не должна превышать максимальную температуру при коротком замыкании ($\Theta_{\text{к.макс}}$).

Максимальная температура жил кабеля при коротком замыкании ($\Theta_{\text{к.макс}}$)

Тип изоляции	$\Theta_{\text{дл}}$, °С
Сшитый полиэтилен (СПЭ, XLPE)	250
Этиленпропиленовая резина (ЭПР, EPR)	250
Поливинилхлорид (ПВХ, PLC)	160
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 1 кВ	250
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 6 кВ	200
Бумажная пропитанная изоляция на напряжение 10 кВ	200

Температура жил до КЗ:

$$\Theta_{\text{н}} = \Theta_{\text{окр}} + (\Theta_{\text{дл}} - \Theta_{\text{р.окр}}) \left(\frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пр}}} \right)^2 \text{ °С}.$$

Коэффициент k :

$$k = \frac{b \cdot B_{\text{т}}}{S^2} = \frac{b \cdot (I_{\text{КЗ.макс}}^{(3)})^2 (t + T_{\text{а}})}{S^2},$$

где b – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жил, равная для меди 19,58 мм⁴/(кА²·с), для алюминия – 45,65 мм⁴/(кА²·с);

$B_{\text{т}}$ – тепловой импульс, кА²·с;

S – сечение жил кабеля, мм²;

t – время отключения тока КЗ, включающее время действия релейной защиты и время отключения выключателя;

$T_{\text{а}}$ – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с.

Постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ:

$$T_{\text{а}} = \frac{x_{\Sigma}}{2\pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}},$$

где x_{Σ} – суммарное эквивалентное значение индуктивного сопротивления сети от источника питания до места КЗ, Ом;

f – частота тока сети, равная 50 Гц;

R_{Σ} – суммарное эквивалентное значение активного сопротивления сети от источника питания до места КЗ, Ом.

4 Выбор сечения экрана кабеля

Расчетное сечение экрана кабеля с изоляцией из СПЭ:

$$S_{\text{э}} = \frac{I_{\text{КЗ.макс}}^{(2)}}{K \cdot k_{\text{э}}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{КЗ.макс}}^{(3)} \cdot \sqrt{t}}{2 k_{\text{э}}} \text{ мм}^2,$$

где $k_{\text{э}}$ – коэффициент равный 0,203 для кабеля с изоляцией из СПЭ.

Преимущественные области применения кабельных изделий с учетом их типа исполнения по ГОСТ 31565-2012

Кабельные изделия подразделяются по показателям пожарной опасности на следующие типы исполнения:

- кабельные изделия, не распространяющие горение при одиночной прокладке (без обозначения);
- кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке (исполнение - нг(...)(*));
- кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением (исполнение - нг(...)(*)-LS);
- кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении (исполнение - нг(...)(*)-HF);
- кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением (исполнение - нг(...)(*)-FRLS);
- кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении (исполнение - нг(...)(*)-FRHF);
- кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение - нг(...)(*)-LSLTx);
- кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, не выделяющие коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение - нг(...)(*)-HFLTx);
- кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение - нг(...)(*)-FRLSLTx);
- кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения (исполнение - нг(...)(*)-FRHFLTx).

Вместо знака * указывают соответствующую категорию: А F/R, А, В, С или D.

В ГОСТ 31565-2012 используются следующие определения способов прокладки:

- одиночная прокладка – одиночный кабель или ряд кабелей, расстояние по воздуху в свету от которых до ближайшего кабеля превышает 300 мм;
- групповая прокладка – ряд кабелей с расстоянием по воздуху в свету между ними не более 300 мм.

Тип исполнения кабельного изделия	Класс пожарной опасности	Преимущественная область применения
Без обозначения	О1.8.2.5.4.	Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Групповая прокладка разрешается только в наружных электроустановках и производственных помещениях, где возможно лишь периодическое присутствие обслуживающего персонала, при этом необходимо применять пассивную огнезащиту
нг(А F/R) нг(А) нг(В) нг(С) нг(Д)	П1а.8.2.5.4 П1б.8.2.5.4 П2.8.2.5.4 П3.8.2.5.4 П4.8.2.5.4	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в открытых кабельных сооружениях (эстакадах, галереях) наружных электроустановок
нг(А F/R)-LS нг(А)-LS нг(В)-LS нг(С)-LS нг(Д)-LS	П1а.8.2.2.2 П1б.8.2.2.2 П2.8.2.2.2 П3.8.2.2.2 П4.8.2.2.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях, сооружениях и закрытых кабельных сооружениях
нг(А F/R)-HF нг(А)-HF нг(В)-HF нг(С)-HF нг(Д)-HF	П1а.8.1.2.1 П1б.8.1.2.1 П2.8.1.2.1 П3.8.1.2.1 П4.8.1.2.1	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в многофункциональных высотных зданиях и зданиях - комплексах
нг(А F/R)-FRLS нг(А)-FRLS нг(В)-FRLS нг(С)-FRLS нг(Д)-FRLS	П1а.7.2.2.2 П1б.7.2.2.2 П2.7.2.2.2 П3.7.2.2.2 П4.7.2.2.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в системах противопожарной защиты, а также других системах, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара

Тип исполнения кабельного изделия	Класс пожарной опасности	Преимущественная область применения
нг(A F/R)-FRHF нг(A)-FRHF нг(B)-FRHF нг(C)-FRHF нг(D)-FRHF	П1а.7.1.2.1 П1б.7.1.2.1 П2.7.1.2.1 П3.7.1.2.1 П4.7.1.2.1	
нг(A F/R)-LSLTx нг(A)-LSLTx нг(B)-LSLTx нг(C)-LSLTx нг(D)-LSLTx	П1а.8.2.1.2 П1б.8.2.1.2 П2.8.2.1.2 П3.8.2.1.2 П4.8.2.1.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в зданиях детских дошкольных и образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, в спальных корпусах образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений
нг(A F/R)-HFLT _x нг(A)-HFLT _x нг(B)-HFLT _x нг(C)-HFLT _x нг(D)-HFLT _x	П1а.8.1.1.1 П1б.8.1.1.1 П2.8.1.1.1 П3.8.1.1.1 П4.8.1.1.1	
нг(A F/R)-FRLSLTx нг(A)-FRLSLTx нг(B)-FRLSLTx нг(C)-FRLSLTx нг(D)-FRLSLTx	П1а.7.2.1.2 П1б.7.2.1.2 П2.7.2.1.2 П3.7.2.1.2 П4.7.2.1.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в системах противопожарной защиты, а также в других системах, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара, в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, в спальных корпусах образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений
нг(A F/R)-FRHFLT _x нг(A)-FRHFLT _x нг(B)-FRHFLT _x нг(C)-FRHFLT _x нг(D)-FRHFLT _x	П1а.7.1.1.1 П1б.7.1.1.1 П2.7.1.1.1 П3.7.1.1.1 П4.7.1.1.1	

Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях. Типовой проект А5-92

Обратите внимание, что в следующей таблице указаны объемы земляных работ на 100 м траншеи, не забудьте поделить на 100, если умножаете на длину вашей траншеи в метрах.

Все чертежи разрезов кабельных траншей, приведенные в следующей таблице можно найти в формате DWG на [сайте](https://sites.google.com/view/spravochnik-electro) (<https://sites.google.com/view/spravochnik-electro>) в разделе «Ссылки для скачивания дополнительных материалов», А5-92. Чертежи выполнены в масштабе 1:20.

Габариты кабельных траншей и объемы земляных работ А5-92-13

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ПК, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-1		18,0	12,0	6,0	25,09	18,30	6,79	208,3
T-2		27,0	18,0	9,0	34,09	24,30	9,79	208,3
T-3		36,0	24,0	12,0	43,09	30,30	12,79	208,3

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ГВК, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-4		45,0	30,0	15,0	52,09	36,30	15,79	208,3
T-5		54,0	36,0	18,0	61,09	42,30	18,79	208,3
T-6		63,0	42,0	21,0	70,09	48,30	21,79	416,7

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ПКБ, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-7	<p>Обратная засыпка местным грунтом</p> <p>Лента сигнальная ЛСЭ 750</p> <p>Кирпич</p> <p>Плита ПКБ 360x480x16 - 2 шт</p> <p>Песок</p> <p>Мелкая просеянная земля</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>700</p> <p>900</p> <p>300</p> <p>800</p> <p>мин. 1000</p> <p>мин. 1000</p> <p>Охранная зона</p>	72,0	48,0	24,0	79,09	54,30	24,79	416,7
T-8	<p>Обратная засыпка местным грунтом</p> <p>Лента сигнальная ЛСЭ 900</p> <p>Кирпич</p> <p>Плита ПКБ 480x480x16 - 2 шт</p> <p>Песок</p> <p>Мелкая просеянная земля</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>700</p> <p>900</p> <p>300</p> <p>900</p> <p>мин. 1000</p> <p>мин. 1000</p> <p>Охранная зона</p>	81,0	54,0	27,0	88,09	60,30	27,79	416,7
T-9	<p>Обратная засыпка местным грунтом</p> <p>Лента сигнальная ЛСЭ 900</p> <p>Кирпич</p> <p>Плита ПКБ 480x480x16 - 2 шт</p> <p>Песок</p> <p>Мелкая просеянная земля</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>мин. 50 для ЛСЭ</p> <p>700</p> <p>900</p> <p>300</p> <p>1000</p> <p>мин. 1000</p> <p>мин. 1000</p> <p>Охранная зона</p>	90,0	60,0	30,0	97,09	66,30	30,79	416,7

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ГВК, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-10		37,5	28,5	9,0	51,17	41,38	9,79	208,3
T-11		62,5	47,5	15,0	76,17	60,38	15,79	208,3

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ГВК, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-12		75,0	57,0	18,0	88,67	69,88	18,79	208,3
T-13		100,0	76,0	24,0	113,67	88,88	24,79	416,7
T-14		112,5	85,5	27,0	126,17	98,38	27,79	416,7

Тип траншеи	Рисунок	Объем земляных работ на 100 м траншеи, для траншеи с отвесными стенками, м ³			Объем земляных работ на 100 м траншеи, с учетом угла откоса 5°, м ³			Количество плит ГВК, указанных на рисунке на 100 м траншеи, шт
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем мелкой просеянной земли или песка	
T-15		125,0	95,0	30,0	138,67	107,88	30,79	416,7

Прокладка взаиморезервирующих кабелей в земле

Взаиморезервирующие кабели, в соответствии с ТЦ №16/2007 – О прокладке взаиморезервирующих кабелей в траншеях, прокладываются в разных траншеях с расстоянием между траншеями не менее 1 м, либо в одной траншее с расстоянием между группами кабелей не менее 1 м. Если есть кабель от третьего независимого источника питания, то расстояние между траншеями должно быть не менее 3 м. Допускается прокладка с меньшими расстояниями в стесненных условиях.

Выбор контрольных кабелей

При выборе числа жил контрольных кабелей закладывается резерв (согласно ВСН 205-84 (не действует) Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов):

Для алюминиевых жил:

При количестве жил от 4 до 10 – 1 резервная жила;

При количестве жил от 14 до 37 – 2 резервные жилы.

Для медных жил:

При количестве жил от 2 до 7 – без резерва;

При количестве жил от 8 до 26 – 1 резервная жила;

При количестве жил от 27 до 59 – 2 резервные жилы;

При количестве жил от 60 до 105 – 3 резервные жилы.

Минимальные значения сечения жил кабелей и проводов электропроводок

СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85
Таблица 1. Эта же таблица приведена в **ГОСТ Р 50571.5.52-2011** «Электроустановки низковольтные Часть 5-52 Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» Таблица 52.2

Тип электропроводки		Назначение цепи	Проводник	
			Материал жил	Площадь поперечного сечения, мм ²
Стационарные электроустановки	Кабели и изолированные проводники	Силовые и осветительные сети	Медь	1,5
			Алюминий	В соответствии с МЭК 60228 (10) (см. примечание 1)
		Сигнализация и цепи	Медь	0,5 (см. примечание 2)
	Неизолированные проводники	Силовые цепи	Медь	10
			Алюминий	16
		Сигнализация и цепи	Медь	4
Соединения с гибкими изолированными проводниками и кабелями		Для специального применения	Медь	По нормам и требованиям соответствующих стандартов
		Для любого другого применения		0,75 ^{а)}
		Схемы сверхнизкого напряжения для специального применения		0,75

Примечания:

1 Оконцеватели для алюминиевых проводников должны быть испытаны и предназначены для этого применения.
2 В цепях сигнализации и цепях управления, предназначенных для электронного оборудования, разрешается минимальная площадь поперечного сечения 0,1 мм².

3 Особые требования для освещения ELV см. в МЭК 60364-7-715.

а) Примечание 2 относится также к многожильным гибким кабелям, содержащим 7 или большее количество жил.

Примечание 1 – ГОСТ 22483 идентичен МЭК 60228.

Примечание 2 – Для осветительных установок сверхнизкого напряжения ГОСТ Р 50571.7.715 идентичен МЭК 60364-7-715.

Примечание 3 – Для систем со светильниками, подвешенными на проводах, минимальная площадь поперечного сечения проводников СНН, которые подключены к зажимам или выводам трансформаторов/преобразователей должна быть 4 мм² по соображениям механической прочности.

СП 76.13330.2016 п. 6.3.8.9 Монтаж цепей постоянного и переменного тока в пределах щитовых устройств (панели, пульты, шкафы, ящики и т.п.), а также внутренние схемы соединений приводов выключателей, разъединителей и других устройств по условиям механической прочности должны быть выполнены проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее:

- для однопроволочных жил, присоединяемых винтовыми зажимами, – 1,5 мм²;
- для однопроволочных жил, присоединяемых пайкой, – 0,5 мм²;
- для многопроволочных жил, присоединяемых пайкой или под винт с помощью специальных наконечников, – 0,35 мм². В технически обоснованных случаях допускается применение проводов с многопроволочными медными жилами, присоединяемыми пайкой, сечением менее 0,35 мм², но не менее 0,2 мм²;
- для жил, присоединяемых пайкой в цепях напряжением не выше 60 В (диспетчерские щиты и пульты, устройства телемеханики и т.п.), – 0,197 мм².

Площадь поперечного сечения нейтрального проводника

ГОСТ Р 50571.5.52-2011 «Электроустановки низковольтные Часть 5-52 Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» п. 524.2 (выдержки):

1. Площадь поперечного сечения нейтрального проводника должна быть, по крайней мере, равна площади поперечного сечения линейных проводников.
2. Если доля третьей гармоники превышает 33 %, необходимо увеличить площадь поперечного сечения нейтрального проводника. Далее см. ГОСТ Р 50571.5.52-2011.
3. Для многофазных цепей, где площадь поперечного сечения линейных проводников больше, чем 16 мм² по меди или 25 мм² по алюминию, площадь поперечного сечения нейтрального проводника может быть ниже площади поперечного сечения линейных проводников (обычно не ниже 50 %), если следующие условия выполняются одновременно:
 - нагрузка цепи в нормальном режиме распределена равномерно между фазами, третья гармоника не превышает 15 % тока линейного проводника;
 - нейтральный проводник защищается от сверхтоков согласно МЭК 60364-4-43 (подраздел 431.2);
 - площадь поперечного сечения нейтрального проводника - не меньше 16 мм² по меди или 25 мм² по алюминию.

Прокладка кабелей в трубах

Согласно СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85»: за подвесными потолками и в пустотах перегородок, выполненных с использованием материалов группы горючести Г3 и Г4, электропроводки следует выполнять в обладающих локализационной способностью металлических трубах, а также в обладающих локализационной способностью металлических глухих коробах. Локализационная способность – это способность стальной трубы выдерживать короткое замыкание в электропроводке, проложенной в ней, без прогорания ее стенок.

СП 76.13330.2016 Таблица 2 – Значения толщины стенки стальной трубы, обеспечивающей ее локализационную способность

Максимальное сечение жилы провода, мм ²		Толщина стенки трубы, не менее, мм
Алюминиевые жилы	Медные жилы	
до 4	до 2,5	0,5
6	-	2,5
10	4	2,8
16; 25	6; 10	3,2
35; 50	16	3,5
70	25; 35	4,0

СП 76.13330.2016: Расстояние между точками крепления стальных труб на горизонтальном и вертикальном участках должно быть не более чем:

- 2,5 м - при наружном диаметре труб 18 - 26 мм;
- 3,0 м - при наружном диаметре труб 30 - 42 мм;
- 4,0 м - при наружном диаметре труб 45 - 90 мм.

СП 76.13330.2016 Таблица 3 – Расстояние между точками крепления при горизонтальной и вертикальной прокладке проводов и кабелей в неметаллических трубах

Наружный диаметр трубы, мм	Расстояние между точками крепления при горизонтальной и вертикальной прокладке, мм	
	гладких труб	гофрированных труб
20	1000	500
25	1100	550
32	1400	700
40	1600	800
50	1700	850
63	2000	-

Расчет потери напряжения кабельной линии

Род тока	Продольная составляющая падения напряжения (потеря напряжения)	Поперечная составляющая падения напряжения
Переменный трехфазный ток	$\Delta U\% = \frac{P \cdot r_{y\partial} \cdot l + Q \cdot x_{y\partial} \cdot l}{U_{\text{л}}^2 \cdot n} 10^3 \cdot 100\%$	$\delta U\% = \frac{P \cdot x_{y\partial} \cdot l - Q \cdot r_{y\partial} \cdot l}{U_{\text{л}}^2 \cdot n} 10^3 \cdot 100\%$
Переменный однофазный ток	$\Delta U\% = 2 \frac{P \cdot r_{y\partial} \cdot l + Q \cdot x_{y\partial} \cdot l}{U_{\phi}^2 \cdot n} 10^3 \cdot 100\%$	$\delta U\% = 2 \frac{P \cdot x_{y\partial} \cdot l - Q \cdot r_{y\partial} \cdot l}{U_{\phi}^2 \cdot n} 10^3 \cdot 100\%$
Постоянный ток	$\Delta U\% = 2 \frac{P \cdot r_{y\partial} \cdot l}{U^2 \cdot n} 10^3 \cdot 100\%$	-

где P - активная мощность передаваемая по линии, кВт;

Q - реактивная мощность передаваемая по линии, квар;

$r_{y\partial}, x_{y\partial}$ - удельное активное и индуктивное сопротивление кабельной линии, Ом/км;

l - длина кабельной линии, км;

$U_{\text{л}}$ - линейное напряжение сети, В;

U_{ϕ} - фазное напряжение сети, В;

U - напряжение сети, В;

n - количество кабелей, шт.

Сопротивления кабелей и проводов

Удельные сопротивления электротехнических материалов

Удельное сопротивление при температуре t :

$$\rho_t = \rho_{20}((t - 20)\alpha_R + 1),$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление материала при 20 °С, Ом·мм²/м;

t – температура материала, °С;

α_R – температурный коэффициент сопротивления материала, 1/К.

Материал	Удельное сопротивление при 20 °С, ρ_{20} , Ом·мм ² /м	Температурный коэффициент сопротивления материала, α_R , 1/К
Алюминий	0,028264	0,00403
Медь	0,017241	0,00393
Вольфрам	0,055	0,005
Железо	0,098	0,006
Золото	0,023	0,004
Манганин (3% Ni, 12% Mn, 85% Cu)	0,43 – 0,51	$(0,02 - 0,5) \cdot 10^{-4}$
Никель	0,087	0,003
Константан (40% Ni, 1,2% Mn, 58,8% Cu)	0,490	$(-0,4 - 0,1) \cdot 10^{-4}$
Нихром (67,5% Ni, 1,5% Mn, 16% Fe, 15% Cr)	1,100	0,000
Олово	0,12	0,005
Платина	0,107	0,004
Свинец	0,214	0,004
Серебро	0,016	0,004
Цинк	0,059	0,004
Сталь	0,138	0,0045
Нержавеющая сталь	0,7	можно пренебречь
Бронза	0,035	0,003

Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров (сопротивления) ГОСТ 22483-2012

Силовые кабели обычно имеют жилы однопроволочные и многопроволочные классов 1 или 2. В ГОСТ 22483-2012 предусмотрено 6 классов.

Класс 1 Жилы одножильных и многожильных кабелей и проводов

Номинальное сечение жилы, мм ²	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°C, Ом, не более		
	Медные жилы круглые и фасонные		Алюминиевые жилы круглые или фасонные без металлического покрытия или с металлическим покрытием
	нелуженные	луженные	
0,03	588,0	617,3	-
0,05	347,9	365,3	-
0,08	225,3	238,8	-
0,12	130,8	138,6	-
0,20	88,8	90,4	-
0,35	50,7	51,8	-
0,50	36,0	30,7	-
0,75	24,5	24,8	-
1,0	18,1	18,2	28,30
1,2	14,8	14,9	24,2
1,5	12,1	12,2	18,1
2,0	9,01	9,10	14,9
2,5	7,41	7,56	12,1
3,0	0,07	6,13	10,1
4,0	4,61	4,70	7,41
5,0	3,66	3,70	6,07
6,0	3,08	3,11	5,11
8,0	2,25	2,28	3,73
10,0	1,83	1,84	3,08
16,0	1,15	1,16	1,91
25,0	0,727	-	1,20
35	0,524	-	0,868
50	0,387	-	0,641
70	0,268	-	0,443
95	0,193	-	0,320
120	0,153	-	0,253
150	0,124	-	0,206
185	0,0991	-	0,164
240	0,0754	-	0,125
300	0,0601	-	0,100
400	0,0470	-	0,0778
500	0,0300	-	0,0605
625	0,0283	-	0,0469
800	0,0221	-	0,0367
1000	0,0176	-	0,0291

Класс 2 Жилы одножильных и многожильных кабелей и проводов

Номинальное сечение жилы, мм ²	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°C, Ом, не более		
	Медная жила		Алюминиевая жила без металлического покрытия или с металлическим покрытием
	нелуженая	луженая	
0,5	36,0	36,7	-
0,75	24,5	24,8	-
1,	18,1	18,2	35,4
1,2	16,8	17,1	28,0
1,5	12,1	12,2	22,7
2,0	9,43	9,61	15,8
2,5	7,41	7,56	12,4
3	5,61	5,72	9,40

Номинальное сечение жилы, мм ²	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°C, Ом, не более		
	Медная жила		Алюминиевая жила без металлического покрытия или с металлическим покрытием
	нелуженая	луженая	
4	4,61	4,70	7,41
5	3,54	3,57	5,87
6	3,08	3,11	5,11
8	2,31	2,33	3,83
10	1,83	0,84	3,08
16	1,15	0,16	1,91
25	0,727	0,734	1,20
35	0,524	0,529	0,868
50	0,387	0,391	0,641
70	0,268	0,270	0,443
95	0,193	0,195	0,320
120	0,153	0,154	0,253
150	0,124	0,126	0,206
185	0,0991	0,100	0,164
240	0,0754	0,0762	0,125
300	0,0601	0,0607	0,100
400	0,0470	0,0475	0,0778
500	0,0366	0,0369	0,0605
625	0,0283	0,0286	0,0469
800	0,0221	0,0224	0,0367
1000	0,0176	0,0177	0,0291
1200	0,0151		0,0247
1600	0,0113		0,0180
2000	0,0090		0,0149

Удельные сопротивления кабелей

Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009.

Каменский М., Холодный С. Силовые кабели 1-10 кВ с пластмассовой изоляцией. Расчет активного и индуктивного сопротивлений // Новости электротехники №4(34) 2005.

Расчет удельных сопротивлений кабеля:

Удельное активное сопротивление кабеля определяется по ГОСТ 22483-2012 или по формуле, Ом/км, мОм/м:

$$r_{20} = r_0 \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p) \cdot 1000$$

или

$$r_{20} = \rho \cdot S \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p) \cdot 1000,$$

где r_0 – удельное электрическое сопротивление жилы постоянному току при температуре 20 °С, Ом/км;

ρ – удельное сопротивление материала жил кабеля, Ом·мм²/м;

S – сечение жил кабеля, мм²;

γ_s – коэффициент поверхностного эффекта;

γ_p – коэффициент эффекта близости.

Следует отметить, что для кабелей обычной конструкции (с обычными однопроволочными или многопроволочными жилами) коэффициенты γ_s и γ_p можно не учитывать, так как они близки к нулю для таких кабелей даже с сечением жил 240 мм².

Удельное активное сопротивление при температуре t :

$$r_t = r_{20} ((t - 20)\alpha_R + 1),$$

где r_{20} – удельное сопротивление кабеля при 20 °С, Ом/км;

t – температура жил, °С;

α_R – температурный коэффициент сопротивления материала, 1/град.

Коэффициент поверхностного эффекта:

$$\gamma_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4},$$

где $x_s = \frac{8\pi f}{r_t} 10^{-7} k_s$;

f – частота тока, Гц.

Коэффициент эффекта близости для двухжильных кабелей и двух одножильных кабелей с круглыми жилами определяют по формуле:

$$\gamma_p = \frac{x_p^4}{192 + 0,8 \cdot x_p^4} \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 2,9,$$

где $x_p = \frac{8\pi f}{r_t} 10^{-7} k_p$;

d_c – диаметр жилы (можно рассчитать, зная площадь сечения жилы $d_c = \sqrt{4 \cdot S / \pi}$, но для многопроволочных жил

следует учесть коэффициент заполнения, в среднем 0,7, $d_c = \sqrt{4 \cdot S / (\pi \cdot 0,7)}$), мм;

s – среднее расстояние между осями жил, мм.

Коэффициент эффекта близости для трехжильных кабелей и трех одножильных кабелей с круглыми жилами определяют по формуле:

$$\gamma_p = \frac{x_p^4}{192 + 0,8x_p^4} \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 \left[0,312 \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{x_p^4}{192 + 0,8x_p^4} + 0,27} \right].$$

Для кабелей, расположенных в одной плоскости, s – расстояние между соседними фазами. Если расстояния между соседними фазами не одинаковые, то:

$$s = \sqrt{s_1 \cdot s_2}$$

Приведенная выше формула точна, если x_p не превышает 2,8.

Для многожильных кабелей с фасонными жилами значение γ_P должно составлять 2/3 значения, определенного по предыдущей формуле. При этом $d_c = d_x$ – диаметр эквивалентной круглой жилы с такой же площадью поперечного сечения и такой же степенью уплотнения, мм.

$$s = (d_x + 2b),$$

где b – толщина изоляции жилы, мм.

Экспериментальные значения коэффициентов k_S и k_P

Тип жилы	Пропитанная или нет	k_S	k_P
Медная жила:			
– круглая, многопроволочная;	Да	1	0,8
– круглая, многопроволочная;	Нет	1	1
– круглая, сегментная ¹⁾ ;		0,435	0,37
– полая, скрученная по спирали;	Да	2)	0,8
– секторная;	Да	1	0,8
– секторная.	Нет	1	1
Алюминиевая жила:			
– круглая, многопроволочная;	Да, нет	1	4)
– круглая, 4-сегментная;	Да, нет	0,28	4)
– круглая, 5-сегментная;	Да, нет	0,19	4)
– круглая, 6-сегментная;	Да, нет	0,12	4)
– сегментная с повивами стренг по периферии.	Да, нет	3)	4)

¹⁾ Приведенные значения относятся к жилам, состоящим из четырех сегментов (с центральным каналом или без него), площадь каждого из которых составляет до 1600 мм². Эти значения применимы к тем жилам кабелей, в которых все повивы проволок имеют одинаковое направление скрутки. Эти значения окончательно не утверждены, т. к. сам вопрос находится в стадии рассмотрения.

²⁾ Для определения k_S следует использовать следующую формулу:

$$k_S = \frac{d_c' - d_i}{d_c' + d_i} \left(\frac{d_c' + 2d_i}{d_c' + d_i} \right)^2,$$

где d_i – внутренний диаметр полый жилы (центрального канала), мм;

d_c' – наружный диаметр полый жилы, мм.

³⁾ Для кабелей, имеющих токопроводящую жилу, которая состоит из центральной сегментной части и одного или нескольких повивов стренг, при определении k_S следует использовать следующую формулу:

$$k_S = \left\{ 12c \left[(\alpha c - 0,5)^2 + (\alpha c - 0,5)(\psi - \alpha)c + 0,33(\psi - \alpha)^2 c^2 \right] + b(3 - 6b + 4b^2) \right\}^{0,5}, \quad (1)$$

где b – отношение общего сечения периферийных стренг к общему сечению готовой жилы;

c – отношение общего сечения части жилы к общему сечению готовой жилы, $c = (1 - b)$.

$$\alpha = \frac{1}{\left(1 + \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \right)^2},$$

$$\psi = \frac{2\pi/n + 2/3}{2(1 + \pi/n)},$$

где n – число сегментов.

Формула (1) применима для алюминиевых токопроводящих жил сечением до 1600 мм².

Если общее сечение периферийных стренг составляет более 30 % общего сечения жилы, тогда значение k_S принимают равным 1.

⁴⁾ Несмотря на то, что в настоящее время нет утвержденных данных, относящихся непосредственно к коэффициенту k_P для алюминиевых жил, рекомендуется использовать для многопроволочных алюминиевых жил

те же значения, которые приведены для медных жил аналогичной конструкции.

Для кабелей, проложенных в трубопроводах, поверхностный эффект и эффект близости следует увеличить на коэффициент 1,5.

Удельное индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км, мОм/м:

$$x_{\gamma 0} = \omega L \cdot 1000,$$

где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота тока сети, равная 314,16 рад/с для 50 Гц,

L – индуктивность жилы кабеля, Гн/м.

Индуктивность жилы кабеля, Гн/м:

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{2 \cdot s}{d_c} \right) + \frac{1}{4} \right),$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

$s = \sqrt[n]{s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n}$ – среднее расстояние между жилами кабеля, мм;

d_c – диаметр жилы кабеля, мм.

Трехжильный кабель	Четырехжильный кабель	Четырехжильный кабель 4 в ряд
$s = d + 2b$	$s = 1,122(d + 2b)$	$s = 1,513(d + 2b)^2$

Пятижильный кабель	Одножильный кабель оболочка+экран+броня	Одножильный кабель оболочка+экран+броня
$s = 1,272(d + 2b)$	$s = 1,26(d + 2(a + b))$	$s = d + 2(a + b)$

Активные сопротивления указаны при температуре жил 20 °С.

r – активное сопротивление прямой последовательности;

x – индуктивное сопротивление прямой последовательности;

r_0 – активное сопротивление нулевой последовательности;

x_0 – индуктивное сопротивление нулевой последовательности.

Электрооборудование

Общее

Классы нагревостойкости изоляции

Классы нагревостойкости изоляции устанавливаются ГОСТ 8865-93 (МЭК 85-84) «Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация»

Обозначение класса нагревостойкости	Температура, °C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
200	200
220	220
250	250

Исполнения для различных климатических районов

ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

Поверхность земного шара разделена на ряд макроклиматических районов, которые характеризуются однородностью географических факторов.

Климатические исполнения изделий	Обозначения		
	буквенные		цифровые
	русские	латинские	
Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках, озерах			
Для макроклиматического района с умеренным климатом	У	(N)	0
Для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом	УХЛ	(NF)	1
Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом	ТВ	(TH)	2
Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом	ТС	(TA)	3
Для макроклиматических районов как с сухим, так и с влажным тропическим климатом	Т	(T)	4
Для всех макроклиматических районов на суше, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение)	О	(U)	5
Изделия, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с морским климатом			
Для макроклиматического района с умеренно-холодным морским климатом	М	(M)	6
Для макроклиматического района с тропическим морским климатом, в том числе для судов каботажного плавания или иных, предназначенных для плавания только в этом районе	ТМ	(MT)	7
Для макроклиматических районов как с умеренно-холодным, так и тропическим морским климатом, в том числе для судов неограниченного района плавания	ОМ	(MU)	8
Изделия, предназначенные для эксплуатации во всех макроклиматических районах на суше и на море, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (всеклиматическое исполнение)	В	(W)	9

В зависимости от места размещения в условиях эксплуатации электрические аппараты делятся на категории.

Укрупненные категории		Дополнительные категории	
Характеристика	Обозначение	Характеристика	Обозначение
Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)	1	Для хранения в процессе эксплуатации в помещениях категории 4 и работы как в условиях категории 4, так и (кратковременно) в других условиях, в том числе на открытом воздухе	1.1
Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)	2	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 1; 1.1; 2, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри радиоэлектронной аппаратуры)	2.1
Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	3	Для эксплуатации в нерегулярно отапливаемых помещениях (объемах)	3.1
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	4	Для эксплуатации в помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом	4.1
		Для эксплуатации в лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях	4.2
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т.п.).	5	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 5, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри радиоэлектронной аппаратуры)	5.1

Значения температуры для исполнения изделий

Исполнения		Категории размещения	Значения температуры эксплуатации, °С			
			Рабочие		Предельные рабочие	
			Макс.	Мин.	Макс.	Мин.
У, ТУ	N	1;1.1;2;2.1;3	+40	-45 ¹⁾	+45	-50 ¹⁾
		3.1	+40	-10 ⁵⁾	+45	-10 ⁵⁾
		5;5.1	+35	-5	+35	-5
ХЛ	F	1;1.1;2;2.1;3	+40	-60	+45	-70
		3.1	+40	-10 ⁵⁾	+45	-10 ⁵⁾
		5;5.1	+35	-10	+35	-10
УХЛ	NF	1;1.1;2;2.1;3	+40	-60	+45	-70
		3.1	+40	-10 ⁵⁾	+45	-10 ⁵⁾
		4	+35	+1	+40	+1
		4.1	+25	+10	+40	+1
		4.2	+35	+10	+40	+1
		5;5.1	+35	-10	+35	-10
ТВ	TN	1;1.1;2;2.1;3;3.1	+40	+1	+45	+1 ²⁾
		4	+40	+1	+45	+1
		4.1	+25	+10	+40	+1
		4.2	+45	+10	+45	+10
		5;5.1	+35	+1	+35	+1
Т, ТС	Т; ТА	1;1.1;2;2.1 ⁶⁾ ;3;3.1	+50 ⁸⁾	-10	+60	-10 ³⁾
		4 ⁷⁾	+45	+1	+55	+1
		4.1 ⁷⁾	+25	+10	+40	+1
		4.2 ⁷⁾	+45	+10	+45	+10
		5;5.1	+35	+1	+35	+1
О	U	1;1.1;2;2.1	+50 ⁸⁾	-60	+60	-70
		4	+45	+1	+55	+1
		4.1	+25	+10	+40	+1
		4.2	+45	+10	+45	+1
		5;5.1	+35	-10	+35	-10
М	М	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	+40	-40 ⁴⁾	+45	-40
		4;3.1	+40	-10 ⁵⁾	+40	-10 ⁵⁾
		4.1	+35	+15	+40	+1
		4.2	+40	+1	+40	+1
ТМ	MT	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	+45	+1	+45	+1
		4	+45	+1	+45	+1
		4.1	+25	+10	+40	+1
		4.2	+45	+1	+45	+1
ОМ	MU	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	+45	-40 ⁴⁾	+45	-40
		4;3.1	+45	-10 ⁵⁾	+45	-10 ⁵⁾
		4.1	+35	+15	+40	+1
		4.2	+40	+1	+40	+1
В	W	1;1.1;2;2.1;3	+50 ⁸⁾	-60	+60	-70
		3.1	+50 ⁸⁾	-10 ⁵⁾	+60	-10 ⁵⁾
		4	+45	-10 ⁵⁾	+55	-10 ⁵⁾
		4.1	+25	+10	+40	+1
		4.2	+45	+1	+45	+1
		5;5.1	+45	-40	+45	-40

Примечания:

1) - Для изделий, которые по условиям эксплуатации могут иметь перерывы в работе при эпизодически появляющихся температурах ниже минус 40°С, нижнее рабочее значение температуры допускается в технически обоснованных случаях принимать равным минус 40°С.

Для исполнения ТУ нижнее рабочее значение температуры принимают равным минус 25°С, нижнее предельное рабочее значение температуры - минус 30°С.

2) - Для некоторых областей с субтропическим климатом значение принимают равным минус 10°С

3) - Для некоторых областей в КНР, Турции, Афганистане значение принимают равным минус 20°С

4) - Для судов, не используемых в районах Северного Ледовитого океана в зимнее время, нижнее рабочее значение температуры принимают равным минус 30°C.

5) - Для эксплуатации в нерабочем состоянии (для эксплуатационного хранения и транспортирования) значение принимают таким же, как для категории 3, а для вида климатического исполнения В4 - как для вида исполнения ОМЗ

6) - Для исполнения Т

7) - Для исполнения ТС

8) - Для некоторых пунктов Центральной Сахары температуру принимают равной 55°C. Допускается устанавливать температуру 45°C для изделий, разработанных до 01.07.89 и не поставляемых в районы Ирака, стран Аравийского полуострова, Южного Ирана и Центральной Сахары.

Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) ГОСТ 14254-2015 (МЭК 529-89)

Степень защиты обозначается двумя буквами IP, двумя цифрами и двумя вспомогательными (не обязательными) буквами. Первая обозначает степень защиты от проникновения твердых механических предметов, вторая - от воздействия жидкости.

Первая цифра	Вторая цифра
0 - Защита отсутствует	0 - Защита отсутствует
1 - Защита от твердых предметов с размерами более 50 мм	1 - Защита от вертикально падающих капель воды
2 - Защита от твердых предметов с размерами более 12 мм	2 - Защита от капель воды, падающих с отклонением от вертикали не более 15°
3 - Защита от твердых предметов с размерами более 2.5 мм	3 - Защита от дождя
4 - Защита от твердых предметов с размерами более 1 мм	4 - Защита от водяных брызг
5 - Защита от пыли	5 - Защита от водяных струй под давлением
6 - Полная защита от пыли	6 - Защита от волн
	7 - Защита от погружения (глубина не более 1 м)
	8 - Защита от затопления (глубина в м указывается дополнительно)

Первая вспомогательная буква обозначает степень защиты людей от доступа к опасным частям

Первая вспомогательная буква	Краткое описание
A	Защищено от доступа тыльной стороной руки
B	Защищено от доступа пальцем руки
C	Защищено от доступа инструментом
D	Защищено от доступа проволокой

В стандарте на конкретные виды изделий может быть установлена дополнительная информация с помощью второй вспомогательной буквы

Вторая вспомогательная буква	Краткое описание
H	Высоковольтные аппараты
M	Испытуемое на соответствие степени защиты от вредных воздействий, связанных с проникновением воды: оборудование с движущимися частями (например, ротором вращающейся машины), находящимися в состоянии движения
S	Испытуемое на соответствие степени защиты от вредных воздействий, связанных с проникновением воды: оборудование с движущимися частями (например, ротором вращающейся машины), находящимися в состоянии неподвижности

Электрооборудование. Степени защиты, обеспечиваемой оболочками от наружного механического удара (код IK) ГОСТ IEC 62262-2015

Степень защиты, обеспеченная оболочкой от механического удара, обозначается буквами IK и двумя цифрами. Цифры обозначают допустимую энергию воздействия (по таблице).

Код IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Энергия воздействия, Дж	*	0,14	0,20	0,35	0,50	0,70	1,00	2,00	5,00	10,00	20,00

* - защита отсутствует

Когда требуется более высокая энергия воздействия, ее принимают равной 50 Дж.

Код для обозначения цветов ГОСТ 28763-90

Цвет	Буквенный код	
	Латинский алфавит	Русский алфавит
Черный	BK	Ч
Коричневый	BN	КЧ
Красный	RD	К
Оранжевый	OG	Ж
Желтый	YE	Ж
Зеленый	GN	З
Синий (включая голубой)	BU	С
Фиолетовый (пурпуровый)	VT	Ч
Серый (синевато-серый)	GY	Б
Белый	WH	Б
Розовый	PK	К
Золотой	GD	ЗЛ
Бирюзовый	TQ	БЗ
Серебряный	SR	СР
Зелено-желтый	GNYE	ЗЖ

Примечание. Как предпочтительный вариант можно применять строчные буквы с тем же значением.

Сочетание цветов должны обозначаться непосредственным присоединением кодов для различных цветов в последовательности, приведенной в таблице.

Пример. Двухцветный красно-синий элемент: RDBU (КС - для русского алфавита).

Идентификация выводов электрооборудования, концов проводников и проводников ГОСТ 33542-2015

ГОСТ 33542-2015 «Основополагающие принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация выводов электрооборудования, концов проводников и проводников».

Также действует **ГОСТ Р 50462-2009** «Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и буквенно-цифровых обозначений».

Для идентификации проводников разрешены следующие цвета: черный, коричневый, красный, оранжевый, желтый, зеленый, светло-синий (именуемый далее синим), фиолетовый, серый, белый, розовый, бирюзовый.

Для идентификации проводников запрещено использовать по отдельности желтый и зеленый цвета. Желтый и зеленый цвета следует применять только в комбинации желто-зеленого цвета.

Цветовая идентификация должна быть выполнена на концах и желательно по всей длине проводника или посредством цвета изоляции, или посредством цветных меток, за исключением неизолированных проводников, цветовая идентификация которых должна быть выполнена на концах и в точках соединений.

Идентификация посредством цветов или меток не требуется для:

- концентрических жил кабелей;
- металлических оболочек или брони кабелей в случае, когда их используют в качестве защитного проводника;
- неизолированных проводников в тех случаях, когда постоянная идентификация практически не выполняется;
- сторонних проводящих частей, используемых в качестве защитного проводника;
- открытых проводящих частей, используемых в качестве защитного проводника.

PEN-проводники, когда они изолированы, следует маркировать посредством одного из следующих способов:

- желто-зеленым цветом по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений;
- синим цветом по всей их длине и, кроме того, метками желто-зеленого цвета на их концах и в точках соединений.

Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEN-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование.

PEL-проводники, когда они изолированы, следует маркировать посредством желто-зеленого цвета по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений.

Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEL-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование.



























Если возможна путаница с цветовым обозначением PEN- и PEX-проводников, на концах PEL-проводников и в точках соединений должно быть указано буквенно-цифровое обозначение.

PEX-проводники, когда они изолированы, следует маркировать посредством желто-зеленого цвета по всей их длине и, кроме того, метками синего цвета на их концах и в точках соединений.

Дополнительные синие метки можно не наносить на концы PEX-проводников внутри электрического оборудования, если соответствующее требование имеется в стандарте на это электрооборудование.

Если возможна путаница с цветовым обозначением PEN- и PEL-проводников, на концах PEX-проводников и в точках соединений должно быть указано буквенно-цифровое обозначение.

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		Цветов (коды по ГОСТ 28763-90)	Графических обозначений IEC 60417-
	Проводники	Выводы		
Электрическая цепь переменного тока	AC	AC	-	-5032 
Фазный проводник однофазной цепи	L	-	Коричневый  BN	-5032 
Фазный проводник 1 трехфазной цепи	L1	U	Коричневый  BN	-5032 
Фазный проводник 2 трехфазной цепи	L2	V	Черный  BK	-5032 
Фазный проводник 3 трехфазной цепи	L3 ¹⁾	W	Серый  GR	-5032 
Заземленный фазный проводник однофазной цепи	LE ¹⁾	-	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Заземленный фазный проводник 1, 2, 3 трехфазной цепи	LE1, LE2, LE3	-		
Нейтральный проводник	N	N	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Электрическая цепь постоянного тока	DC	DC	-	-5031 
Положительный полюсный проводник	L+	+	Коричневый  BN	-5005 
Отрицательный полюсный проводник	L-	-	Серый  GR	-5006 
Заземленный положительный полюсный проводник	LE+	-	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Заземленный отрицательный полюсный проводник	LE-	-		
Средний проводник	M	M	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Защитные проводники и проводники, совмещающие функции защитных проводников				
Защитный проводник	PE	PE	Желто-зеленый  GNYE	-5019 
PEL-проводник	PEL	PEL	Желто-зеленый  GNYE	Рекомендации отсутствуют
PEM-проводник	PEM	PEM		
PEN-проводник	PEN	PEN	Синий  BU	Рекомендации отсутствуют
Защитный проводник уравнивания потенциалов:	PB	PB	Желто-зеленый  GNYE	-5021 
- заземленный	PBE	PBE		Рекомендации отсутствуют
- незаземленный	PBU	PBU		
Функциональные проводники				
Функциональный заземляющий проводник	FE	FE	Рекомендации отсутствуют	-5018 
Функциональный проводник уравнивания потенциалов	FB	FB		-5020 

Примечания:

1) – требуется только в электрических системах, имеющих более одной фазы.

Работа электрооборудования во взрывоопасных зонах

Взрывоопасная атмосфера может возникнуть при соединении горючей пыли, горючих газов или паров с воздухом. Также должен присутствовать активный источник воспламенения, способный зажечь эту атмосферу. Таким источником может быть электрический аппарат, а точнее его разогретые токоведущие части, магнитная система, возникший разряд (искровой или дуговой) при размыкании контактов. Электрооборудование рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон.

В настоящее время на территории РФ и Таможенного Союза одновременно действуют несколько нормативных документов, содержащих определения взрывоопасных зон и регламентирующих процесс выбора вида взрывозащиты допускаемого для использования в каждой из взрывоопасных зон - ПУЭ, глава 7.3. и серия стандартов

ГОСТ Р и ГОСТ ТС, разработанных на базе стандартов МЭК 60079 и МЭК 61241. Определения, действующие в ПУЭ и ГОСТ, значительно отличаются.

Согласно устаревшему, но действующему российскому нормативному документу ПУЭ Главе 7.3 выделяют следующие классы взрывоопасных зон (пп. 7.3.40-7.3.46 ПУЭ):

- зоны класса В-I – расположены в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-Ia – расположены в помещениях, в которых взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются при нормальной эксплуатации, а только в результате аварий или неисправностей;
- зоны класса В-Iб – аналогичны В-Ia, но отличаются от них тем, что при авариях горючие газы обладают высоким нижним пределом воспламенения (15% и выше), а также при опасных концентрациях резким запахом. В этот класс входят зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в малых концентрациях, недостаточных для создания взрывоопасной смеси и где работа производится без применения открытого пламени. Зоны не относятся к взрывоопасным, если работы с опасными веществами производятся в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтиками;
- зоны класса В-Iг – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, открытых нефтеловушек, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеров), эстакад для слива и налива ЛВЖ, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.
- зоны класса В-II – расположены в помещениях, где выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что могут создавать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-IIа – такие, где опасные условия при нормальной работе не возникают, но могут возникнуть в результате аварий или неисправностей.

Современная унифицированная классификация взрывоопасных зон описана в соответствии с Техническим регламентом 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» и Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Классификация взрывоопасных зон по газу

Зона 0	Зона 1	Зона 2
зоны, в которых взрывоопасная смесь газов или паров жидкостей с воздухом присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа	зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси	зоны, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси газов или паров жидкостей с воздухом, но возможно образование такой взрывоопасной смеси газов или паров жидкостей с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования

Классификация взрывоопасных зон по пыли

Зона 20	Зона 21	Зона 22
зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел распространения пламени менее 65 граммов на кубический метр и присутствуют постоянно	зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр	зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования

Пример маркировки для категории смеси II по газу в соответствии со стандартом ГОСТ 30852.0-2002: 1ExdIIAT3

1	Ex	d	IIA	T3	X
Знак уровня взрывозащиты	Знак соответствия стандартам	Знак вида взрывозащиты	Знак группы и подгруппы (категория смеси)	Знак температурного класса (группа смеси)	Знак специального вида взрывозащиты

На сегодняшний момент данный вид маркировки взрывозащищенного оборудования является основным и применяется на все взрывозащищенное оборудование, применяемое на территории РФ и стран Таможенного Союза.

Знак уровня взрывозащиты

Уровни взрывозащищенности электрооборудования имеют в Российской классификации обозначения 2, 1 и 0:

- Уровень 2 – электрооборудование повышенной надежности против взрыва. Обеспечивает функционирование только в оговоренном изготовителем нормальном режиме работы. Применяется в зонах 2 и 22;
- Уровень 1 – взрывобезопасное электрооборудование. Обеспечивает необходимый уровень взрывозащиты и функционирование в нормальном режиме работы при одном признанном вероятном повреждении. Применяется в зонах 1 и 21;
- Уровень 0 – особо взрывобезопасное оборудование. Обеспечивает необходимый уровень взрывозащиты даже при маловероятных отказах, остается функционирующим при наличии взрывоопасной среды и в котором при отказе одного средства защиты необходимый уровень взрывозащиты обеспечивается вторым независимым средством защиты или необходимый уровень взрывозащиты обеспечивается при двух отказах средств защиты, происходящих независимо друг от друга. Применяется в зонах 0 и 20.

Допустимый уровень взрывозащиты электрооборудования

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
Зоны 0 и 20	Уровень 0 – Особовзрывобезопасное
Зоны 1 и 21	Уровень 1 – Взрывобезопасное
Зоны 2 и 22	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва

При классификации взрывоопасных зон по ПУЭ для выбора уровня взрывозащиты используют таблицы из главы 7.3 ПУЭ.

ПУЭ Таблица 7.3.10 – Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Уровень 1 – Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II	Уровень 1 – Взрывобезопасное (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ)
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ). Оболочка со степенью защиты IP54. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54

ПУЭ Таблица 7.3.11 – Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
Стационарные установки	
В-I	Уровень 1 – Взрывобезопасное, Уровень 0 – особовзрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва — для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С
	Без средств взрывозащиты — для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44 *

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-II	Уровень 1 – Взрывобезопасное (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ), Уровень 0 – Особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ). Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *
Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные	
В-I, В-Ia	Уровень 1 – Взрывобезопасное, Уровень 0 – Особовзрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва
В-II	Уровень 1 – Взрывобезопасное (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ), Уровень 0 – Особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ). Оболочка со степенью защиты не менее IP54 *

* Степень защиты оболочки аппаратов и приборов от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускается изменять в зависимости от условий среды, и которой они устанавливаются.

ПУЭ Таблица 7.3.12 – Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
Стационарные светильники	
В-I	Уровень 1 – Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53 *
В-II	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ)
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ) Степень защиты IP53 *
Переносные светильники	
В-I, В-Ia	Уровень 1 – Взрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва
В-II	Уровень 1 – Взрывобезопасное (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ)
В-IIa	Уровень 2 – Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ)

* Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

Знак вида взрывозащиты

Виды взрывозащиты

Вид взрывозащиты	Описание
методы взрывозащиты, направленные на снижение вероятности возникновения электрической искры	
e	используются дополнительные меры против возможного превышения допустимой температуры, а также возникновения искрения в нормальном или в указанном (аварийном) режиме работы
n	принимаются дополнительные меры защиты, исключающие воспламенение окружающей взрывоопасной газовой среды в нормальном и указанном (аварийном) режимах работы электрооборудования
s	специальный, отличный от прочих, но признанный достаточным для обеспечения взрывозащиты во время оценки или испытаний
методы взрывозащиты, направленные на изоляцию электрических цепей от взрывоопасных смесей	
m	части оборудования, способные воспламенить взрывоопасную среду за счет искрения или нагрева, заключаются в компаунд для исключения воспламенения взрывоопасной среды при эксплуатации или монтаже
o	оборудование или части оборудования погружаются в защитную жидкость, исключающую возможность воспламенения взрывоопасной газовой среды, которая может присутствовать над жидкостью или снаружи оболочки
p	заполнение или продувка оболочки взрывобезопасным газом под избыточным давлением
q	части, способные воспламенить взрывоопасную среду, фиксируются в определенном положении и полностью окружены заполнителем, предотвращающим воспламенение внешней окружающей взрывоопасной среды

Вид взрывозащиты	Описание
t	оборудование защищено оболочкой, обеспечивающей защиту от проникновения пыли, и средствами по ограничению температуры поверхности
c	принимаются дополнительные меры защиты, исключающие возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды от нагретых поверхностей, искр и адиабатического сжатия, создаваемых подвижными частями оборудования
k	потенциальные источники воспламенения являются безопасными или отделены от взрывоопасной среды путем полного или частичного погружения в защитную жидкость, когда опасные поверхности постоянно покрыты защитной жидкостью таким образом, чтобы взрывоопасная среда, которая может находиться выше уровня жидкости или снаружи оболочки оборудования, не могла быть воспламенена
fr	посредством оболочки ограничено поступление окружающей взрывоопасной среды в оболочку до приемлемого низкого уровня, при котором концентрация взрывоопасной среды в оболочке ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени
методы взрывозащиты, направленные на сдерживание взрыва	
d	части, способные воспламенить взрывоопасную газовую среду, заключены в оболочку, способную выдерживать давление взрыва взрывоопасной смеси внутри нее и предотвращать распространение взрыва в окружающую взрывоопасную среду. При этом не исключается контакт электрических цепей с взрывоопасной смесью и возможность ее воспламенения, но при этом гарантируется, что оболочка сдерживает возникшее в результате взрыва избыточное давление, т.е. вспышка не выходит за пределы ограничений взрывонепроницаемой оболочки
ограничение мощности искры	
i	ограничение электрической энергии (мощности) в электрическом разряде и температуры элементов электрооборудования до значения ниже уровня, вызывающего воспламенение от искрения или теплового воздействия. Данный метод подразумевает, что в случае возникновения искры ее мощности будет недостаточно для воспламенения взрывоопасной смеси. Однако данный метод не исключает контакта взрывоопасной смеси с электрическими цепями. ia, ib, ic – взрывоопасная зона 2; ia, ib – взрывоопасная зона 1; ia – взрывоопасная зона 0.
другое	
b	установка в неэлектрическом оборудовании устройства, которое исключает образование источника воспламенения и посредством которого внутренние встроенные датчики контролируют параметры элементов оборудования и вызывают срабатывание автоматических защитных устройств или сигнализаторов

Знак группы и подгруппы (категория смеси)

По области применения оборудование делится на следующие группы:

- I - оборудование, предназначенное для применения в подземных выработках шахт, рудников, опасных в отношении рудничного газа и (или) горючей пыли, а также в тех частях их наземных строений, в которых существует опасность присутствия рудничного газа и (или) горючей пыли (категория смеси - I);
- II - оборудование, предназначенное для применения во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок (категория смеси - II по газу);
- III - оборудование, предназначенное для применения во взрывоопасных пылевых средах (категория смеси - II по пыли).

Существуют три подкатегории категорий II и III: А, В, С. Каждая последующая подкатегория включает (может заменить) предшествующую, то есть, подкатегория С является высшей и соответствует требованиям всех категорий – А, В и С. Она, таким образом, является самой «строгой».

Категории взрывоопасности смеси детализируются в зависимости от температуры самовоспламенения взрывоопасных газов и смесей.

Температурный класс (группа смеси) указывает максимально допустимую температуру частей оборудования, которые контактируют со взрывоопасной смесью, при которой взрыва не происходит.

Знак температурного класса

Классификация по температуре самовоспламенения

Группа смеси	Максимальная температура оборудования, °C	Температура самовоспламенения взрывоопасной среды, °C
T1	до 450	свыше 450
T2	до 300	свыше 300
T3	до 200	свыше 200
T4	до 135	свыше 135
T5	до 100	свыше 100
T6	до 85	свыше 85

Знак специального вида взрывозащиты

Дополнительные требования производителя оборудования:

- для предупреждения возможности возникновения искровых разрядов корпус аккумуляторной батареи на весь период эксплуатации должен находиться в сумке из хлопчатобумажной ткани;
- наружная поверхность корпуса фары перед эксплуатацией должна быть протерта чистой ветошью, смоченной антистатической жидкостью;
- для обеспечения взрывозащиты вида «i» необходимо подключать оборудование через барьеры искрозащиты (БИЗ).

Работа электрооборудования в пожароопасных зонах

Пожароопасная зона: часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии).

Классификации пожароопасных зон:

- зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C;
- зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха;
- зоны класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;
- зоны класса П-III - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

Выбор степени защиты оболочки электрических аппаратов, устанавливаемых в пожароопасных зонах, ведется на основании требований главы 7.4 ПУЭ.

Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в главе 7.4 ПУЭ для данной пожароопасной зоны.

ПУЭ Таблица 7.4.1 – Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-Па	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.)	IP44	IP54	IP44	IP44

ПУЭ Таблица 7.4.2 – Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы.

** При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

ПУЭ Таблица 7.4.3 – Минимальные допустимые степени защиты светильников в зависимости от класса пожароопасной зоны

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	IP23	IP23
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	IP53	IP53	IP23	IP23

Примечание. Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники

Классы напряжения электрооборудования

Таблица 1 ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ

Класс напряжения электрооборудования, кВ	Наибольшее рабочее напряжение электрооборудования, кВ	Номинальное напряжение электрической сети, кВ	Наибольшее длительно допускаемое рабочее напряжение в электрической сети, кВ
1	1,1	1,0	1,1
3	3,6	3,0	3,5
		3,15	3,5
		3,3	3,6
6	7,2	6,0	6,9
		6,6	7,2
10	12,0	10,0	11,5
		11,0	12,0
15	17,5	13,8	15,2
		15,0	17,5
		15,75	17,5
20	24,0	18,0	19,8
		20,0	23,0
		22,0	24,0
24	26,5	24,0	26,5
27	30,0	27,0	30,0
35	40,5	35,0	40,5
110	126,0	110,0	126,0
150	172,0	150,0	172,0
220	252,0	220,0	252,0
330	363,0	330,0	363,0
500	525,0	500,0	525,0
750	787,0	750,0	787,0

Расчет тепловыделений НКУ

Основными источниками тепла в низковольтных распределительных щитах, шкафах управления и пр. являются преобразователи частоты, источники бесперебойного питания, блоки питания, контакторы, автоматические выключатели, шины, трансформаторы тока, конденсаторные батареи.

Тепловыделения от автоматического выключателя:

$$\Delta P_{AB} = n_{\pi} \cdot I_{\text{ном.АВ}}^2 \cdot k_{3.АВ}^2 \cdot r_{AB}, \text{ Вт};$$

$$k_{3.АВ} = \frac{I_p}{I_{\text{ном.АВ}}},$$

где n_{π} – число полюсов автоматического выключателя (если тепловыделения рассчитываются для четырехполюсного автоматического выключателя от которого «запитана» трехфазная симметричная нагрузка, то $n_{\pi} = 3$, так как ток в нейтральном проводнике будет равен нулю);

$I_{\text{ном.АВ}}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$k_{3.АВ}$ – коэффициент загрузки;

I_p – расчетный ток нагрузки, А;

r_{AB} – активное сопротивление автоматического выключателя (сопротивления контактов, катушки электромагнитного расцепителя, теплового расцепителя), Ом.

Ориентировочные значения активных сопротивлений автоматических выключателей

$I_{\text{ном.АВ}}, \text{ А}$	0,5	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40
$r_{AB}, \text{ Ом}$	10,1	2,27	0,619	0,202	0,149	0,104	0,0175	0,0109	0,006	0,0041	0,00281	0,00255
$I_{\text{ном.АВ}}, \text{ А}$	50	60	70	100	140	200	400	600	1000	2500	3200	5000
$r_{AB}, \text{ Ом}$	0,00177	0,00131	0,0016	0,0008	0,0004	0,0003	0,00012	0,00011	0,00005	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$

Тепловыделения от электромагнитного контактора:

$$\Delta P_{KM} = n_{\pi} \cdot \Delta P_{KM.T} \cdot k_{3.KM}^2 + \Delta P_{KM.Y}, \text{ Вт};$$

$$k_{3.KM} = \frac{I_p}{I_{\text{ном.КМ}}},$$

где n_{π} – число используемых главных (силовых) контактов контактора;

$\Delta P_{KM.T}$ – тепловыделения от токоведущих частей контактора, Вт;

$k_{3.KM}$ – коэффициент загрузки;

$I_{\text{ном.КМ}}$ – номинальный ток главных контактов контактора, А;

I_p – расчетный ток нагрузки, А;

$\Delta P_{KM.Y}$ – тепловыделения от катушки управления контактора, Вт.

Тепловыделения электромагнитных контакторов (по данным производителей «IEK» и «EKF»)

$I_{\text{ном.КМ}}, \text{ А}$		9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
$\Delta P_{KM.T}, \text{ Вт}$	АС-3 двигательная нагрузка	0,2	0,36	0,8	1,25	2,0	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2
	АС-1 активная нагрузка (электроосвещение, электрообогрев)	1,56	1,56	2,5	3,2	5,0	5,4	9,6	10,4	12,5	12,5
$\Delta P_{KM.Y}, \text{ Вт}$		3	3	3	3,5	3,5	10	10	10	10	10
$I_{\text{ном.КМ}}, \text{ А}$		115	150	185	225	265	330	400	500	630	
$\Delta P_{KM.T}, \text{ Вт}$	АС-3 двигательная нагрузка	5	8	12	16	21	31	42	45	48	
	АС-1 активная нагрузка (электроосвещение, электрообогрев)	15	22	25	32	37	44	65	88	120	

$\Delta P_{\text{км.у}}, \text{ Вт}$	16	16	24	24	8	8	14	18	20	
--------------------------------------	----	----	----	----	---	---	----	----	----	--

Тепловыделения от электротеплового реле:

$$\Delta P_{\text{ЭТР}} = n_{\text{п}} \cdot \Delta P_{\text{ЭТР.уд}} \cdot k_{\text{з.ЭТР}}^2, \text{ Вт};$$

$$k_{\text{з.ЭТР}} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{ном.ЭТР}}},$$

где $n_{\text{п}}$ – число используемых полюсов электротеплового реле;

$\Delta P_{\text{ЭТР.уд}}$ – тепловыделения от одного полюса электротеплового реле, Вт;

$k_{\text{з.ЭТР}}$ – коэффициент загрузки;

$I_{\text{ном.ЭТР}}$ – номинальный ток электротеплового реле, А;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток нагрузки, А.

Тепловыделения от одного полюса электротеплового реле

$I_{\text{ном.ЭТР}}, \text{ А}$	< 2	2 – 10	10 – 40	40 – 60	60 – 90
$\Delta P_{\text{ЭТР.уд}}, \text{ Вт}$	2,1	1,8	3,0	3,5	5,5

Тепловыделения от предохранителей:

$$\Delta P_{\text{П}} = n_{\text{ф}} \cdot \Delta P_{\text{П.уд}} \cdot k_{\text{з.П}}^2, \text{ Вт};$$

$$k_{\text{з.П}} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{ном.П}}},$$

где $n_{\text{ф}}$ – число фаз (предохранителей) присоединения;

$\Delta P_{\text{П.уд}}$ – потери мощности в одном предохранителе, Вт;

$k_{\text{з.П}}$ – коэффициент загрузки;

$I_{\text{ном.П}}$ – номинальный ток предохранителя, А;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток нагрузки, А.

Потери мощности некоторых типов предохранителей

Тип предохранителя	$I_{\text{ном.ЭТР}}, \text{ А}$	6,3	8	10	12	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125
ПН-2	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$								7,5	7,5	8,5	11,5	12,5	16	21
ПН-2 энерго-сберегающий	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,5	3,4	3,8	5,0	6,0	6,8	8,7	10,2	12,8
ПН-2 с контактными ножами из стали	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$								8,0	8,2	9,0	12,0	14,4	18,6	23
ППНИ (IEK)	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$													9	
ППН (КЭАЗ)	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	1,6		1,7		1,8	1,9	2,0	2,1	3,1	4,3	5,8	9,0	10,2	12,2

Тип предохранителя	$I_{\text{ном.ЭТР}}, \text{ А}$	160	200	250	315	355	400	500	630	800	1000	1250
ПН-2	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	28	30	34	49	53	56	60	85			
ПН-2 энерго-сберегающий	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	14,4	18,2	23	27,4	29,3	41,0					
ПН-2 с контактными ножами из стали	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	30	33	38	50	53	56	60	85			
ППНИ (IEK)	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	16		23			34		45			
ППН (КЭАЗ)	$\Delta P_{\text{П.уд}}, \text{ Вт}$	14,4	18,6	22,5	30,5		34,0	40,3	45,0	60,0	90,0	110,0

Тепловыделения от преобразователя частоты:

$$\Delta P_{\text{ПЧ}} = \frac{P_{\text{ном.ПЧ}} \cdot k_{\text{з.ПЧ}} \cdot (1 - \eta_{\text{ПЧ}}) \cdot 10^3}{\eta_{\text{ПЧ}}}, \text{ Вт};$$

$$k_{\text{з.ПЧ}} = \frac{P_{\text{ном.ДВ}} \cdot k_{\text{и.ДВ}}}{P_{\text{ном.ПЧ}} \cdot \eta_{\text{ДВ}}},$$

где $P_{\text{ном.ПЧ}}$ – номинальная мощность преобразователя частоты, кВт;

$k_{\text{з.ПЧ}}$ – коэффициент загрузки;

$\eta_{\text{ПЧ}}$ – КПД преобразователя частоты, который можно принять 0,94-0,96, в зависимости от мощности преобразователя частоты (у более мощных преобразователей частоты КПД выше);

$P_{\text{ном.ДВ}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$\eta_{\text{ДВ}}$ – КПД электродвигателя.

Тепловыделения от блока питания (AC/DC):

$$\Delta P_{\text{БП}} = \frac{P_{\text{ном.БП}} \cdot (1 - \eta_{\text{БП}})}{\eta_{\text{БП}}}, \text{ Вт},$$

где $P_{\text{ном.БП}}$ – номинальная мощность блока питания, Вт;

$\eta_{\text{БП}}$ – КПД блока питания.

Ориентировочные значения КПД блоков питания (AC/DC) с выходным напряжением 12 В

$P_{\text{ном.БП}}, \text{ Вт}$	< 35	50, 75	100, 150	200, 350	450, 600	> 1000
$\eta_{\text{БП}}$	0,81	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88

Ориентировочные значения КПД блоков питания (AC/DC) с выходным напряжением 24 В

$P_{\text{ном.БП}}, \text{ Вт}$	< 35	50-150	200, 350	500-1000	> 2000
$\eta_{\text{БП}}$	0,85	0,86	0,87	0,88	0,9

Тепловыделения от источника бесперебойного питания (AC/AC):

$$\Delta P_{\text{ИБП}} = \frac{P_{\text{ном.ИБП}} \cdot (1 - \eta_{\text{ИБП}}) \cdot 10^3}{\eta_{\text{ИБП}}}, \text{ Вт},$$

где $P_{\text{ном.ИБП}}$ – номинальная мощность источника бесперебойного питания, кВт;

$\eta_{\text{ИБП}}$ – КПД источника бесперебойного питания.

КПД ИБП зависит от его мощности и архитектуры («Off-Line», «Line-interactive», «On-Line»). КПД может лежать в пределах от 0,88 до 0,97 и его необходимо уточнять у производителя. При оценочных расчетах можно взять КПД – 0,9.

Тепловыделения от шин НКУ:

$$\Delta P_{\text{шин}} = n_{\text{ф}} \cdot I_{\text{ном.шин}}^2 \cdot k_{\text{з.НКУ}}^2 \cdot r_{\text{уд.шин}} \cdot l_{\text{шин}}, \text{ Вт};$$

$$k_{\text{з.ТТ}} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{ном.шин}}},$$

где $n_{\text{ф}}$ – число фаз;

$I_{\text{ном.шин}}$ – номинальный ток шин, А;

$k_{\text{з.шин}}$ – коэффициент загрузки;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток нагрузки, А;

$r_{\text{уд.шин}}$ – удельное активное сопротивление шин, Ом/м;

$l_{\text{шин}}$ – длина шин одной фазы, м.

Удельные активные сопротивления шин

Размеры шин, мм		25x3	30x3	30x4	40x4	40x5	50x5	50x6	60x6	60x8	80x8	80x10	100x10
Сечение шин, мм ²		75	90	120	160	200	250	300	360	480	640	800	1000
Алюминиевые шины	$r_{уд.шин},$ Ом/м	$0,475 \cdot 10^{-3}$	$0,394 \cdot 10^{-3}$	$0,296 \cdot 10^{-3}$	$0,222 \cdot 10^{-3}$	$0,177 \cdot 10^{-3}$	$0,142 \cdot 10^{-3}$	$0,118 \cdot 10^{-3}$	$0,099 \cdot 10^{-3}$	$0,074 \cdot 10^{-3}$	$0,055 \cdot 10^{-3}$	$0,044 \cdot 10^{-3}$	$0,035 \cdot 10^{-3}$
	$I_{ном.шин},$ А	265	315	365	480	540	665	740	870	1025	1320	1480	1820
Медные шины	$r_{уд.шин},$ Ом/м	$0,268 \cdot 10^{-3}$	$0,223 \cdot 10^{-3}$	$0,167 \cdot 10^{-3}$	$0,125 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,08 \cdot 10^{-3}$	$0,067 \cdot 10^{-3}$	$0,056 \cdot 10^{-3}$	$0,042 \cdot 10^{-3}$	$0,031 \cdot 10^{-3}$	$0,025 \cdot 10^{-3}$	$0,02 \cdot 10^{-3}$
	$I_{ном.шин},$ А	275	375	475	625	700	860	955	1125	1320	1690	1900	2310

Тепловыделения от конденсаторных батарей:

$$\Delta P_{КБ} = \Delta P_{уд.КБ} \cdot Q_{ном.КБ}, \text{ Вт},$$

где $\Delta P_{уд.КБ}$ – удельные потери мощности в конденсаторных батареях на единицу реактивной мощности, можно принять равными 2 Вт/квар;

$Q_{ном.КБ}$ – номинальная мощность конденсаторных батарей, квар.

Тепловыделения от промежуточного реле:

$$\Delta P_{ПР} = n_k \cdot I_{ном.ПР}^2 \cdot k_{з.ПР}^2 \cdot r_{AB} + \Delta P_{ПР.У}, \text{ Вт};$$

$$k_{з.ПР} = \frac{I_p}{I_{ном.ПР}},$$

где n_k – число используемых контактов промежуточного реле;

$I_{ном.ПР}$ – номинальный ток контактов теплового реле, А;

$k_{з.ПР}$ – коэффициент загрузки;

I_p – расчетный ток через контакты, А;

r_{AB} – активное сопротивление контактов промежуточного реле, можно принять равным 0,05 Ом;

$\Delta P_{КМ.У}$ – тепловыделения от катушки управления промежуточного реле, находится в пределах от 0,5 до 2 Вт, в зависимости от количества контактов реле, Вт.

В большинстве случаев первую составляющую тепловыделений от промежуточного реле можно не учитывать.

Падение напряжения в установках потребителей

ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», введенный вместо аналогичного ГОСТ Р 54149-2010 и старого ГОСТ 13109-97, устанавливает по п. 4.2.2 только: положительные и отрицательные отклонения напряжения (медленные изменения напряжения) в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю. В электрической сети потребителя должны быть обеспечены условия, при которых отклонения напряжения питания на зажимах электроприемников не превышают установленных для них допустимых значений при выполнении требований настоящего стандарта к качеству электроэнергии в точке передачи электрической энергии.

ГОСТ Р 50571.5.52-2011 «Электроустановки низковольтные Часть 5-52 Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» р.525: В отсутствие других соображений падение напряжения между источником питания установки потребителя и оборудованием не должно быть более приведенного в Таблице G.52.1 – Падение напряжения

Тип установки	Освещение %	Другие пользователи, %
А - Установки низкого напряжения, питающиеся непосредственно от общей системы электроснабжения низкого напряжения	3	5
В - Установки низкого напряжения, питающиеся от индивидуального источника низкого напряжения ³⁾	6	8

^{a)} Настоятельно рекомендуется, чтобы падение напряжения в оконечных цепях не превысило обозначенных для установки типа А.

Когда длина электропроводки более чем 100 м, эти падения напряжения могут быть увеличены на 0,005 % на метр электропроводки вне 100 м, но не более, чем на 0,5 %.

Падение напряжения определяется в зависимости от характеристик применяемого оборудования, с учетом

Примечания

1 Может быть принято большее падение напряжения для двигателя в период запуска и для другого оборудования с высокими пусковыми токами, при условии, что в обоих случаях изменения напряжения остаются в пределах, определенных в соответствующем стандарте на оборудование.

2 Исключаются следующие временные условия:

- переходные процессы в сетях;
- изменение напряжения в аварийных режимах работы.

Электропомещения (электрощитовые)

- 1) Выписка из **Типовой инструкции по проверке противопожарного состояния здания**. Раздел: «Состояние электрощитовых комнат»:



Входная дверь в электрощитовую комнату должна быть постоянно закрыта на замок, обита с обеих сторон жестью с загибом жести на торец двери. На наружной стороне входной двери должно быть написано назначение помещения, место хранения ключей и нанесен предупреждающий знак (треугольный) «Осторожно! Электрическое напряжение!» (по ГОСТ 12.4.026-2001). В помещении электрощитовой не должно находиться посторонних предметов, плафоны на светильниках должны быть герметичные, на полу около электрощитов должны быть диэлектрические резиновые коврики. Электрощитовая комната должна быть оснащена углекислотными или порошковыми огнетушителями и одной парой диэлектрических перчаток.

- 2) ПУЭ п. 4.1.23: Двери из помещений РУ (распределительных устройств) должны открываться в сторону других помещений (за исключением РУ выше 1 кВ переменного тока и выше 1,5 кВ постоянного тока) или наружу и иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения. Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота не менее 1,9 м.

- 3) ПУЭ п. 7.1.29:

Электрощитовые помещения, а также ВУ, ВРУ, ГРЩ не допускается располагать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань и другими помещениями, связанными с мокрыми технологическими процессами, за исключением случаев, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения, где установлены распределительные устройства.

Трубопроводы (водопровод, отопление) прокладывать через электрощитовые помещения не рекомендуется.

Трубопроводы (водопровод, отопление), вентиляционные и прочие короба, прокладываемые через электрощитовые помещения, не должны иметь ответвлений в пределах помещения (за исключением ответвления к отопительному прибору самого щитового помещения), а также люков, задвижек, фланцев, вентиля и т.п.

Прокладка через эти помещения газо- и трубопроводов с горючими жидкостями, канализации и внутренних водостоков не допускается.

Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

- 4) ПУЭ п. 7.1.30: Помещения, в которых установлены ВРУ, ГРЩ, должны иметь естественную вентиляцию, электрическое освещение. Температура помещения не должна быть ниже +5 °С.
- 5) СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы п. 7.2.8: Входы в кладовые и другие неторговые помещения следует располагать со стороны производственных групп помещений.
- 6) <http://www.news.elteh.ru/aq/?&p=11> Категорирование электротехнических помещений по «НПБ 105-03» является обязательной процедурой и определяет требования к строительной части. ... Классифицировать электропомещения по главе 7.4 ПУЭ не требуется.
- 7) А231 Требования к строительной части рабочих чертежей электропомещений и кабельных сооружений промышленных предприятий п. 8.25: Обычно категоричность электротехнических помещений по пожарной опасности в результате расчёта определяется как В1 - В4. ... Принимать категорию Г для электротехнических помещений не следует.
- 8) СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» п. 4.2: Освещение безопасности следует устраивать в помещениях ... электрощитовых ...
- 9) СП 31-110-2003 п. 13.1: ВРУ и ГРЩ, как правило, должны размещаться в специально выделенных запирающихся помещениях (электрощитовых). Двери из этих помещений должны открываться наружу. Не разрешается размещать ВРУ и ГРЩ в незадымляемых лестничных клетках. Разрешается размещать электрощитовые в сухих подвалах при условии, что эти помещения отделены противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. В районах, подверженных затоплению, ВРУ и ГРЩ должны устанавливаться выше возможного уровня затопления. ВРУ и ГРЩ разрешается размещать не в специальных помещениях при соблюдении следующих требований:
- степень защиты ВРУ должна быть не ниже IP31;

- устройства и щиты должны быть расположены в удобных и доступных для обслуживания местах (в отапливаемых тамбурах, вестибюлях, коридорах и т. п.);
 - аппараты защиты и управления должны устанавливаться в металлическом шкафу или в нише стены, снабженных запирающимися дверцами. При этом рукоятки аппаратов управления не должны выводиться наружу, они должны быть съемными или запираться на замки».
- 10) При необходимости организации рабочих мест в помещениях электрощитовых (с круглосуточным, временным или периодическим пребыванием персонала) - необходимо провести лабораторные испытания условий влияния ЭМП на человека в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
 - 11) В электрощитовых помещениях допускается водяное (паровое) отопление на гладких регистрах (из регистров гладких труб, без резьбовых соединений, без спускной и регулирующей арматуры) на сварке. Шаровой кран и воздуховыпускная труба выводятся за пределы электрощитовой в соседнее помещение. Применение радиаторных систем не допускается. Отсутствие нипельных соединений на гладких регистрах практически исключает вероятность протекания регистра в помещении электрощитовой. Расстояние трубопроводов и гладких регистров от электрощитов - более 0,5 метра. Прокладка транзитных трубопроводов системы отопления через электрощитовую - не допускается.
 - 12) При проектировании системы отопления температура в электрощитовой не должна быть менее +5 °С, а тепловой режим должен поддерживаться в пределах +16 °С (т.к. при температуре +7-8 °С в помещении электрощитовой образуется конденсат, что губительно для электрооборудования). Желательно устанавливать датчики контроля протечки системы отопления.

Автоматические выключатели

ГОСТ Р 50030.2-2010 (МЭК 60947-2:2006) «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели».

Основные характеристики автоматических выключателей

Обозначение	Наименование	Описание
U_e	Номинальное рабочее напряжение	Обычно определяют как напряжение между фазами
U_{imp}	Импульсное выдерживаемое напряжение	-
U_i	Номинальное напряжение изоляции	-
I_n	Номинальный ток	Номинальный ток токоведущих цепей автоматического выключателя
I_{cm}	Номинальная наибольшая включающая способность	Максимальное значение тока, который автоматический выключатель способен выдержать при включении цепи (например, при включении на существующее короткое замыкание)
I_{cu}	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность	Предельное действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания в цепи, который автоматический выключатель способен многократно отключить. Выражается в килоамперах. Эта характеристика обычно используется только для испытаний. Для выбора автоматического выключателя следует использовать следующую характеристику
I_{cs}	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность	Значение периодической составляющей тока короткого замыкания в цепи, который автоматический выключатель способен многократно отключить. Выражается в процентах от I_{cu} или в килоамперах. I_{cs} может быть равна I_{cu}
I_{cw}	Номинальный кратковременно выдерживаемый ток	Значение кратковременно выдерживаемого автоматическим выключателем действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания. Эта характеристика указывается только для автоматических выключателей категории В. Если данный выключатель имеет выдержку времени (0,05 – 1 с), которая обеспечивает срабатывание нижестоящих автоматических выключателей для соблюдения условия селективности, то он должен быть способен выдержать электродинамическое и термическое воздействие от кратковременного прохождения тока короткого замыкания
-	Собственное время отключения	Время от момента, когда ток достигает значения тока срабатывания до начала расхождения его контактов
-	Полное время отключения	Время от момента, когда ток достигает значения тока срабатывания до момента гашения дуги

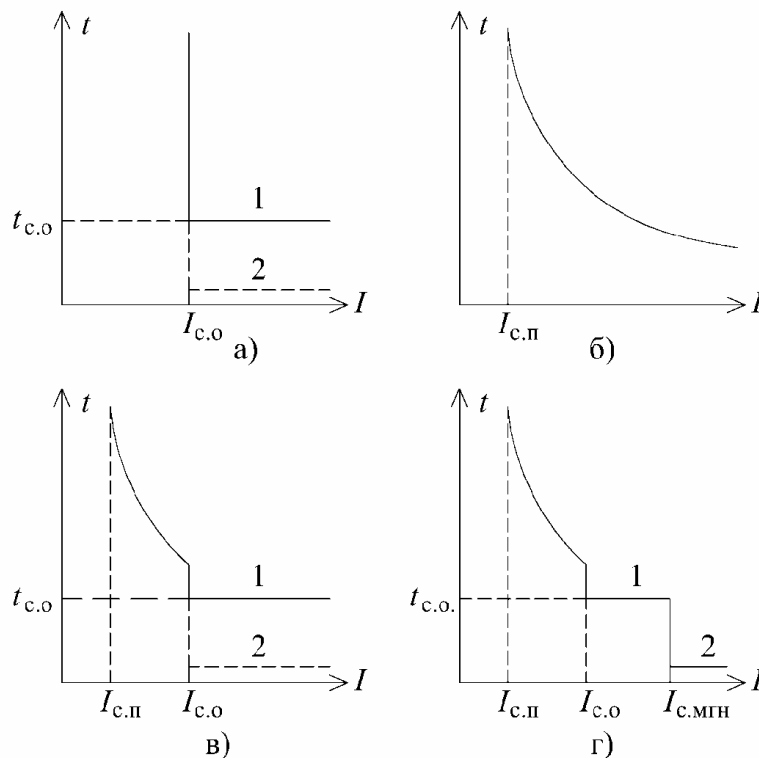
Категории применения автоматических выключателей

Категория А	Выключатели, не предназначенные специально для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания относительно других устройств защиты от коротких замыканий, последовательно присоединенных со стороны нагрузки, т.е. без заданной кратковременной выдержки времени, предусматриваемой для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания, а поэтому без номинального кратковременно выдерживаемого тока
Категория В	Выключатели, специально предназначенные для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания относительно других устройств защиты от коротких замыканий, последовательно присоединенных со стороны нагрузки, т.е. с заданной кратковременной выдержкой времени (которая может быть регулируемой),

Времятоковые характеристики автоматических выключателей

Времятоковая характеристика – это основная характеристика автоматического выключателя отражающая зависимость времени срабатывания автоматического выключателя при возникновении аварийного режима от величины тока цепи. В зависимости от типа установленных в автоматическом выключателе расцепителей, он может иметь такие времятоковые характеристики, как:

- зависящая от тока характеристика времени срабатывания, показанная на рисунок б. Такую характеристику имеет тепловой расцепитель. Она характеризуется током срабатывания при перегрузке $I_{с.п}$ (I_r), а время срабатывания зависит от величины тока. Иногда в справочных данных указывают время срабатывания расцепителя $t_{с.п}$ (t_r) при шестикратном номинальном токе расцепителя ($6 \cdot I_{ном.р}$);
- независимая от тока характеристика времени срабатывания, показанная на рисунок а. Такую характеристику имеет электромагнитный расцепитель. Она характеризуется током срабатывания отсечки $I_{с.о}$ (I_{sd}). Срабатывание может быть мгновенным 2 или с выдержкой времени 1 $t_{с.о}$ (t_{sd});
- ограниченно зависящая от тока (двухступенчатая) характеристика времени срабатывания, показанная на рисунок в. Такую характеристику имеет комбинированный расцепитель (тепловой и электромагнитный);
- трехступенчатая защитная характеристика, показанная на рисунок г. Такая характеристика может быть реализована только с использованием полупроводникового или микропроцессорного расцепителя. Для нее дополнительно указывают величину тока мгновенного срабатывания $I_{с.мгн}$ (I_l).

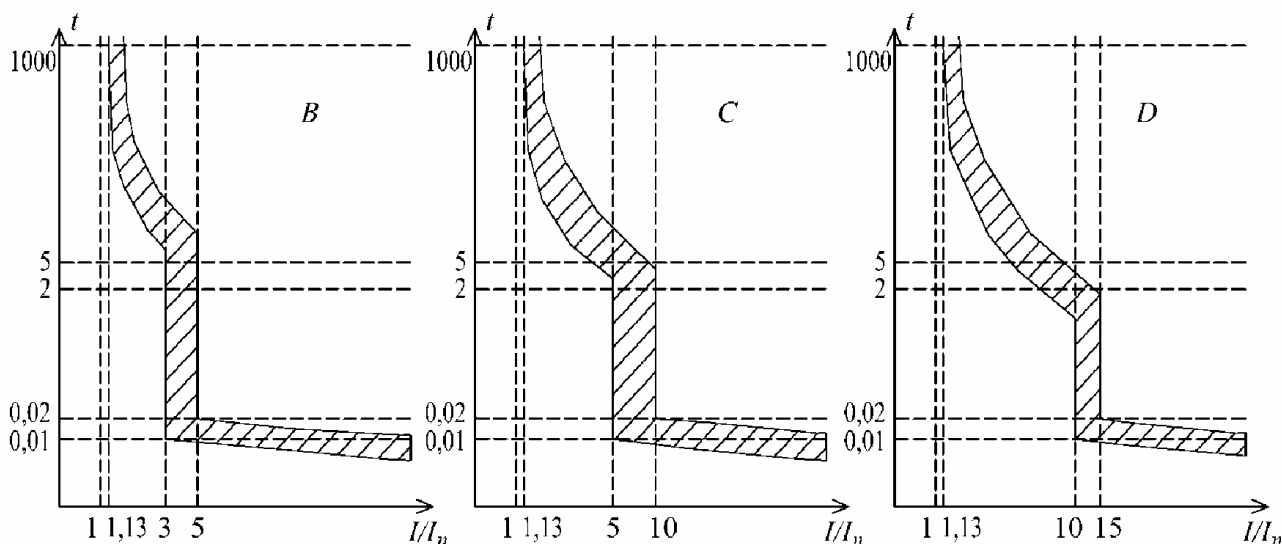


Из-за допусков при изготовлении и погрешности при настройке тока срабатывания автоматических выключателей их времятоковые характеристики изображаются не одной линией, а двумя, которые ограничивают зону возможных токов и времени срабатывания расцепителей автоматического выключателя. Времятоковая характеристика, для упрощения, может изображаться одной линией, проходящей в середине этой зоны срабатывания.

Автоматические выключатели с номинальным током до 125 А, часто, имеют комбинированные расцепители с одной из стандартных времятоковых характеристик, которые показаны на рисунке ниже:

- тип В со значением тока срабатывания электромагнитного расцепителя $(3-5) \cdot I_n$, где I_n – номинальный ток автоматического выключателя;
- тип С со значением тока срабатывания электромагнитного расцепителя $(5-10) \cdot I_n$;
- тип D со значением тока срабатывания электромагнитного расцепителя $(10-14) \cdot I_n$.

У отдельных производителей существуют дополнительные времятоковые характеристики.



Выбор автоматических выключателей

1. Номинальное рабочее напряжение выключателя должно соответствовать напряжению сети:

$$U_0 \geq U_{\text{сети}}.$$

2. При защите линии питания электродвигателя номинальный ток расцепителя автоматического выключателя должен соответствовать номинальному току двигателя:

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{ном.дв}}.$$

3. При защите группы электроприемников ток уставки или номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя должен соответствовать их расчетному току в длительном режиме:

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{р}}.$$

4. Следует учитывать, что длительно допустимый ток кабельной или воздушной линии электропередачи, защищаемой данным автоматическим выключателем, должен быть больше тока уставки или номинального тока теплового расцепителя:

$$I_{\text{д.д.}} \geq I_{\text{ном.р}}.$$

5. Пусковой ток асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в 5 – 7 раз превышает номинальный. Автоматический выключатель не должен срабатывать в этом режиме. Это необходимо учитывать при выборе уставки электромагнитного расцепителя или выборе типа стандартной времятоковой характеристики (B, C, D). Для защиты асинхронных электродвигателей обычно используются автоматические выключатели с характеристикой C или D, в зависимости от величины пускового тока.
6. Автоматический выключатель должен срабатывать при минимальном значении тока короткого замыкания на защищаемой линии.
7. Значения номинальной рабочей наибольшей отключающей способности I_{cs} и номинального кратковременно выдерживаемого тока I_{cw} автоматического выключателя должны быть не меньше значения максимального тока КЗ в той точке сети, в которой данный автоматический выключатель устанавливается.
8. Автоматические выключатели также выбираются по условию селективности. Селективность заключается в обеспечении такой координации между времятоковыми характеристиками последовательно расположенных защит, чтобы в случае повреждения отключался только выключатель, наиболее близкий к повреждению. Селективность должна быть обеспечена между последовательно включенными выключателями в сети 0,4 кВ, между защитой со стороны ВН питающего трансформатора и выключателями 0,4 кВ, а также между выключателем и магнитным пускателем (контактором с тепловым реле) данного присоединения. Селективность данных защит проверяется сопоставлением их характеристик на карте селективности. Защитные характеристики, построенные с учетом разбросов по току и времени срабатывания, не должны накладываться или пересекаться.

Контакторы

ГОСТ Р 50030.4.1-2012 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4. Контакторы и пускатели. Раздел 1. Электромеханические контакторы и пускатели».

ГОСТ 11206-77 «Контакторы электромагнитные низковольтные. Общие технические условия».

Категории применения контакторов

Категории применения контакторов переменного тока

Обозначение	Описание
АС-1	Для коммутации активной или малоиндуктивной нагрузки (печи сопротивления)
АС-2	Для пуска электродвигателей с фазным ротором, торможение противовключением
АС-3	Для пуска электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Отключение вращающихся двигателей при номинальной нагрузке
АС-4	Для пуска электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей. Торможение противовключением
АС-5a	Коммутация разрядных электроламп
АС-5b	Коммутация ламп накаливания
АС-6a	Коммутация трансформаторов
АС-6b	Коммутация батарей конденсаторов
АС-7a	Коммутация слабоиндуктивной нагрузки бытового и аналогичного назначений
АС-7b	Коммутация двигательной нагрузки бытового назначения
АС-8a	Управление герметичными двигателями компрессоров холодильников с ручным взводом расцепителей перегрузки
АС-8b	Управление герметичными двигателями компрессоров холодильников с автоматическим взводом расцепителей перегрузки

Категории применения контакторов постоянного тока

Обозначение	Описание
DC-1	Для активной или малоиндуктивной нагрузки (печи сопротивления)
DC-2	Для пуска электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и их отключения при номинальной частоте вращения
DC-3	Для пуска электродвигателей с параллельным возбуждением и их отключения при неподвижном состоянии или медленном вращении ротора
DC-4	Для пуска электродвигателей с последовательным возбуждением и их отключения при номинальной частоте вращения
DC-5	Для пуска электродвигателей с последовательным возбуждением, отключения неподвижных или медленно вращающихся двигателей, торможения противотоком
DC-6	Коммутация ламп накаливания

Силовые трансформаторы

Защита силовых трансформаторов 6-20 кВ предохранителями

Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 136 с., ил. Параграф 3-3.

Номинальное напряжение предохранителей и их плавких вставок должно быть равно номинальному напряжению сети:

$$U_{\text{ном}} = U_{\text{сети}}$$

Номинальный ток отключения выбранного предохранителя должен быть равен или больше максимального значения тока короткого замыкания в месте установки предохранителя:

$$I_{\text{ном.о}} = I_{\text{КЗ.макс}}$$

Номинальный ток плавкой вставки для предохранителей, защищающих трансформаторы 6 и 10 кВ со стороны высшего напряжения, выбирается в соответствии с директивными указаниями [Сборник директивных материалов по эксплуатации энергосистем (Электротехническая часть). — М.: Минэнерго СССР, 1978.] равным примерно двукратному номинальному току трансформатора:

$$I_{\text{ном.пл.вс}} = 2 \cdot I_{\text{ном.тр}}$$

Необходимо выполнить проверку селективности между предохранителями на стороне ВН трансформатора и предохранителями или автоматическими выключателями на стороне НН трансформатора.

Рекомендуемые значения номинальных токов плавких вставок предохранителей для трехфазных силовых трансформаторов

Мощность трансформатора, кВА	Номинальный ток, А					
	первичный ток трансформатора			ток плавкой вставки на стороне		
	6 кВ	10 кВ	20 кВ	6 кВ	10 кВ	20 кВ
25	2,40	1,44	-	8	5	-
40	3,83	2,30	-	10	8	-
50	4,8	2,9	1,5	10-16	6-10	4-6
63	6,05	3,64	-	16	10	-
75	7,2	4,3	2,2	16-20	10-16	4-6
100	9,60	5,80	2,9	20	16	6-10
				25-32	10-16	
125	12,1	7,2	3,6	32-40	16-20	6-10
160	15,4	9,25	4,6	32	20	10-16
				40-50	20-25	
200	19,2	11,5	5,8	40-50	25-32	10-16
250	24,0	14,40	7,2	50	40	16-20
				50-63	32-40	
315	30,3	18,2	9,1	50-63	40-50	20-25
400	38,3	23,10	11,5	80	50	25-32
				63-80	50-63	
500	48,1	28,8	14,4	80-100	50-63	32-40
630	60,5	36,4	18,1	160	80	40-50
				100-125	63-80	
800	76,9	46,2	23,1	100-125	80-100	50-63
1000	96,2	57,7	28,8	125-160	100-125	50-63

Серым цветом выделены данные из книги Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. Остальные данные взяты из https://www.websor.ru/vjsokovoltnje_predohraniteli.html

Технические данные трансформаторов ТМГ 6-20 кВ

Трансформаторы ТМГ 6-20 кВ с «нормальными» потерями производственной группы «Трансформер»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						
100	6; 10; 20	0,23; 0,4; 0,69	Д/УН-11; У/УН-0; УН/Д-11	4,5	1,97	0,27	1,6	1170x925x615 500
160				4,5	2,65 / 2,7*	0,41	1,5	1250x1025x655 670
250				4,5	3,7	0,53	1,2	1340x1175x715 1100
400				4,5	5,6	0,87	1,2	1405x1395x855 1400
630				5,5	7,6	1,24	1,2	1520x1585x905 1850
800				5,5	9,6	1,37	1,0	1630x1615x1085 2180
1000				5,5	10,8	1,6	1,0	1705x1710x1130 2660
1250				6	12,4	1,8	1,0	1774x1825x1205 2900
1600				6	16,5	2,1	0,5	1935x2225x1285 3650
2000				6	23,0	2,6	0,5	1990x2285x1365 4200
2500				6	27,0	2,75	0,5	2140x2285x1365 5650

* - для трансформаторов с напряжением обмотки ВН 10 и 20 кВ.

Трансформаторы ТМГ 6-10 кВ «энергосберегающие» производственной группы «Трансформер»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						
400	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	Д/УН-11; У/УН-0	4,5	4,6	0,61	0,8	1405x1395x855 1400
1000				5,5	10,5	1,1	0,6	1705x1710x1130 2600
1250				6	12,4	1,35	0,6	1774x1825x1205 2900
1600				6	16,5	2,1	0,5	1935x2225x1285 3650

Технические данные трансформаторов сухих трансформаторов с литой изоляцией 6-20 кВ

Трансформаторы ТСЛ 6-10 кВ с «нормальными» потерями производственной группы «Трансформер»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k^{**} , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						
100	6; 10	0,23; 0,4	Д/УН-11; У/УН-0	6	2,1	0,42	1,5	1060x1070x650 550
160				6	2,7	0,6	1,5	1195x1160x750 770
250				6	3,7	0,75	1	1221x1220x750 930
400				6	5,7	1,15	1	1280x1390x750 1300
630				6 / 8*	6,7 / 7,6*	1,4 / 1,0*	0,8	1520x1435x750 1750
1000				6 / 8*	8,9 / 9,0*	2,0 / 1,5*	0,8	1720x1600x970 2500
1250				6 / 8*	11,2 / 12,0*	2,6 / 2,2*	0,8	1710x1690x970 1743x1730x970* 2850 / 2950*
1600				6	11,5	3,3	0,6	1865x1885x970 3800
2000				6	15,0	3,3	0,6	2200x1720x1270 4050
2500				6	19,5	4,1	0,6	2285x1885x1270 4900
3150				6	24,0	4,6	0,6	2400x1950x1270 5600

* - для трансформаторов с напряжением обмотки ВН 10 кВ;

** - потери короткого замыкания приведены к температуре 115 °С.

Трансформаторы ТСЛ(З) 6-10 кВ ЗАО «ГК «Электроцит»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_{κ}^* , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						То же с кожухом
250	6; 6,3; 10; 10,5	0,4	Д/У _Н -11; У/У _Н -0	6	2,845	0,68	1,9	1215х1135х620 950 1600х1850х800 1150
400				6	4,255	0,98	1,8	1350х1280х770 1500 1850х1950х980 1750
630				6	6,712	1,1	1,6	1445х1450х770 2050 1990х2075х1070 2350
1000				6	9,654	1,55	1,2	1640х1570х970 2800 2130х2225х1145 3100
1250				6	11,475	1,9	1,1	1760х1660х970 3300 2300х2450х1080 3650
1600				6	13,466	2,3	1,0	1855х1730х1100 4000 2350х2500х1180 4350
2000				6	15,319	2,69	0,9	2205х1825х1270 5000 2500х2700х1270 5500
2500				6	18,984	3,2	0,8	2160х2000х1270 6300 2900х2900х1300 6800

* - потери короткого замыкания приведены к температуре 115 °С.

Трансформаторы Trihal 6-10 кВ со стандартным уровнем потерь и шума «Schneider Electric»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k^* , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг **
	ВН	НН						
100	6; 10	0,4	Д/УН-11	6	1740/2000	440	Нет Достоверных данных	1270х1110х670 680 1240х990х650 580
160				6	2350/2700	610		1290х1120х670 740 1260х1070х650 720
250				6	3100/3500	820		1330х1210х680 960 1300х1210х670 960
400				6	4530/5200	1000		1410х1330х800 1280 1440х1330х800 1300
630				6	6610/7600	1370		1530х1470х800 1820 1560х1470х800 1780
800				6	7700/8800	1700		1660х1480х800 2040 1600х1540х810 2070
1000				6	8800/10000	2000		1840х1530х950 2400 1750х1570х950 2400
1250				6	10500/12000	2500		1860х1570х950 2580 2020х1560х950 2820
1600				6	12300/14000	2800		2060х1640х950 3200 1950х1770х950 3440
2000				6	14900/17000	3500		2000х1880х1230 4200 2160х1830х1230 4400
2500				6	18300/21000	4300		2170х1920х1230 4950 2220х1990х1230 5280
3150				6	21800/25000	5500		2520х2090х1270 6650 2380х2100х1270 6160

* - в числителе приведены потери при температуре 75 °С, в знаменателе при температуре 120 °С;

** - в последних ячейках сверху указаны данные по габаритам и массе трансформаторов 6 кВ, снизу – 10 кВ.

Трансформаторы Trihal 6-10 кВ с пониженным уровнем потерь и шума «Schneider Electric»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k^* , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг **
	ВН	НН						
100	6; 10	0,4	Д/УН-11	6	1740/2000	320	Нет Достоверных данных	1240x990x650 600 1290x1110x670 700
160				6	2350/2700	440		1280x1090x650 800 1310x1120x670 820
250				6	3100/3500	600		1320x1210x670 980 1350x1210x680 1000
400				6	4530/5200	780		1430x1330x800 1400 1650x1270x800 1380
630				6	6700/7600	1090		1570x1470x800 1920 1620x1520x810 2070
800				6	7700/8800	1350		1820x1460x800 2220 1750x1520x810 2280
1000				6	8800/10000	1500		1840x1510x950 2520 1790x1650x950 2910
1250				6	10500/12000	1850		1880x1570x950 2790 1950x1690x950 3240
1600				6	12300/14000	2100		1960x1770x950 3920 2140x1770x950 4400
2000				6	14900/17000	2500		2330x1770x950 4700 2240x1970x960 5580
2500				6	18300/21000	3000		2390x1910x950 5640 2310x1980x960 5940
3150				6	21800/25000	4100		2540x2010x1200 6720 2480x2200x1200 7600

* - в числителе приведены потери при температуре 75 °С, в знаменателе при температуре 120 °С

** - в последних ячейках сверху указаны данные по габаритам и массе трансформаторов 6 кВ, снизу – 10 кВ.

Трансформаторы Trihal 20 кВ со стандартным уровнем потерь и шума «Schneider Electric»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k^* , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						
160	20	0,4	Д/УН-11	6	2350/2700	650	Нет достоверных данных	1370х1230х710 880
250				6	3300/3800	880		1390х1260х720 1020
400				6	4800/5500	1200		1580х1320х800 1300
630				6	6800/7800	1650		1620х1500х830 1800
800				6	8200/9400	2000		1890х1520х840 2160
1000				6	9600/11000	2300		1810х1600х950 2400
1250				6	11400/13100	2800		2080х1610х950 2850
1600				6	14000/16000	3100		2140х1750х950 3600
2000				6	17500/20000	4000		2220х1890х1230 4350
2500				6	20000/23000	5000		2280х2070х1230 5400
3150				6	21800/25000	6300		2430х2190х1270 2430

* - в числителе приведены потери при температуре 75 °С, в знаменателе при температуре 120 °С

Трансформаторы Trihal 20 кВ с пониженным уровнем потерь и шума «Schneider Electric»

Мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	u_k , %	ΔP_k^* , кВт	ΔP_x , кВт	i_x , %	Габаритные размеры без кожуха (ВхДхШ), мм и масса, кг
	ВН	НН						
160	20	0,4	Д/УН-11	6	2350/2700	480	Нет достоверных данных	1350х1340х710 960
250				6	3300/3800	650		1355х1350х715 1060
400				6	4800/5500	940		1465х1440х810 1500
630				6	6800/7800	1250		1640х1570х835 2040
800				6	8200/9400	1500		1770х1585х840 2300
1000				6	9600/11000	1800		1940х1620х945 2640
1250				6	11400/13100	2100		2080х1655х945 3160
1600				6	14000/16000	2400		2200х1795х945 4075
2000				6	17400/19850	3000		2440х1840х1195 4900
2500				6	20000/23000	3600		200х2085х1195 5800
3150				6	21800/25000	4700		2540х2260х1200 7600

* - в числителе приведены потери при температуре 75 °С, в знаменателе при температуре 120 °С

Перегрузочная способность масляных трансформаторов ТМ(Г)(Ф)

По данным ЗАО «ГК «Электрощит».

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды -25 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора								
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
8,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
24,0	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды -20 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора								
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,43
8,0	1,50	1,50	1,50	1,49	1,48	1,47	1,45	1,43	1,37
24,0	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды -10 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора								
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,47	1,39	1,33
8,0	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,38	1,36	1,32	1,25
24,0	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды 0 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора						
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,46
4,0	1,50	1,50	1,49	1,47	1,44	1,40	1,33
8,0	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	1,29	1,25
24,0	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды 10 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора					
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,40
4,0	1,46	1,43	1,40	1,37	1,33	1,27
8,0	1,27	1,26	1,24	1,23	1,21	1,18

24,0	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
------	------	------	------	------	------	------

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды 20 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора				
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2,0	1,50	1,50	1,49	1,43	1,34
4,0	1,37	1,34	1,29	1,25	1,19
8,0	1,18	1,17	1,15	1,13	1,10
24,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды 30 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора				
	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9
0,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,12
1,0	1,50	1,50	1,50	1,45	1,03
2,0	1,50	1,45	1,35	1,26	0,97
4,0	1,27	1,23	1,17	1,11	0,94
8,0	1,09	1,07	1,04	1,01	0,92
24,0	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

Зависимость допустимой перегрузки масляного трансформатора от времени работы с этой перегрузкой при температуре окружающей среды 40 °С

Допустимое время перегрузки, ч	Коэффициент начальной загрузки трансформатора			
	0,25	0,5	0,7	0,8
0,5	1,50	1,50	1,50	1,01
1,0	1,50	1,50	1,35	0,92
2,0	1,39	1,31	1,17	0,86
4,0	1,16	1,11	1,02	0,83
8,0	0,99	0,96	0,91	0,82
24,0	0,81	0,81	0,81	0,81

Перегрузочная способность сухих трансформаторов ТСЛ(З)

По данным производственной группы «Трансформер».

График определения времени перегрузки в зависимости от предшествующей нагрузки при температуре окружающей среды +20°C (рядом с графиками указана ожидаемая перегрузка)

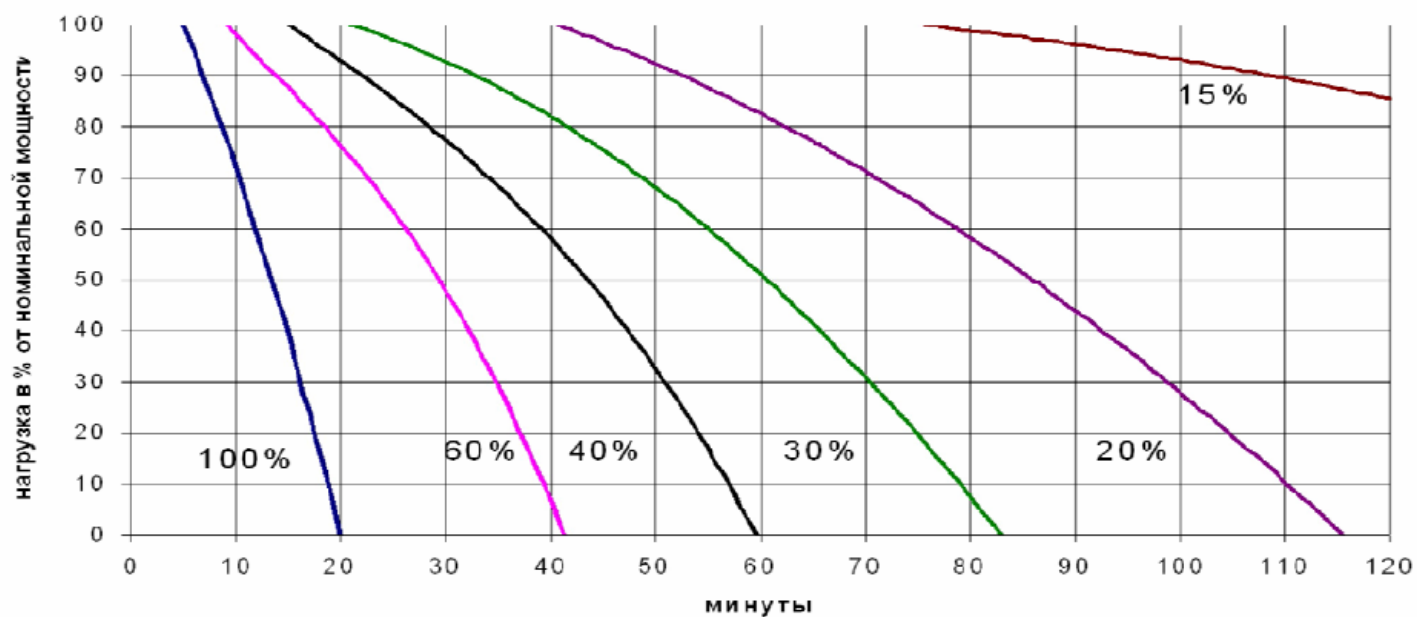
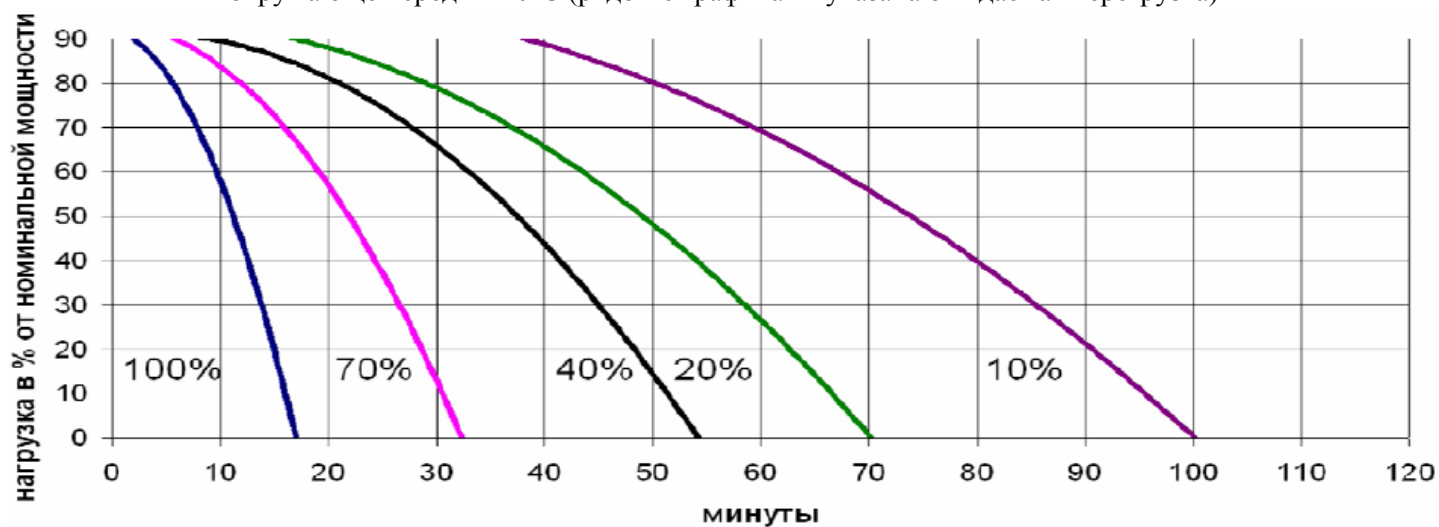


График определения времени перегрузки в зависимости от предшествующей нагрузки при температуре окружающей среды +40°C (рядом с графиками указана ожидаемая перегрузка)



Электродвигатели

Типовые режимы работы электродвигателей

ГОСТ ИЕС 60034-1-2014 Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики.

Режимы работы электродвигателей стандартизованы.

S1 Продолжительный – это режим, в котором превышение температуры двигателя достигает установившегося значения. Длительный режим подразделяют на два вида: а - режим с постоянной нагрузкой, б - режим с переменной нагрузкой. К типу а относятся электродвигатели вентиляторов, насосов, компрессоров, транспортеров, текстильных станков и др. К типу б - электродвигатели поршневых компрессоров, прокатных станов, токарных, фрезерных, сверлильных станков и др.

Обозначается символом *S1*.

В **S2 кратковременном** режиме двигатель работает непродолжительное время, в течение которого превышение его температуры не достигает установившегося значения, а после отключения он успевает охладиться до температуры, не более чем на 2 °С превышающей температуру окружающей среды. В этом режиме работают электродвигатели шлюзов, задвижек нефте- и газопроводов, и др.

Мощность двигателя в кратковременном режиме ориентировочно можно определить по формуле:

$$P_{S2} \geq P_{S1} \sqrt{\frac{1}{1 - e^{-\Delta t_p / T}}},$$

где P_{S1} – номинальная мощность двигателя в длительном режиме;

Δt_p – длительность периода нагрузки двигателя;

T – постоянная времени нагрева двигателя.

Т.е. если электродвигатель работает в кратковременном режиме, то можно выбрать электродвигатель меньшей мощности, чем по расчету для продолжительного режима работы, при этом температура обмоток электродвигателя не будет превышать допустимого значения. Но если механизм с таким электродвигателем включить на долгое время (продолжительный режим работы), то температура обмоток превысит допустимое значение и электродвигатель может выйти из строя.

Обозначается символом *S2*, за которым следует указание длительности периода нагрузки, например *S2 60 мин*.

S3 Повторно-кратковременным периодическим называют режим, в котором кратковременные периоды включения двигателя чередуются с периодами пауз, причем в период нагрузки превышение температуры двигателя не достигает установившегося значения, а при отключении не успевает достичь температуры окружающей среды. Свойства двигателей в повторно-кратковременном режиме зависят от коэффициента циклической продолжительности включения (ПВ).

Периодический режим означает, что температура в циклах не достигает установившегося значения.

Продолжительность включения – это величина, равная отношению времени работы двигателя под нагрузкой ко времени цикла, измеряемая в процентах:

$$\text{ПВ} = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100,$$

где t_p – время работы;

t_n – время паузы.

Продолжительности включения стандартизованы и составляют 15, 25, 40, 60%. Значение продолжительности включения указывается на паспорте двигателя.

Мощность двигателя в повторно-кратковременном режиме ориентировочно можно определить по формуле:

$$P_{S3} = P_{S1} \sqrt{1 + \frac{\left(1 + \frac{\text{ПВ}}{100}\right) \cdot \beta}{(1 - K_0) \frac{\text{ПВ}}{100}}},$$

где β – коэффициент уменьшения теплоотдачи при стоянке двигателя;

K_0 – отношение потерь холостого хода к потерям при нагрузке.

Обозначается символом *S3*, за которым следует коэффициент циклической продолжительности включения, например *S3 25%*.

S4 Повторно-кратковременный периодический режим с влиянием пусковых процессов. Последовательность идентичных режимов работы, каждый из которых включает время пуска, время работы при

постоянной нагрузке, за которое двигатель не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое двигатель не охлаждается до температуры окружающей среды.

Продолжительность включения в этом режиме:

$$ПВ = \frac{t_p + t_{\text{пуск}}}{t_p + t_{\text{пуск}} + t_{\text{п}}} 100,$$

где $t_{\text{пуск}}$ – время пуска (разгона).

Обозначается символом *S4*, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя J_{δ} и момент инерции нагрузки $J_{\text{нагр}}$, которые отнесены к валу двигателя, например *S4* 25%; $J_{\delta} = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{нагр}} = 0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

S5 Повторно-кратковременный периодический режим с электрическим торможением

Режим, включающий в себя те же элементы, что и *S4* с дополнительным периодом быстрого электрического торможения. Относится к двигателям для привода лифтов.

Обозначается символом *S5*, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя J_{δ} и момент инерции нагрузки $J_{\text{нагр}}$, которые отнесены к валу двигателя, например *S5* 25%; $J_{\delta} = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{нагр}} = 0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

S6 Непрерывный периодический режим с кратковременной нагрузкой (перемежающийся режим).

Последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время работы с постоянной нагрузкой и время работы на холостом ходу, причём длительность этих периодов такова, что температура двигателя не достигает установившегося значения. Перемежающийся режим работы характеризуется циклической продолжительностью включения (или, более правильно, продолжительностью нагрузки): 15, 25, 40, 60%; продолжительность одного цикла 10 минут.

$$ПН = \frac{t_p}{t_p + t_x} 100,$$

где t_p – время работы;

t_x – время холостого хода.

Обозначается символом *S6*, за которым следует коэффициент циклической продолжительности включения, например *S6* 25%.

S7 Непрерывный периодический режим с электрическим торможением. Последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает достаточно длительное время пуска, время работы с постоянной нагрузкой и быстрое электрическое торможение. Так как режим не содержит пауз, то для него $ПВ = 100\%$.

Обозначается символом *S7*, далее следуют момент инерции двигателя J_{δ} и момент инерции нагрузки $J_{\text{нагр}}$, которые отнесены к валу двигателя, например *S7* $J_{\delta} = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{нагр}} = 0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

S8 Непрерывный периодический режим с взаимозависимыми изменениями нагрузки и частоты вращения.

Это последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время разгона, работу с неизменной нагрузкой и частотой вращения, электрическое торможение, работу при другой частоте вращения и нагрузке, электрическое торможение и т.д.

Обозначается символом *S8*, далее следуют момент инерции двигателя J_{δ} и момент инерции нагрузки $J_{\text{нагр}}$, которые отнесены к валу двигателя вместе с нагрузкой и частотой вращения, и коэффициенты циклической продолжительности включения для каждой частоты вращения, например *S8* $J_{\delta} = 0,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{нагр}} = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; 16 кВт 740 об/мин – 30 %; 40 кВт 1460 об/мин – 30 %; 25 кВт 980 об/мин – 40 %.

S9 Режим с непериодическими изменениями нагрузки и частоты вращения. Режим, при котором обычно нагрузка и частота вращения изменяются не периодически в допустимом рабочем диапазоне. Этот режим часто включает в себя перегрузки, которые могут значительно превышать базовую нагрузку.

Обозначается символом *S9*.

S10 Режим с дискретными постоянными нагрузками и частотами вращения. Режим, состоящий из ограниченного числа дискретных нагрузок (или эквивалентных нагрузок) и, если возможно, частот вращения, при этом каждая комбинация нагрузки/частоты вращения сохраняется достаточное время для того, чтобы машина достигла практически установившегося теплового состояния. Минимальная нагрузка в течение рабочего цикла может иметь и нулевое значение (холостой ход, покой или обесточенное состояние).

Обозначается символом *S10*, за которым следуют значения величин $P/\Delta t$ (P – соответствующая нагрузка в долях базовой нагрузки и Δt – её продолжительность в долях продолжительности полного цикла нагрузки и относительная величина ожидаемого термического срока службы (ТСС) изоляционной системы). Нормативной базовой величиной для оценки ожидаемого термического срока службы изоляции является ожидаемый термический срок службы при номинальной мощности и допуске превышения температуры, соответствующих продолжительному типовому режиму *S1*. Нагрузка для времени холостого хода и обесточенного состояния машины обозначается буквой *O*.

Расчет номинальной мощности электродвигателя для длительного режима

При выборе электродвигателя для длительного режима работы (S1) необходимо знать мощность потребляемую механизмом. При известной мощности механизма мощность электродвигателя выбирается по каталогу с учетом КПД промежуточной передачи. Расчетная мощность на валу электродвигателя:

$$P = \frac{P_m}{\eta_n},$$

где P_m – мощность, потребляемая механизмом, кВт;

η_n – КПД передачи (например редуктора), о.е.

Номинальная мощность электродвигателя выбранного по каталогу должна быть равна или несколько больше расчетной мощности. Выбранный электродвигатель не нуждается в проверке по нагреву или по перегрузке. Иногда требуется проверять достаточность пускового момента.

Мощность электродвигателя насоса определяется по формуле, кВт:

$$P = k_3 \frac{g \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{\eta_n \eta_{\pi}} 10^{-3} = k_3 \frac{Q \cdot p}{\eta_n \eta_{\pi}} 10^{-3},$$

где k_3 – коэффициент запаса, равный 1,1 – 1,3;

Q – подача (производительность) насоса, м³/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – напор насоса (расчетная высота подъема), м;

γ – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

η_{π} – КПД передачи (например редуктора), о.е;

η_n – КПД насоса (следует учесть, что КПД насоса может значительно отличаться от номинального значения в зависимости от подачи с которой он работает), о.е;

p – давление развиваемое насосом, Па.

Мощность электродвигателя для поршневого компрессора, кВт:

$$P = k_3 \frac{Q \cdot A}{\eta_k \eta_{\pi}} 10^{-3},$$

где k_3 – коэффициент запаса, равный 1,05 – 1,15;

Q – подача (производительность) компрессора, м³/с;

A – работа изотермического и адиабатического сжатия 1 м³ воздуха до требуемого давления, Дж/м³;

η_{π} – КПД передачи (например редуктора), о.е;

η_k – КПД компрессора, о.е.

Мощность электродвигателя вентилятора, кВт:

$$P = k_3 \frac{Q \cdot H}{\eta_b \eta_{\pi}} 10^{-3},$$

где k_3 – коэффициент запаса, равный 1,1 – 1,2;

Q – производительность вентилятора, м³/с;

H – давление на выходе вентилятора, Па;

η_{π} – КПД передачи (например редуктора), о.е;

η_b – КПД вентилятора, о.е.

Номинальный ток трехфазного асинхронного электродвигателя

Номинальная мощность электродвигателя – это механическая мощность на валу, поэтому при расчете номинального тока электродвигателя следует учитывать его КПД, т.к. при любом преобразовании (в случае электродвигателя это преобразование электрической энергии в механическую) возникают потери.

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электродвигателя, кВ;

$\eta_{\text{ном}}$ – номинальный КПД электродвигателя, о.е;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

При выполнении расчетов электрических нагрузок следует также учитывать КПД электродвигателя, т.е. нужно поделить номинальную мощность электродвигателя на КПД (о.е.).

Классы энергоэффективности электродвигателей (код IE)

ГОСТ Р 54413-2011 «Машины электрические вращающиеся. Часть 30. Классы энергоэффективности односкоростных трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (код IE)» устанавливает 4 класса энергоэффективности:

IE1	IE2	IE3	IE4
нормальный	повышенный	премиум	супер-премиум

ГОСТ Р 54413-2011 распространяется на односкоростные трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором с питанием от сети переменного тока частотой 50 и 60 Гц, напряжением до 1000 В...

Таблицы 3, 5, 7, 9 ГОСТ Р 54413-2011 Нормативные значения КПД, %, для классов энергоэффективности IE1-4 при частоте 50 Гц (при частоте 60 Гц см. ГОСТ Р 54413-2011)

Р _{ном} , кВт	IE1			IE2			IE3			IE4		
	Число полюсов			Число полюсов			Число полюсов			Число полюсов		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9	84,9	85,6	83,1
1,1	75	75	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81	86,7	87,4	84,1
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5	87,5	88,1	86,2
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3	89,1	89,7	87,1
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6	89,7	90,3	88,7
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8	90,3	90,9	89,5
5,5	84,7	84,7	83,1	87	87,7	86	89,2	89,6	88	91,5	92,1	90,2
7,5	86	86	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1	92,1	92,6	91,5
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3	93	93,6	92,5
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2	93,4	94	93,1
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7	93,8	94,3	93,5
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93	92,2	94,2	94,7	93,9
30	90,7	90,7	90,2	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9	94,5	95	94,3
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3	94,8	95,3	94,6
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94	94,2	93,7	95,1	95,6	94,9
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1	95,4	95,8	95,2
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94	93,7	94,7	95	94,6	95,6	96	95,4
90	93	93	92,9	94,1	94,2	94	95	95,2	94,9	95,8	96,2	95,6
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1	96	96,4	95,6
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4	96	96,5	95,8
160	93,8	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6	96,2	96,5	96
От 200 до 355	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	-	-	-
200										96,3	96,6	96,1
250										96,4	96,7	96,1
315										96,5	96,8	96,1
355										96,6	96,8	96,1

Технические данные низковольтных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИР (группа компаний «Электромотор»)

Используются для привода вентиляционного оборудования, насосов, компрессорных установок, станков, эскалаторов и многих других машин.

Основные технические характеристики:

- привязка мощности и установочных размеров стандарту ГОСТ 31606-2012;
- степень защиты IP54, IP55 (электродвигатель АИР) по ГОСТ ИЕС 60034-5-2011;
- изоляция класса нагревостойкости «F» по ГОСТ 8865-93;
- по способу монтажа, исполнения: IM 1001, IM2001, IM3011 по ГОСТ 2479-79;
- климатическое исполнение У2, У3 по ГОСТ 15150-69.
- режим работы S1 по **ГОСТ 183-74**.
- способ охлаждения IC-0151 по ГОСТ Р МЭК 60034-6-2012.
- уровень шума в режиме холостого хода - 2 класса по ГОСТ ИЕС 60034-9-2014.

Дополнительные обозначения электродвигателей АИР специального исполнения:

- Б - встроенная температурная защита (АИР112М2БУ3);
- В - встраиваемые (АИРВ71А2);
- С - с повышенным скольжением (АИРС100L4), не путайте с АИС - привязка мощности к размерам по DIN;
- Е - со встроенным тормозом (АИР100S2Е);
- Е2 - с ручным растормаживающим устройством (АИР100L4Е2);
- 3Е - однофазный двигатель с трехфазной обмоткой (АИР3Е80В4);
- Е - однофазный двигатель с двухфазной обмоткой (АИРЕ100S4);
- Ж - электродвигатели для моноблочных насосов со специальным выходным концом вала (АИР80В2Ж);
- РЗ - для мотор-редукторов (АИР100S4РЗ);
- Ш - для промышленных швейных машин (АИР71В2Ш);
- П - повышенной точности по установочным размерам (АИР100S4П);
- Ф - хладономаслостойкое исполнение (АИР90L4Ф);
- А - для атомных электростанций (4АС100L4А5);
- Х2 - химостойкие (АИР112М4Х2).

Расшифровка условного обозначения - электродвигатель АИР 355 S4 У3, 250 кВт, 1500 об/мин:

- «А» - асинхронный двигатель;
- «И» – Интерэлектро;
- «Р» - привязка мощностей к установочным размерам в соответствии с ГОСТ 31606-2012 ("С" - в случае привязки по нормам CENELEC);
- 355 - высота оси вращения (габарит);
- S - установочный размер по длине станины;
- 4 - число полюсов;
- У - климатическое исполнение;
- 3 - категория размещения.

Основные технические характеристики электродвигателей АИР

Электродвигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, частота вращения ротора, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	K_n I_n/I_n	M_n/M_n	M_{max}/M_n	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	Электродвигатели выпускавшиеся ранее	Электродвигатели пр-ва ВЭМЗ
АИР 56 А2	0,18	3000 2700	0,55	65	0,78	5	2,2	2,2	0,00042	3,5	4АА56А2 4ААМ56А2	
АИР 56 А4	0,12	1500 1350	0,5	57	0,66	5	2,2	2,2	0,00070	3,6	4АА56А4 4ААМ56А4	
АИР 63 А6	0,18	1000 860	0,8	56	0,62	4	2,2	2,2	0,0018	4,8	4АА63А6 4ААМ63А6	
АИР 56 В4	0,18	1500 1350	0,7	60	0,68	5	2,2	2,2	0,00080	4,2	4АА56В4 4ААМ56В4	
АИР 63 В6	0,25	1000 860	1,0	59	0,62	4	2,2	2,2	0,0022	5,6	4АА63В6 4ААМ63В6	
АИР 63 А4	0,25	1500 1350	0,9	65	0,67	5	2,2	2,2	0,0012	5,1	4АА63А4 4ААМ63А4	
АИР 56 В2	0,25	3000 2730	0,73	66	0,79	5	2,2	2,2	0,00047	3,8	4АА56В2 4ААМ56В2	
АИР 80 А8	0,37	750 700	1,5	58	0,59	3,5	3,5	2,0	0,003	14,7	4А80А8	
АИР 71 А6	0,37	1000 900	1,4	65	0,63	4,5	2,1	2,2	0,0017	8,6	4А71А6 4АМ71А6	
АИР 63 В4	0,37	1500 1350	1,2	68	0,7	5	2,2	2,2	0,0014	6	4АА63В4 4ААМ63В4	
АИР 63 А2	0,37	3000 2730	0,9	72	0,84	5	2,2	2,2	0,00046	5,2	4А63А2 4АМ63А2	
АИР 80 В8	0,55	750 680	2,17	63	0,61	4,0	1,8	2,0	0,0038	15,9	4А80В8	
АИР 71 В6	0,55	1000 920	1,8	69	0,68	4,5	1,9	2,2	0,002	9,9	4А71В6 4АМ71В6	
АИР 71 А4	0,55	1500 1360	1,7	71	0,71	5	2,3	2,4	0,0013	8,1	4А71А4 4АМ71А4	
АИР 63 В2	0,55	3000 2730	1,3	75	0,81	5	2,2	2,2	0,0009	6,1	4А63В2 4АМ63В2	
АИР 90 LA8	0,75	750 705	2,6	72,5	0,71	4,0	1,5	2,0	0,0063	19,5	4А90LA8	
АИР 80 А6	0,75	1000 920	2,3	71	0,71	4,0	2,1	2,2	0,004	12,5	4А80А6	
АИР 71 В4	0,75	1500 1350	1,9	72	0,75	5	2,5	2,6	0,0015	9,4	4А71В4 4АМ71В4	
АИР 71 А2	0,75	3000 2820	1,3	79	0,8	6	2,6	2,7	0,00097	8,7	4А71А2 4АМ71А2	
АИР 90 LB8	1,1	750 710	3,3	74	0,72	4,5	1,5	2,2	0,009	22,3	4А90LB8	
АИР 80 В6	1,1	1000 905	3,2	72	0,73	5,5	2,0	2,1	0,0048	16,2	4А80В6	
АИР 80 А4	1,1	1500 1410	2,7	76,5	0,77	5,0	2,2	2,4	0,0034	12,8	4А80А4	
АИР 71 В2	1,1	3000 2810	2,6	79,5	0,8	6	2,2	2,4	0,0011	9,5	4А71В2 4АМ71В2	
АИР 100 L8	1,5	750 700	4,1	76,5	0,70	3,7	1,6	2,0	0,0123	26,0	4А100L8	
АИР 90 L6	1,5	1000 935	4,2	76	0,75	5,0	2,0	2,3	0,0066	20,6	4А90L6	

Электро- двигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, частота вращения ротора, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	K_{Π} I_{Π}/I_{Π}	$M_{\Pi}/$ M_{Π}	$M_{\max}/$ M_{Π}	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	Электро- двигатели выпускав- шиеся ранее	Эл- двигатели пр-ва ВЭМЗ
АИР 80 В4	1,5	1500 1400	3,72	78,5	0,78	6,0	2,3	2,3	0,0034	14,7	4A80B4	
АИР 80 А2	1,5	3000 2880	3,2	82	0,85	6,5	2,2	2,6	0,0015	13,3	4A80A2	
АИР 112 МА8	2,2	750 710	6,1	76	0,71	6	1,8	2,3	0,0221	43	4A112MA8 4AM112MA8	
АИР 100 L6	2,2	1000 940	5,4	81,5	0,74	6,0	1,9	2,2	0,02	27,0	4A100L6	
АИР 90 L4	2,2	1500 1420	5,2	81	0,83	6,0	2,0	2,6	0,0056	19,7	4A90L4	
АИР 80 В2	2,2	3000 2855	4,85	81	0,85	7,0	2,2	2,3	0,0018	15,0	4A80B2	
АИР 112 MB8	3	750 710	7,8	79	0,74	6	1,9	2,3	0,0288	48	4A112MB8 4AM112MB8	
АИР 112 МА6	3	1000 950	7,4	81	0,76	6	2,1	2,4	0,038	43	4A112MA6 4AM112MA6	
АИР 100 S4	3	1500 1410	7,3	82	0,82	7,0	2	2,2	0,01	34,0	4A100S4	
АИР 90 L2	3	3000 2870	6,1	84,5	0,88	7,0	2,3	2,6	0,0024	20,0	4A90L2	
АИР 132 S8	4	750 700	10,5	83	0,7	6	1,8	2,2	0,069	69	4A132S8 4AM132S8	5AMX132S8
АИР 112 MB6	4	1000 950	9,2	82	0,81	6	2,2	2,3	0,0425	48	4A112MB6 4AM112MB6	
АИР 100 L4	4	1500 1410	9	85	0,84	7,0	2,1	2,4	0,013	29,2	4A100L4	
АИР 100 S2	4	3000 2850	8,7	87	0,88	7,5	2,0	2,4	0,007	30,0	4A100S2	
АИР 132 M8	5,5	750 700	13,6	83	0,74	6	1,8	2,2	0,0935	82	4A132M8 4AM132M8	5AMX132M8
АИР 132 S6	5,5	1000 950	12,2	83	0,82	5,5	2,2	2,5	0,05	69	4A132S6 4AM132S6	5AMX132S6
АИР 112 M4	5,5	1500 1440	12,1	85	0,84	6	2,2	2,6	0,0236	45	4A112M4 4AM112M4	
АИР 100 L2	5,5	3000 2850	11,0	88	0,88	7,5	2,1	2,4	0,008	32,0	4A100L2	
АИР 160 S8	7,5	750 720	18	85	0,73	6	1,9	2,0	0,08	125	4A160S8 4AM160S8	5AMX160S8
АИР 132 M6	7,5 7,6	1000 950	16,5	85,5	0,81	7	2,0	2,2	0,0597	82	4A132M6 4AM132M6	5AMX132M6
АИР 132 S4	7,5 7,6	1500 1455	15,6	87,5	0,83	7	2,0	2,5	0,0227	70	4A132S4 4AM132S4	5AMX132S4
АИР 112 M2	7,5 7,6	3000 2890	15	87	0,91	7,5	2,2	2,5	0,0185	48	4A112M2 4AM112M2	
АИР 160 M8	11	750 730	26	87	0,75	6,5	2,0	2,0	0,085	150	4A160M8 4AM160M8	5AMX160M8
АИР 160 S6	11	1000 970	24,5	87,5	0,78	6,5	2,0	2,1	0,07	125	4A160S6 4AM160S6	5AMX160S6
АИР 132 M4	11	1500 1450	22,2	88,5	0,85	7,5	2,4	2,9	0,0349	84	4A132M4 4AM132M4	5AMX132M4
АИР 132 M2	11	3000 2910	21,1	88	0,9	7,5	1,6	2,0	0,0227	78	4A132M2 4AM132M2	5AMX132M2

Электро- двигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, частота вращения ротора, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	K_{Π} I_{Π}/I_{Π}	$M_{\Pi}/$ M_{Π}	$M_{\max}/$ M_{Π}	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	Электро- двигатели выпускав- шиеся ранее	Эл- двигатели пр-ва ВЭМЗ
АИР 180 М8	15	750 730	34	88	0,76	6,6	2,0	2,0	0,1	172	4А180М8 4АМ180М8	5АМХ180М8
АИР 160 М6	15	1000 970	31	89	0,81	7	2,0	2,1	0,075	150	4А160М6 4АМ160М6	5АМХ160М6
АИР 160 S4	15	1500 1450	30	89	0,85	7,5	2,2	2,3	0,06	120	4А160S4 4АМ160S4	5АМХ160S4
АИР 160 S2	15	3000 2930	30	88	0,86	7,5	2,1	3,0	0,05	116	4А160S2 4АМ160S2	5АМХ160S2
АИР 200 М8	18,5	750 730	41	88	0,76	6,6	1,9	2	0,3	210	4А200М8 4АМ200М8	5А200М8
АИР 180 М6	18,5	1000 980	39	90	0,81	7	2,1	2,1	0,09	160	4А180М6 4АМ180М6	5АМХ180М6
АИР 160 М4	18,5	1500 1460	36	90	0,86	7	2,2	2,3	0,065	142	4А160М4 4АМ160М4	5АМХ160М4
АИР 160 М2	18,5	3000 2930	35	90	0,88	7,5	2,0	2,3	0,055	130	4А160М2 4АМ160М2	5АМХ160М2
АИР 200 L8	22	750 730	48,9	90	0,78	6,6	1,9	2	0,35	225	4А200L8 4АМ200L8	5А200L8
АИР 200 М6	22	1000 980	46	88	0,83	7	2,0	2,1	0,2	195	4А200М6 4АМ200М6	5А200М6
АИР 180 S4	22	1500 1470	43	90	0,86	7,5	2,2	2,3	0,07	160	4А180S4 4АМ180S4	5АМХ180S4
АИР 180 S2	22	3000 2940	41	90	0,9	7,5	2	2,3	0,062	150	4А180S2 4АМ180S2	5АМХ180S2
АИР225М8	30	750 735	63	91	0,79	6,5	1,9	2	0,825	360	4А225М8 4АМ225М8	5А225М8
АИР 200 L6	30	1000 980	59,6	90	0,84	7	2	2,1	0,25	255	4А200L6 4АМ200L6	5А200L6
АИР 180 М4	30	1500 1470	57,6	91,4	0,86	7,2	2,2	2,3	0,08	190	4А180М4 4АМ180М4	5АМХ180М4
АИР 180 М2	30	3000 2950	55,4	91,4	0,9	7,5	2,0	2,3	0,07	170	4А180М2 4АМ180М2	5АМХ180М2
АИР250S8	37	750 740	77,9	92,5	0,78	6,6	1,9	2	1,35	400	4А250S8 4АМ250S8	5АМ250S8
АИР225М6	37	1000 980	71	92	0,86	7	2,1	2,1	0,825	360	4А225М6 4АМ225М6	5А225М6
АИР 200 М4	37	1500 1470	70	92	0,87	7,2	2,2	2,3	0,14	230	4А200М4 4АМ200М4	5А200М4
АИР 200 М2	37	3000 2950	70	91,5	0,88	7,5	2,0	2,3	0,14	230	4А200М2 4АМ200М2	5А200М2
АИР250М8	45	750 735	93,6	92,5	0,79	6	1,9	2	1,55	430	4А250М8 4АМ250М8	5АМ250М8
АИР250S6	45	1000 980	87	92,5	0,85	7	2,1	2	1,28	390	4А250S6 4АМ250S6	5АМ250S6
АИР 200 L4	45	1500 1475	84,9	92,5	0,87	7,2	2,2	2,3	0,18	200	4А200L4 4АМ200L4	5А200L4
АИР 200 L2	45	3000 2960	84	92	0,88	7,5	2	2,3	0,16	255	4А200L2 4АМ200L2	5А200L2
АИР280S8	55	750 740	106	93,9	0,85	6	1,8	2	2,63	725	4А280S8 4АМ280S8	5АМ280S8 e
АИР250М6	55	1000 980	105	92,5	0,86	6,5	2,1	2	1,48	430	4А250М6 4АМ250М6	5АМ250М6

Электро- двигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, частота вращения ротора, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	K_{Π} I_{Π}/I_{Π}	$M_{\Pi}/$ M_{Π}	$M_{\max}/$ M_{Π}	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	Электро- двигатели выпускав- шиеся ранее	Эл- двигатели пр-ва ВЭМЗ
АИР225М4	55	1500 1480	103	93	0,87	7,2	2,2	2,3	0,2	325	4А225М4 4АМ225М4	5А225М4
АИР225М2	55	3000 2970	100	93	0,9	7,5	2	2,3	0,2	320	4А225М2 4АМ225М2	5А225М2
АИР280М8	75	750 740	141	93,8	0,84	6	1,8	2	3,33	790	4А280М8 4АМ280М8	5АМ280М8 е
АИР280S6	75 76	1000 985	137	94,5	0,86	6,5	2	2	2,63	745	4А280S6 4АМ280S6	5АМ280S6 е
АИР250S4	75 76	1500 1480	137,8	94	0,88	6,8	2,2	2,3	0,35	450	4А250S4 4АМ250S4	5АМ250S4
АИР250S2	75 76	3000 2975	134,6	93	0,91	7	2	2,3	0,35	425	4А250S2 4АМ250S2	5АМ250S2
АИР315S8	90	750 740	173	93,5	0,85	6,4	1,8	2	3,6	880	4А315S8 4АМ315S8	5АМ315S8е
АИР280М6	90	1000 985	164	94,5	0,86	6,5	2	2	3,33	780	4А280М6 4АМ280М6	5АМ280М6 е
АИР250М4	90	1500 1480	163	94	0,89	7,5	2,2	2,3	0,4	480	4А250М4 4АМ250М4	5АМ250М4
АИР250М2	90	3000 2975	160	93	0,91	7,5	2	2,3	0,4	455	4А250М2 4АМ250М2	5АМ250М2
АИР355М10	110	600 590	230	93,2	0,78	6,0	1,3	2	3,5	1640	4А355М10 4АМ355М10	
АИР315М8	110	750 740	209	93,5	0,85	6,4	1,8	2	6,0	1050	4А315М8 4АМ315М8	5АМ315М8е
АИР315S6	110	1000 985	200	93,5	0,9	6,7	2	2	3,6	880	4А315S6 4АМ315S6	5АМ315S6 е
АИР280S4	110	1500 1480	196	95,3	0,87	6,5	2,1	2,2	0,6	790	4А280S4 4АМ280S4	5АМ280S4 е
АИР280S2	110	3000 2975	198	93,7	0,9	7,2	1,8	2,2	0,6	590	4А280S2 4АМ280S2	5АМ280S2
АИР355МВ10	132	600 590	275	93,5	0,78	6,0	1,3	2	8,2	1690		
АИР355S8	132	750 740	261	93,7	0,82	6,4	1,8	2	7,9	2000	4А355S8 4АМ355S8	5АМ315МВ8
АИР315М6	132	1000 985	239	94	0,9	6,7	2	2	6,0	1050	4А315М6 4АМ315М6	5АМ315М6е
АИР280М4	132	1500 1480	230	95,5	0,88	6,5	2,1	2,2	0,7	885	4А280М4 4АМ280М4	5АМ280М4 е
АИР280М2	132	3000 2975	235	94	0,9	8,5	1,8	2,2	0,7	620	4А280М2 4АМ280М2	5АМ280М2
АИР355М8	160	750 740	306	94,2	0,83	6,4	1,8	2	10,3	2150	4А355М8 4АМ355М8	
АИР355S6	160	1000 985	292,3	94,5	0,88	6,7	1,9	2	9,5	1550	4А355S6 4АМ355S6	5АМ315МВ6
АИР315S4	160	1500 1480	286	94,5	0,91	6,9	2,1	2,2	2,7	1000	4А315S4 4АМ315S4	5АМ315S4 е
АИР315S2	160	3000 2975	279	94,5	0,92	7,2	1,8	2,2	2,82	1170	4А315S2 4АМ315S2	5АМ315S2
АИР355МВ8	200	750 740	386	94,5	0,83	6,4	1,8	2	12,3	2250		
АИР355М6	200	1000 990	364	94,5	0,88	6,7	1,9	2	10,4	1600	4А355М6 4АМ355М6	

Электро- двигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, частота вращения ротора, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	K_{Π} I_{Π}/I_{Σ}	$M_{\Pi}/$ M_{Σ}	$M_{\max}/$ M_{Σ}	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	Электро- двигатели выпускав- шиеся ранее	Эл- двигатели пр-ва ВЭМЗ
АИР315М4	200	1500 1480	352	95,5	0,92	6,9	2,1	2,2	4,82	1200	4А315М4 4АМ315М4	5АМ315М4 е
АИР315М2	200	3000 2975	339	95	0,94	7,2	1,8	2,2	3,66	1460	4А315М2 4АМ315М2	5АМ315М2
АИР355МВ6	250	1000 990	451	94,5	0,88	6,7	1,9	2	12,4	1700		
АИР355S4	250	1500 1480	442	95,3	0,90	6,9	2,1	2,2	6,5	1700	4А355S4 4АМ355S4	
АИР355S2	250	3000 2980	433	95,3	0,92	7,1	1,6	2,2	3,0	1900	4А355S2 4АМ355S2	5АМ315МВ2
АИР355М4	315	1500 1490	558	95,2	0,90	6,9	2,1	2,2	8,2	1900	4А355М4 4АМ355М4	
АИР355М2	315	3000 2980	548	95,4	0,92	7,1	1,6	2,2	3,5	2300	4А355М2 4АМ355М2	

Технические данные низковольтных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АМН (группа компаний «Электромотор»)

Применяются для комплектации горизонтальных насосов типа 1Д, 2Д, секционных насосов ЦНС(Г), компрессоров и другого оборудования. Электродвигатели АМН имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с электродвигателями АИР, при той же мощности.

Основные технические характеристики:

- степень защиты IP23 (электродвигатель АМН) по ГОСТ ИЕС 60034-5-2011;
- изоляция класса нагревостойкости «F» по ГОСТ 8865-93;
- по способу монтажа, исполнения: IM 1001 по ГОСТ 2479-79;
- климатическое исполнение УЗ по ГОСТ 15150-69.
- режим работы S1 по **ГОСТ 183-74**.
- способ охлаждения IC01 по ГОСТ Р МЭК 60034-6-2012.

Расшифровка условного обозначения - электродвигатель АМН 315 М4 УЗ, 250 кВт, 1500 об/мин:

- «А» - асинхронный двигатель;
- «М» – модернизированный;
- «Н» - степень защиты IP23;
- 315 - высота оси вращения (габарит);
- М - установочный размер по длине станины;
- 4 - число полюсов;
- У - климатическое исполнение;
- 3 - категория размещения.

Основные технические характеристики электродвигателей АМН

Электродвигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	M _п /M _н	K _п /I _п /I _н	Масса, кг	Аналогичные марки электродвигателей
<u>АМН200М2</u>	55	3000	102,1	93,0	0,88	2,1	6,0	300	5АН200М2, 5АМН200М2, 4АМН200М2
<u>АМН200Л2</u>	75	3000	137,7	93,0	0,89	2,1	6,0	335	5АН200Л2, 5АМН200Л2, 4АМН200Л2
<u>АМН200М4</u>	45	1500	87	92,5	0,85	2,2	6,0	280	5АН200М4, 5АМН200М4, 4АМН200М4
<u>АМН200Л4</u>	55	1500	105,7	93,0	0,85	2,6	6,5	335	5АН200Л4, 5АМН200Л4, 4АМН200Л4
<u>АМН200М6</u>	30	1000	61,8	90,0	0,82	2,4	6,0	260	5АН200М6, 5АМН200М6, 4АМН200М6
<u>АМН200Л6</u>	37	1000	75,3	91,0	0,82	2,5	5,5	285	5АН200Л6, 5АМН200Л6, 4АМН200Л6
<u>АМН200М8</u>	22	750	49,8	89,5	0,75	1,8	5,5	270	5АН200М8, 5АМН200М8, 4АМН200М8
<u>АМН200Л8</u>	30	750	67,5	90,0	0,75	1,9	5,5	300	5АН200Л8, 5АМН200Л8, 4АМН200Л8
<u>АМН225М2</u>	90	3000	165,2	93,0	0,89	1,8	6,8	395	5АН225М2, 5АМН225М2, 4АМН225М2
<u>АМН225М4</u>	75	1500	143,4	93,5	0,85	1,8	7,0	425	5АН225М4, 5АМН225М4, 4АМН225М4
<u>АМН225М6</u>	45	1000	90,6	92,0	0,82	1,8	6,5	370	5АН225М6, 5АМН225М6, 4АМН225М6
<u>АМН225М8</u>	37	750	82,4	91,0	0,75	1,7	6,0	390	5АН225М8, 5АМН225М8, 4АМН225М8
<u>АМН250S2</u>	110	3000	200,8	93,5	0,89	1,7	6,8	460	5АН250S2, 5АМН250S2, 4АМН250S2
АМН250 М2	132	3000	239,7	94,0	0,89	1,7	6,8	520	5АН250М2, 5АМН250М2, 4АМН250М2
<u>АМН250S4</u>	90	1500	169,1	94,	0,86	2,0	6,8	495	5АН250S4, 5АМН250S4, 4АМН250S4
АМН250 М4	110	1500	206,7	94,	0,86	2,2	6,8	540	5АН250М4, 5АМН250М4, 4АМН250М4
<u>АМН250S6</u>	55	1000	110,2	92,5	0,82	1,8	6,5	440	5АН250S6, 5АМН250S6, 4АМН250S6
АМН250 М6	75	1000	150,2	92,5	0,82	1,8	6,5	525	5АН250М6, 5АМН250М6, 4АМН250М6
<u>АМН250S8</u>	45	750	99,1	92,0	0,75	1,6	6,0	440	5АН250S8, 5АМН250S8, 4АМН250S8
АМН250 М8	55	750	121,1	92,0	0,75	1,8	6,0	470	5АН250М8, 5АМН250М8, 4АМН250М8
АМН280 М2	160	3000	290,6	94,0	0,89	1,6	6,2	685	
АМН280 S4	132	1500	245,2	94,0	0,87	2,2	6,3	680	
АМН280 М4	160	1500	297,3	94,0	0,87	2,1	6,5	765	
АМН280 S6	90	1000	177,1	93,0	0,83	2,1	5,8	715	
АМН 280 М6	110	1000	216,5	93,0	0,83	2,1	5,8	735	
АМН280 S8	75	750	154	92,5	0,80	1,8	4,8	705	
АМН 280 М8	90	750	183,8	93,0	0,80	1,8	5,5	790	
АМН 315 S2	200	3000	357,3	94,5	0,90	1,7	7,5	1015	
АМН315 М2	250	3000	446,6	94,5	0,90	1,7	7,5	1145	
АМН315 МА4	200	1500	369,6	94,5	0,87	1,8	6,0	1065	
АМН315 М4	250	1500	456,8	94,5	0,88	1,7	5,6	1220	
АМН315 МА6	132	1000	252,3	93,5	0,85	1,9	6,7	955	
АМН315 М6	160	1000	304,2	94,0	0,85	1,8	6,9	1030	

Электро- двигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Ток при 380 В, А	КПД, %	cosφ	M _п /M _н	K _п I _п /I _н	Масса, кг	Аналогичные марки электро- двигателей
АМН315 МА8	110	750	219,2	93,0	0,82	1,7	5,7	930	
АМН315 М8	132	750	265,4	93,5	0,82	1,7	5,7	1040	
АМН 355 S2	315	3000	559,8	95,0	0,90	1,2	6,5	1310	
АМН355 М2	400	3000	707,1	95,5	0,90	1,1	6,5	1440	
АМН355 М4	315	1500	572,5	95,0	0,88	1,0	6,5	1610	
АМН 355 МВ4	400	1500	715	95,5	0,89	1,0	6,5	1620	
АМН 355 МА6	200	1000	378,3	94,5	0,85	1,1	6,0	1430	
АМН355 МВ6	250	1000	467,4	94,5	0,86	1,1	6,0	1560	
АМН355 S8	160	750	317,1	93,5	0,82	1,1	5,5	1440	
АМН355 МА8	200	750	394,2	94,0	0,82	1,1	5,5	1635	

Технические данные низковольтных взрывозащищенных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИМЛ, ВА, АИМ, 4ВР (группа компаний «Электромотор»)

Исполнение по взрывозащите - IExdIIIBT4.

Климатическое исполнение - У2,5 (диапазон температур от -45 до 40°C, влажность 100% при 25°C). Под заказ производится с исполнением - УХЛ1 УХЛ2,5 Т2,5. Также возможна поставка электродвигателей (63-112 ВОВ) с повышенным скольжением для повторно-кратковременных режимов работы S3 и S4.

Пониженный уровень шума – класс 2 по ГОСТ ИЕС 60034-9-2014 и пониженный уровень вибрации – класс 1,8 по ГОСТ ИЕС 60034-14-2014.

Основные технические характеристики электродвигателей АИМЛ, АИМ, 4ВР

Электродвигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	КПД, %	cosφ	Аналоги по характеристикам и размерам других производителей		
<u>АИМЛ63А2</u>	0,37	3000	70	0,81	АИМ63А2	4ВР63А2	ВА63А2
<u>АИМЛ63В2</u>	0,55		73	0,82	АИМ63В2	4ВР63В2	ВА63В2
<u>АИМЛ63А4</u>	0,25	1500	68	0,73	АИМ63А4	4ВР63А4	ВА63А4
<u>АИМЛ63В4</u>	0,37		69	0,75	АИМ63В4	4ВР63В4	ВА63В4
<u>АИМЛ71А2</u>	0,75	3000	75	0,83	АИМ 71А2	4ВР71А2	ВА71А2
<u>АИМЛ71В2</u>	1,1		77	0,84	АИМ 71В2	4ВР71В2	ВА71В2
<u>АИМЛ71А4</u>	0,55	1500	73	0,75	АИМ71А4	4ВР 71А4	ВА71А4
<u>АИМЛ71В4</u>	0,75		74	0,75	АИМ71В4	4ВР 71В4	ВА71В4
<u>АИМЛ71А6</u>	0,37	1000	67	0,7	АИМ71А6	4ВР71А6	ВА71А6
<u>АИМЛ71В6</u>	0,55		68	0,72	АИМ71В6	4ВР71В6	ВА71В6
<u>АИМЛ80А2</u>	1,5	3000	78	0,87	АИМ80А2	4ВР80А2	ВА80А2
<u>АИМЛ80В2</u>	2,2		80	0,88	АИМ80В2	4ВР80В2	ВА80В2
<u>АИМЛ80А4</u>	1,1	1500	76	0,78	АИМ80А4	4ВР80А4	ВА80А4
<u>АИМЛ80В4</u>	1,5		77	0,77	АИМ80В4	4ВР80В4	ВА80В4
<u>АИМЛ80А6</u>	0,75	1000	69	0,71	АИМ80А6	4ВР80А6	ВА80А6
<u>АИМЛ80В6</u>	1,1		71	0,72	АИМ80В6	4ВР80В6	ВА80В6
АИМЛ90L2	3	3000	82	0,87	АИМ90L2	4ВР90L2	ВА90L2
АИМЛ90L4	2,2	1500	76	0,88	АИМ90L4	4ВР90L4	ВА90L4
АИМЛ90L6	1,5	1000	76	0,72	АИМ90L6	4ВР90L6	ВА90L6
АИМЛ100S2	4	3000	82	0,87	АИМ100S2	4ВР100S2	ВА100S2
АИМЛ100L2	5,5		82	0,88	АИМ100L2	4ВР100L2	ВА100L2
АИМЛ100S4	3	1500	80	0,78	АИМ100S4	4ВР100S4	ВА100S4
АИМЛ100L4	4		82	0,8	АИМ100L4	4ВР100L4	ВА100L4
АИМЛ100L6	2,2	1000	77	0,71	АИМ100L6	4ВР100L6	ВА100L6
АИМЛ112М2	7,5	3000	86	0,87	АИМ112М2	4ВР112М2	ВА112М2
АИМЛ112М4	5,5	1500	85	0,84	АИМ112М4	4ВР112М4	ВА112М4
АИМЛ112МА6	3	1000	79	0,78	АИМ112МА6	4ВР112МА6	ВА112МА6
АИМЛ112МВ6	4		80	0,78	АИМ112МВ6	4ВР112МВ6	ВА112МВ6

Основные технические характеристики электродвигателей ВА

Электродвигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	КПД, %	Ток при 380 В, А	Момент, Н·м	K_n I_n/I_n	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг
3000 об/мин								
BA 132M2	11	2910	88	21,1	36,1	7,5	0,024	95
BA 160S2	15	2930	90	28,8	48,5	7	0,039	170
BA 160M2	18,5	2930	90	35,1	60,3	7	0,045	180
BA 180S2	22	2910	88	42,7	72,2	7	0,063	198
BA 180M2	30	2925	90,5	59,5	98	7,5	0,076	221
BA 200M2	37	2940	93	68	120	7	0,13	295
BA 200L2	45	2940	93	82,6	146	7	0,15	315
BA 225M2	55	2955	93	101	178	6,9	0,21	371
BA 250S2	75	2960	93,6	132	242	7,5	0,47	615
BA 250M2	90	2955	93,5	157	291	7	0,52	645
BA 280S2	110	2965	93,5	194	354	6,5	0,85	855
BA 280M2	132	2965	94,5	231	425	7,2	1,02	940
1500 об/мин								
BA132S4	7,5	1440	87,5	15,1	49,7	7	0,032	86
BA132M4	11	1445	88,5	22,2	72,7	7,5	0,045	102
BA160S4	15	1450	89	30,1	98,7	6,5	0,075	175
BA160M4	18,5	1450	89,5	36,5	122	6,5	0,087	190
BA180S4	22	1460	90	44,2	144	7	0,16	205
BA180M4	30	1460	90,5	59,3	196	7	0,2	234
BA200M4	37	1460	92	71,9	242	6,5	0,27	295
BA200L4	45	1460	92	87,5	294	6,8	0,32	320
BA225M4	55	1475	93	105	356	6,5	0,5	380
BA250S4	75	1485	94,3	142	482	7,2	1	625
BA250M4	90	1485	95	164	579	7,3	1,2	665
BA280S4 e	110	1485	95,1	202	707	6,4	2,19	915
BA280M4e	132	1485	95,8	238	849	7,5	2,7	1030
1000 об/мин								
BA 132S6	5,5	960	85	12,3	54,6	6,5	0,048	81
BA 132M6	7,5	960	85,5	16,5	75		0,067	100
BA 160S6	11	970	87	23,7	108		0,11	175
BA 160M6	15	970	88	30,8	148		0,15	200
BA 180M6	18,5	975	89,5	37,8	181		0,27	225
BA 200M6	22	975	90	44,2	215	6	0,41	285
BA 200L6	30	975	90	60,3	294	6	0,46	320
BA 225M6	37	980	91	73,6	360	6,4	0,65	380
BA 250S6	45	985	93	87,5	436	6,2	1,2	575
BA 250M6	55	985	92,5	108	533	6,2	1,3	590
BA 280S6 e	75	990	94,5	142	723	6,2	3,04	885
BA 280M6e	90	990	94,5	170	868	6,2	3,25	945
750 об/мин								
BA132S8	4	715	83	10,5	53	5	0,053	85
BA132M8	5,5	715	83	13,6	73	5,5	0,074	99
BA160S8	7,5	725	86	18,9	99	5	0,11	175
BA160M8	11	725	86	26,6	145	5	0,15	195
BA180M8	15	730	86	34	196	5,5	0,27	225
BA200M8	18,5	735	88	43	240	6,4	0,41	285
BA200L8	22	730	88	49	288	6	0,46	310
BA225M8	30	735	91	63	390	5,4	0,7	380
BA250S8	37	740	92	84	478	6,5	1,2	575
BA250M8	45	740	93	98	581	6,8	1,4	605

Технические данные низковольтных однофазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором АИРЕ (группа компаний «Электромотор»)

Применяются для комплектации бытовой и промышленной техники небольшой мощности (насосы, вентиляторы, компрессоры). Питание однофазных электродвигателей осуществляется от сети с напряжением 220 В. Электродвигатель работает как двухфазный за счет наличия встроенного фазосдвигающего конденсатора. В отличие от трехфазных электродвигателей АИР однофазные двигатели имеют заниженный пусковой момент, меньший коэффициент мощности и КПД, а также малую перегрузочную способность.

Основные технические характеристики:

- степень защиты IP54 по ГОСТ ИЕС 60034-5-2011;
- изоляция класса нагревостойкости «F» по ГОСТ 8865-93;
- по способу монтажа, исполнения: IM 1001 по ГОСТ 2479-79;
- климатическое исполнение У2 по ГОСТ 15150-69;
- режим работы S1 по ГОСТ 183-74;
- способ охлаждения IC-0151 по ГОСТ Р МЭК 60034-6-2012.

Расшифровка условного обозначения - электродвигатель АИРЕ 80 В2 У2, 1,5 кВт, 3000 об/мин:

- «А» - асинхронный двигатель;
- «И» - разработан в рамках Интерэлектро;
- «Р» - привязка мощностей к установочным размерам в соответствии с ГОСТ 31606-2012 ("С" - в случае привязки по нормам CENELEC);
- «Е» - однофазный двигатель с двухфазной обмоткой;
- 80 - высота оси вращения (габарит);
- В - длина сердечника статора;
- 2 - число полюсов;
- У - климатическое исполнение;
- 2 - категория размещения.

Основные технические характеристики однофазных электродвигателей АИРЕ

Электродвигатель	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Ток, А	КПД, %	cosφ	M_n/M_n	I_n/I_n	Масса, кг
АИРЕ 71В2	0,75	2790	5,2	67	0,92	0,4	4,0	9,6
АИРЕ 71В4	0,55	1340	4,3	64	0,92	0,4	3,5	9,6
АИРЕ 71С2	1,1	2790	7,4	68	0,95	0,4	4,0	10,5
АИРЕ 71С4	0,75	1390	5,1	66	0,92	0,4	3,5	10,3
АИРЕ 80В2	1,5	2790	10,0	69	0,95	0,4	4,5	15,1
АИРЕ 80В4	1,1	1350	7,2	71	0,95	0,32	4,0	15,1
АИРЕ 80С2	2,2	2790	13,9	73	0,95	0,3	4,5	15,9
АИРЕ 80С4	1,5	1350	9,8	72	0,95	0,32	4,5	15,1
АИРЕ 90L2	3,0	2800	18,2	79	0,95	0,45	3,4	28,1
АИРЕ 100S4	2,2	1440	17,6	75	0,95	0,4	3,2	27,9

Заземление и молниезащита

Расчет сопротивления заземляющего устройства

http://forca.ru/knigi/oborudovanie/zazemlyayuschie-ustroistva_3.html

<http://electricvdome.ru/zazemlenie/raschet-zazemlenia.html>

<http://ezrf.ru/produksiya/zazemlenie/udelnoe-soprotivlenie-grunta>

<https://studfiles.net/preview/2716997/>

1. Установить необходимое сопротивление заземляющего устройства R_3 по главе 1.7 ПУЭ.

Для сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью согласно пп. 1.7.101, 1.7.103 ПУЭ

Тип заземляющего устройства	Линейное напряжение источника трехфазного тока или напряжение однофазного источника, В		
	127	220	380
Заземляющее устройство, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выводы источника однофазного тока, с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений PEN- или PE-проводника ВЛ напряжением до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух	8	4	2
Заземляющее устройство расположенное в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока	60	30	15
Все повторные заземления PEN-проводника вместе для каждой ВЛ напряжением до 1 кВ	20	10	5
Каждое повторное заземление PEN-проводника для каждой ВЛ напряжением до 1 кВ	60	30	15

При удельном сопротивлении земли $\rho > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ допускается увеличивать указанные нормы в $0,01\cdot\rho$ раз, но не более десятикратного.

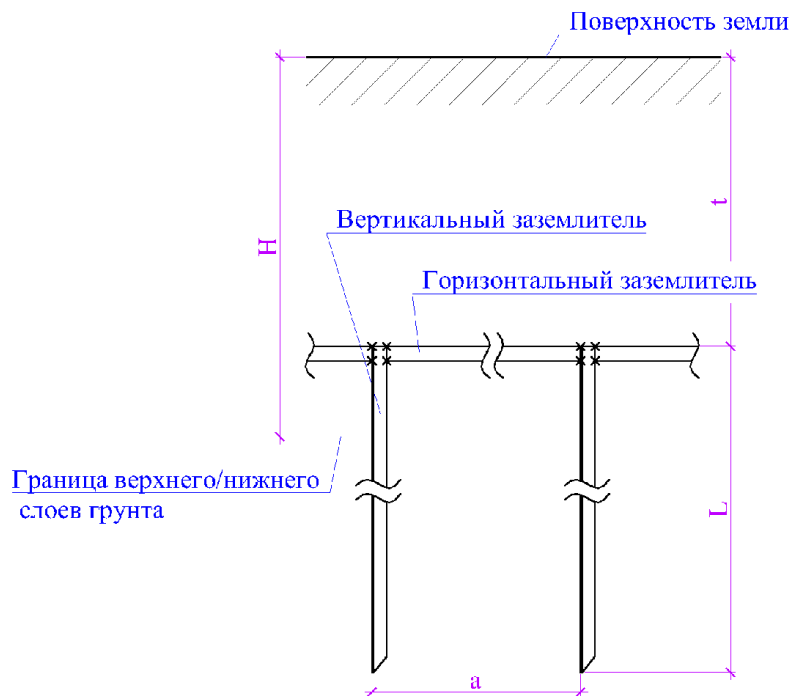
2. При использовании естественных заземлителей рассчитать их сопротивление и определить необходимое сопротивление искусственных заземлителей:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{е}} \cdot R_3}{R_{\text{е}} - R_3},$$

где $R_{\text{е}}$ – сопротивление естественных заземлителей, Ом;

R_3 – допустимое сопротивление заземляющего устройства (см. п. 1).

3. Определить расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных ($\rho_{\text{в}}$) и горизонтальных ($\rho_{\text{г}}$) заземлителей. Если грунт однородный на всей глубине залегания заземлителей, то удельное сопротивление грунта можно определить по таблице, приведенной ниже.



Если можно выделить 2 слоя грунта с разным удельным сопротивлением, то удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей (ρ_v) можно определить по формуле:

$$\rho_v = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L}{(\rho_1(L - H + t) + \rho_2(H - t))},$$

где ρ_1 – удельное сопротивление верхнего слоя грунта (по таблице ниже), Ом·м;

ρ_2 – удельное сопротивление нижнего слоя грунта (по таблице ниже), Ом·м;

L – длина вертикальных заземлителей, м;

H – толщина верхнего слоя грунта, м;

t – заглубление вертикального заземлителя, м.

Если заземляющее устройство располагается глубже первого слоя грунта, то пересчитывать сопротивление грунта по приведенной выше формуле не нужно.

Для горизонтальных заземлителей следует учитывать удельное сопротивление того типа грунта, в котором он залегает, как правило, это верхний слой грунта. И пересчитывать его с помощью приведенной выше формулы не нужно.

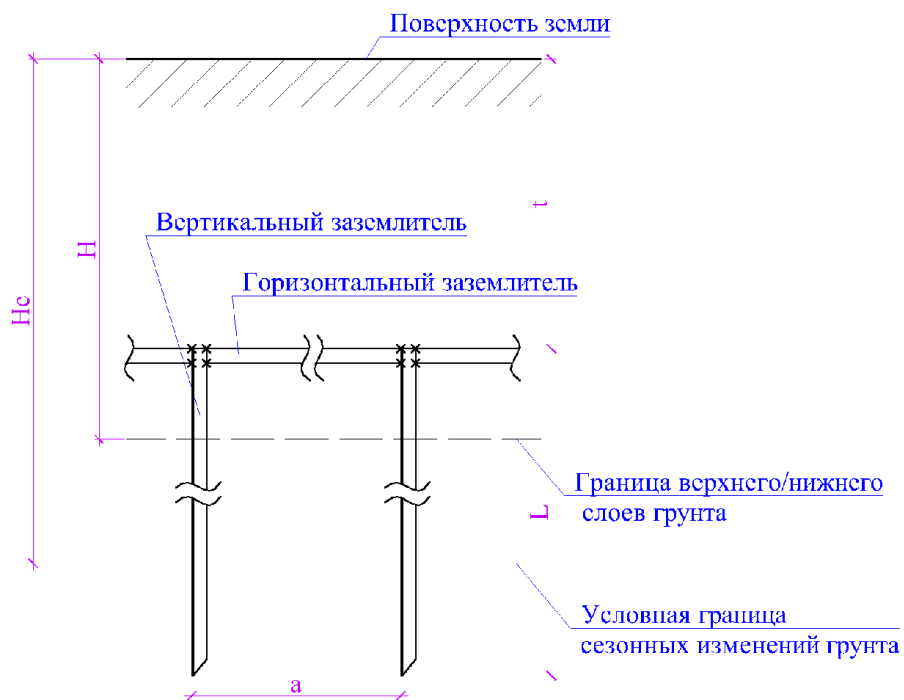
Средние значения удельного сопротивления грунтов

Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение Ом·м
Базальт	2 000
Бетон	40 - 1 000
Вода	
– Вода морская	0,2
– Вода прудовая	40
– Вода равнинной реки	50
– Вода грунтовая	20 - 60
Вечномерзлый грунт (многолетнемерзлый грунт)	
– Вечномерзлый грунт - талый слой (у поверхности летом)	500 - 1000
– Вечномерзлый грунт (суглинок)	20 000
– Вечномерзлый грунт (песок)	50 000
Глина	
– Глина влажная	20
– Глина полутвёрдая	60
– Гнейс разложившийся	275
Гравий	
– Гравий глинистый, неоднородный	300
– Гравий однородный	800
Гранит	1 100 - 22 000

Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение Ом·м
Графитовая крошка	0,1 - 2
Дресва (мелкий щебень/крупный песок)	5 500
Зола, пепел	40
Известняк поверхностный	3 000 - 5 000
Ил	30
Каменный уголь	150
Кварц	15 000
Кокс	2,5
Лёсс (желтозем)	250
Мел	60
Мергель	
– Мергель обычный	150
– Мергель глинистый (50 - 75% глинистых частиц)	50
Песок	
– Песок, сильно увлажненный грунтовыми водами	10 - 60
– Песок, умеренно увлажненный	60 - 130
– Песок влажный	130 - 400
– Песок слегка влажный	400 - 1 500
– Песок сухой	1 500 - 4 200
Супесь (супесок)	150
Песчаник	1 000
Садовая земля	40
Солончак	20
Суглинок	
– Суглинок, сильно увлажненный грунтовыми водами	10 - 60
– Суглинок полутвердый, лесовидный	100
– Суглинок при температуре минус 5 °С	150
Супесь (супесок)	150
Сланец графитовый	55
Супесь (супесок)	150
Торф	
– Торф при температуре 10 °С	25
– Торф при температуре 0 °С	50
Чернозём	60
Щебень	
– Щебень мокрый	3 000
– Щебень сухой	5 000

Значения, приведенные в таблице D.54.1 ГОСТ Р 50571.5.54-2013, имеют широкий диапазон, например для влажного торфа 5 – 100 Ом·м, поэтому использовать их в расчетах будет очень сложно.

Следует также учесть сезонные изменения удельного сопротивления грунта. Эти изменения учитываются введением коэффициента сезонности, который зависит от климатической зоны, глубины заложения заземлителей и влажности земли во время сезонных изменений.



Климатические признаки зон

Признаки	Климатическая зона			
	1	2	3	4
Средняя многолетняя низшая температура (январь), °C	от -20 до -15	от -14 до -10	от -10 до 0	от 0 до +5
Средняя многолетняя низшая температура (июль), °C	от +16 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, см	40	50	50	30 – 50
Продолжительность замерзания вод, дни	190 – 170	150	100	0
Условная толщина сезонных изменений, H_c , м	2,2	2,0	1,8	1,6

Коэффициенты сезонности для вертикальных заземлителей $k_{c.в}$

Глубина заложения	Климатическая зона			
	1	2	3	4
0,5 – 0,8 м	1,8 – 2,0	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4

Коэффициенты сезонности для горизонтальных заземлителей $k_{c.г}$

Глубина заложения	Климатическая зона			
	1	2	3	4
0,8 м	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0

Расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей:

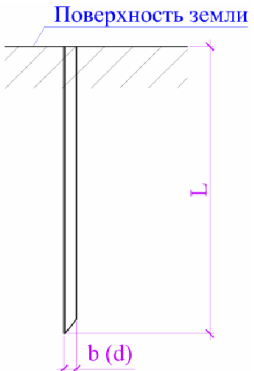
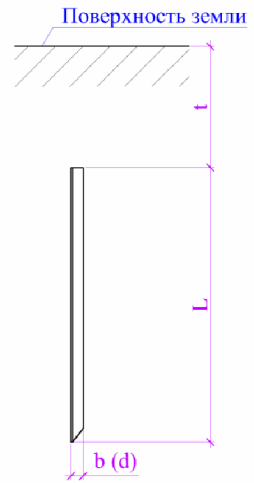
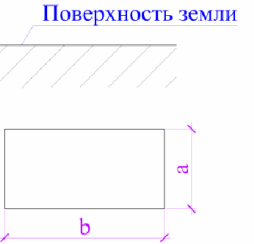
$$\rho_{p.в} = \frac{k_{c.в} \cdot \rho_B^2 \cdot L}{(k_{c.в} \cdot \rho'_{p.в} (L - H_c + t) + \rho_2 (H_c - t))}$$

Расчетное удельное сопротивление грунта для горизонтальных заземлителей:

$$\rho_{p.г} = k_{c.в} \cdot \rho_{г}$$

- Определить сопротивление одного вертикального заземлителя $R_{в.о}$ по одной из формул из таблицы. При этом следует учитывать минимальные размеры заземлителей по таблице ниже.

Расчет сопротивления одиночного вертикального заземлителя

Тип заземлителя	Расположение заземлителя	Формула	Примечание
Вертикальный из круглой стали или уголка, верхний конец у поверхности земли		$R_{\text{в.о}} = \frac{\rho_{\text{п.в}}}{2\pi \cdot L} \ln \frac{4 \cdot L}{d}$	$L \gg d$; L – длина заземлителя, м; d – диаметр круглого заземлителя, м При применении заземлителей из угловой стали $d = 0,95 \cdot b$, где b – ширина сторон уголка
Вертикальный из круглой стали или уголка, верхний конец ниже уровня земли		$R_{\text{в.о}} = \frac{\rho_{\text{п.в}}}{2\pi \cdot L} \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \left(\frac{L}{2} + t \right) + L}{4 \left(\frac{L}{2} + t \right) - L} \right)$	$L \gg d$; L – длина заземлителя, м; t – заглубление верхнего конца заземлителя, м; d – диаметр круглого заземлителя, м При применении заземлителей из угловой стали $d = 0,95 \cdot b$, где b – ширина сторон уголка
Пластинчатый, вертикальный, ниже уровня земли		$R_{\text{в.о}} \approx 0,25 \frac{\rho_{\text{п.в}}}{\sqrt{a \cdot b}}$	a – высота пластины, м; b – длина пластины, м

Следует отметить, что в некоторых справочных изданиях приводятся формулы для расчета сопротивления заземлителей, в которых вместо натурального логарифма (ln) используется десятичный логарифм (lg). Такой вариант также возможен, но полученное значение после вычисления десятичного логарифма следует умножить на 2,303, т.е. $\ln x = 2,303 \cdot \lg x$.

Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов с точки зрения коррозионной и механической стойкости, проложенных в земле (Технический циркуляр 11/2006, таблица 1)

Материал	Поверхность	Профиль	Минимальный размер			
			Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Толщина, мм	Толщина покрытия / оболочки, мк
Сталь	Черный ¹ металл без антикоррозионного покрытия	Прямоугольный ²		150	5	
		Угловой		150	5	
		Круглые стержни для заглубленных электродов ³	18			
		Круглая проволока для поверхностных электродов ⁴	12			
		Трубный	32		3,5	
	Горячего цинкования ⁵ или нержавеющей ^{5,6}	Прямоугольный ²		90	3	70
		Угловой		90	3	70
		Круглые стержни для заглубленных электродов ³	16			70
		Круглая проволока для поверхностных электродов ⁴	10			50 ⁷
		Трубный	25		2	55
	В медной оболочке	Круглые стержни для заглубленных электродов ³	15			2000
	С электрохимическим медным покрытием	Круглые стержни для заглубленных электродов ³	14			100
Медь	Без покрытия ⁵	Прямоугольный		50	2	
		Круглый провод для поверхностных электродов ⁴		25 ⁸		
		Трос	1,8 для каждой проволоки	25		
		Трубный	20		2	
	Леженная	Трос	1,8 для каждой проволоки	25		5
	Оцинкованная	Прямоугольный ⁹		50	2	40

¹ Срок службы при скорости коррозии в нормальных грунтах 0,06 мм в год составляет 25 – 30 лет.

² Прокат или нарезанная полоса со скругленными краями.

³ Заземляющие электроды рассматриваются как заглубленные, когда они установлены на глубине более 0,5 м.

⁴ Заземляющие электроды рассматриваются как поверхностные, когда они установлены на глубине не более 0,5 м.

⁵ Может также использоваться для электродов уложенных (заделанных) в бетоне.

⁶ Применяется без покрытия.

⁷ В случае использования проволоки, изготовленной методом непрерывного горячего цинкования, толщина покрытия в 50 мк принята в соответствии с настоящими техническими возможностями.

⁸ Если экспериментально доказано, что вероятность повреждения от коррозии и механических воздействий мала, то может использоваться сечение 16 мм².

⁹ Нарезанная полоса со скругленными краями.

5. Рассчитать суммарное сопротивление всех вертикальных заземлителей. Если все заземлители одинаковые, то можно использовать формулу:

$$R_B = \frac{R_{B.0}}{n \cdot k_{и.в}},$$

где n – количество вертикальных заземлителей;

$k_{и.в}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей (по таблице ниже).


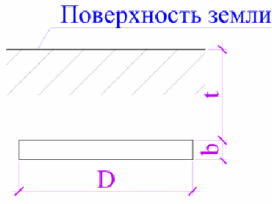
Коэффициенты использования вертикальных заземлителей $k_{и.в}$, размещенных в ряд, без учета влияния горизонтальных заземлителей связи

Отношение расстояний между вертикальными заземлителями к их длине a / L	Число вертикальных заземлителей	$k_{и.в}$
1	2	0,84 – 0,87
	3	0,76 – 0,80
	5	0,67 – 0,72
	10	0,56 – 0,62
	15	0,51 – 0,56
	20	0,47 – 0,50
2	2	0,90 – 0,92
	3	0,85 – 0,88
	5	0,79 – 0,83
	10	0,72 – 0,77
	15	0,66 – 0,73
	20	0,65 – 0,70
3	2	0,93 – 0,95
	3	0,90 – 0,92
	5	0,85 – 0,88
	10	0,79 – 0,83
	15	0,76 – 0,80
	20	0,74 – 0,79

Коэффициенты использования вертикальных заземлителей $k_{и.в}$, размещенных по контуру, без учета влияния горизонтальных заземлителей связи

Отношение расстояний между вертикальными заземлителями к их длине a / L	Число вертикальных заземлителей	$k_{и.в}$
1	4	0,66 – 0,72
	6	0,58 – 0,65
	10	0,52 – 0,58
	20	0,44 – 0,50
	40	0,38 – 0,44
	60	0,36 – 0,42
	100	0,33 – 0,39
2	4	0,76 – 0,80
	6	0,71 – 0,75
	10	0,66 – 0,71
	20	0,61 – 0,66
	40	0,55 – 0,61
	60	0,52 – 0,58
	100	0,49 – 0,55
3	4	0,84 – 0,86
	6	0,78 – 0,82
	10	0,74 – 0,78
	20	0,68 – 0,73
	40	0,64 – 0,69
	60	0,62 – 0,67
	100	0,59 – 0,65

6. Определить сопротивление горизонтального заземлителя $R'_г$, который соединяет вертикальные по одной из формул из таблицы

Тип заземлителя	Расположение заземлителя	Формула	Примечание
Горизонтальный, из полосовой (круглой) стали, протяженный, ниже уровня земли		$R'_г = \frac{\rho_{п.г}}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot \left(\frac{b}{2} + t\right)}$	$\frac{l}{2 \cdot t} \geq 2,5;$ l – длина полосы, м; b – ширина полосы, м $b = 2 \cdot d$, если заземлитель круглый, диаметром d
Кольцевой, из полосовой (круглой) стали, горизонтальный, ниже уровня земли		$R'_г = \frac{\rho_{п.г}}{2\pi^2 \cdot D} \ln \frac{8 \cdot D^2}{b \cdot \left(\frac{b}{2} + t\right)}$	$t < D/2;$ D – диаметр кольца, м b – ширина полосы, м $b = 2 \cdot d$, если заземлитель круглый, диаметром d

7. Рассчитать суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей $R_г$. Если горизонтальные заземлители одинаковые, а их общая длина уже учтена в формуле $R'_г$, то суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей:

$$R_г = \frac{R'_г}{k_{и.г}},$$

где $k_{и.г}$ – коэффициент использования горизонтальных заземлителей (по таблице ниже).

Коэффициенты использования $k_{и.г}$ горизонтальных соединительных заземлителей, в ряду из вертикальных заземлителей

Отношение расстояний между вертикальными заземлителями к их длине a / L	Число вертикальных заземлителей							
	4	5	6	10	20	30	50	65
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Коэффициенты использования $k_{и.г}$ горизонтальных соединительных заземлителей, в контуре из вертикальных заземлителей

Отношение расстояний между вертикальными заземлителями к их длине a / L	Число вертикальных заземлителей								
	4	6	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

8. Рассчитать суммарное сопротивление искусственных заземлителей по формуле:

$$R_{и.р} = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в + R_г}.$$

9. Полученное значение $R_{и,р}$ сравнивается со значением $R_{и}$, которое получено в п. 2. Должно соблюдаться условие:

$$R_{и,р} \leq R_{и}.$$

Если условие не соблюдается, то нужно увеличить количество вертикальных заземлителей, или увеличить их длину, или расстояние между ними, или глубину заложения.

10. Для установок с напряжением выше 1000 В с большими токами замыкания на землю проверяется термическая стойкость соединительных проводников по формуле:

$$S \geq I_{КЗ}^{(1)} \frac{\sqrt{t}}{C},$$

где S – площадь поперечного сечения заземляющих проводников, мм²;

C – постоянная, равная для стали 74 А·с^{1/2}/мм², для толстых медных проводников 195 А·с^{1/2}/мм²;

t – время отключения однофазного КЗ, с;

$I_{КЗ}^{(1)}$ – расчетное значение тока однофазного короткого замыкания, А.

Типовые схемы

В описании схем применены следующие сокращения:

- НО контакт – нормально открытый контакт (замыкающий контакт);
- НЗ контакт – нормально замкнутый контакт (размыкающий контакт).

Для схем приведена спецификация электрических аппаратов без указания номинальных токов.

Типовые схемы управления низковольтным оборудованием

Приведенные типовые схемы управления в формате DWG можно найти на [сайте \(https://sites.google.com/view/spravochnik-electro\)](https://sites.google.com/view/spravochnik-electro) в разделе «Ссылки для скачивания дополнительных материалов», ТС-У-Н.

Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления (ТС-У-Н-1)

Принципиальная схема управления электродвигателем

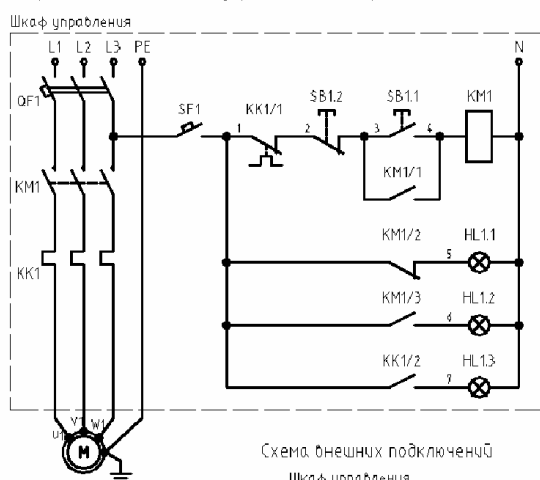
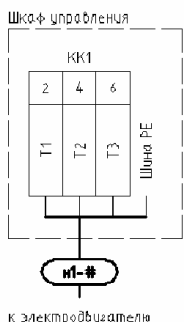


Схема внешних подключений



Пос. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
В шкаф управления			
QF1	Автоматический выключатель трехполюсный хар-ка С	1	
KM1	Контактор малогабаритный, АС-3, 1НО	1	
	Дополнительные контакты 1в+1р для КМИ, ПКИ-11	1	
KK1	Реле Электротепловое	1	
SF1	Автоматический выключатель однополюсный хар-ка С, ВА47-29 Р С3	1	
SB1.1	Кнопка управления с цилиндрическим толкателем, IP54, 1в,	1	
	КЕ-081 У2 исп.4 черный		
SB1.2	Кнопка управления с грибовидным толкателем, IP54, 1р,	1	
	КЕ-191 У2 исп.5 красный		
HL1.1	Лампа светосигнальная зеленая, IP54, СКЛ-11-Л-2-220	1	
HL1.2, HL1.3	Лампа светосигнальная красная, IP54, СКЛ-11-К-2-220	2	

Схемой предусмотрено:

- управление («Пуск», «Стоп») электродвигателем с помощью кнопок на дверце шкафа управления;
- сигнализация состояния («Работа», «Отключено», «Авария») электродвигателя на дверце шкаф управления;
- защита силовой цепи (кабель, электродвигатель) от коротких замыканий и перегрузок;
- защита цепи управления от коротких замыканий и перегрузок.

Описание работы схемы управления:

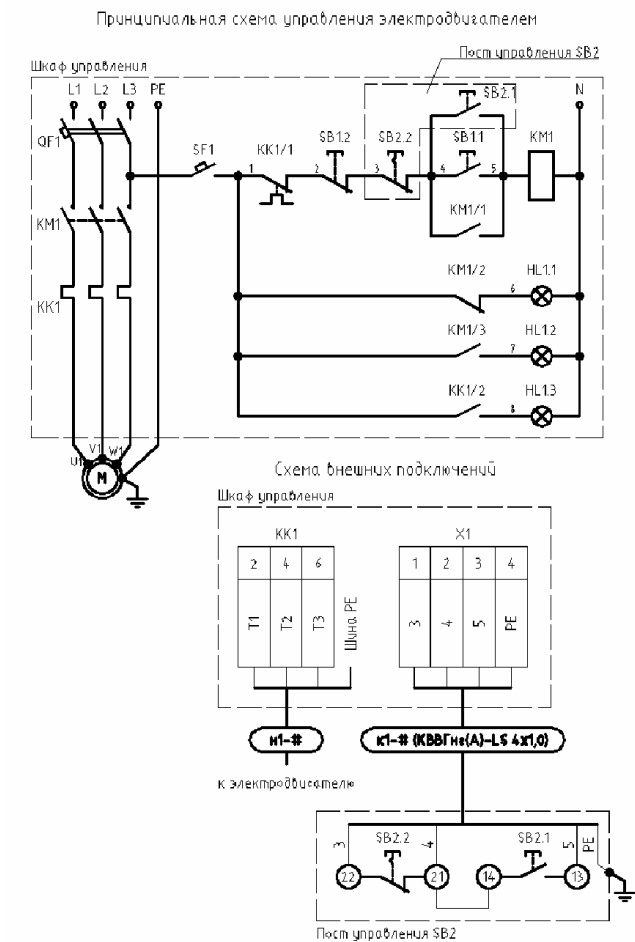
1. При включенных автоматических выключателях QF1 и SF1 нажатие на кнопку SB1.1 приводит к замыканию её НО контакта, т.е. на катушку контактора KM1 подается фазное напряжение, в результате чего главные контакты контактора KM1 в силовой цепи замыкаются и электродвигатель запускается. Кроме того:
 - замыкается НО вспомогательный контакт KM1/1 контактора KM1, он шунтирует НО контакт кнопки SB1.1, поэтому кнопку можно отпустить;
 - размыкается НЗ вспомогательный контакт KM1/2 контактора KM1, через него подавалось напряжение на сигнальную лампу HL1.1, она гаснет;
 - замыкается НО вспомогательный контакт KM1/3 контактора KM1, через него подается напряжение на сигнальную лампу HL1.2, она загорается.
2. При возникновении перегрузки по току в силовой цепи, через некоторое время (определяемое по времятоковой характеристике) сработает электротепловое реле KK1, разомкнется его НЗ контакт KK1/1. Цепь катушки контактора KM1 будет разомкнута и контактор отключится, разомкнутся его главные

контакты – двигатель отключится, разомкнется вспомогательный контакт КМ1/1, замкнется вспомогательный контакт КМ1/2 – сигнальная лампа НЛ1.1 загорится, разомкнется вспомогательный контакт КМ1/3 – сигнальная лампа НЛ1.2 погаснет. Также замкнется контакт КК1/2 электротеплового реле КК1, через него подается напряжение на сигнальную лампу НЛ1.3, она загорится. Разблокировка электротеплового реле КК1 может быть автоматической (после остывания биметаллических пластин в реле) или ручной (нажатие на выступающий шток электротеплового реле), в зависимости от типа реле. При разблокировке электротеплового реле его контакты переходят в свое нормальное состояние. Пуск электродвигателя производится по п.1. Перегрузка в силовой цепи может быть вызвана:

- механической перегрузкой электродвигателя (момент сопротивления механизма больше номинального момента электродвигателя);
- обрыв линейного провода, при котором увеличивается ток статора электродвигателя в оставшихся фазах;
- заклиниванием ротора;
- снижением напряжения, при котором номинальный момент электродвигателя становится меньше момента сопротивления рабочего механизма ($M \sim U^2$).

3. Отключение работающего электродвигателя производится нажатием кнопки SB1.2, НЗ контакт который размыкает цепь катушки контактора КМ1, который в свою очередь, отключаясь, размыкает свои главные контакты в силовой цепи. Также разомкнется вспомогательный контакт КМ1/1, замкнется вспомогательный контакт КМ1/2 – сигнальная лампа НЛ1.1 загорится, разомкнется вспомогательный контакт КМ1/3 – сигнальная лампа НЛ1.2 погаснет.
4. При снижении фазного напряжения ниже значения напряжения отпускания контактора КМ1 ($0,3-0,6 \cdot U_c$, где U_c – номинальное напряжение катушки управления) происходит отключение электродвигателя контактором КМ1, как в п. 3.
5. Автоматический выключатель SF1 служит для защиты цепи управления от коротких замыканий. В случае, если номинальный ток автоматического выключателя QF1 небольшой (обычно не более 10 А, ограничение зависит от минимальной величины тока короткого замыкания в цепи управления, т.е. от длины и сечения кабелей и проводов), то можно отказаться от использования автоматического выключателя SF1. Главное, чтобы автоматический выключатель QF1 был чувствителен к токам короткого замыкания в цепи управления.

Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления и кнопками управления на посту управления (ТС-У-Н-2)



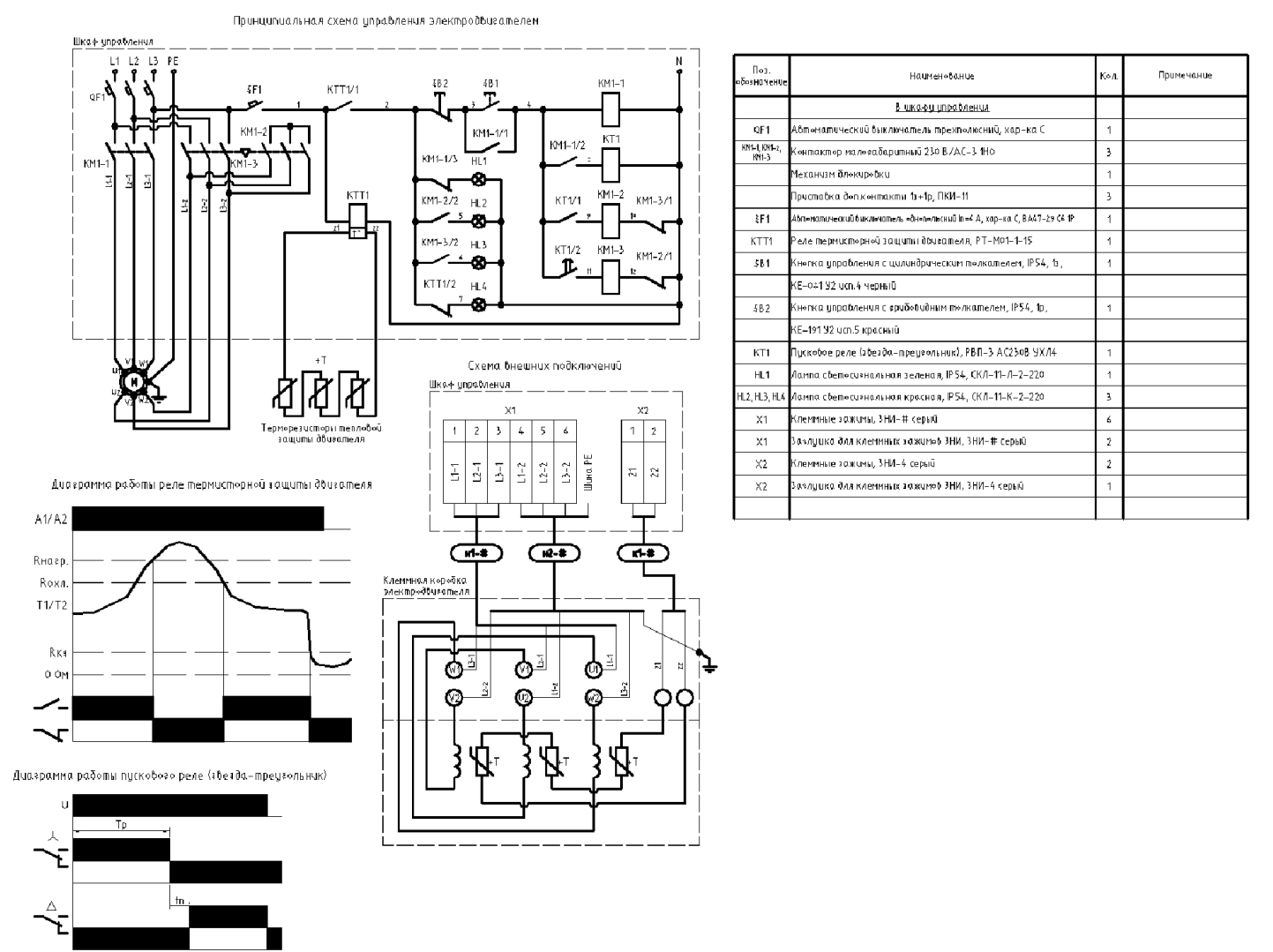
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
В шкафу управления			
QF1	Автоматический выключатель трехполюсный хар-ка С	1	
KM1	Контактор малогабаритный, АС-3, 1НО	1	
	Дополнительные контакты 1а+1р для КМИ, ПКМ-11	1	
KK1	Реле электроплавное	1	
SF1	Автоматический выключатель однополюсный хар-ка С, ВА47-29 1Р С3	1	
SB1.1	Кнопка управления с цилиндрическим толкателем, IP54, 1а,	1	
	KE-081 У2 исп.4 черный		
SB1.2	Кнопка управления с грибовидным толкателем, IP54, 1р,	1	
	KE-191 У2 исп.5 красный		
HL1.1	Лампа светосигнальная зеленая, IP54, СКЛ-11-Л-2-220	1	
HL1.2, HL1.3	Лампа светосигнальная красная, IP54, СКЛ-11-К-2-220	2	
X1	Клемные зажимы, ЗНИ-4 серии	3	
X1	Клемные зажимы, ЗНИ-4 PEN	1	
X1	Защелка для клемных зажимов ЗНИ, ЗНИ-4 серии	1	
Пост управления SB2			
SB2	Пост управления в металлическом корпусе для двух элементов управления, IP54, с калышом PG 13,5 (кабеля 5-12 мм), ПКУ 15-21.121	1	
SB2.1	Кнопка управления с цилиндрическим толкателем, IP54, 1а,	1	
	KE-081 У2 исп.4 черный		
SB2.2	Кнопка управления с грибовидным толкателем с фиксацией в нажатом положении, IP54, 1р, KE-141 У2 исп.5 красный	1	

Схемой предусмотрено:

- управление («Пуск», «Стоп») электродвигателем с помощью кнопок на дверце шкафа управления;
- управление («Пуск», «Стоп») электродвигателем с помощью кнопок на посту управления SB2;
- сигнализация состояния («Работа», «Отключено», «Авария») электродвигателя на дверце шкаф управления;
- защита силовой цепи (кабель, электродвигатель) от коротких замыканий и перегрузок;
- защита цепи управления от коротких замыканий и перегрузок.

Данная схема аналогична схеме ТС-У-Н-1 за исключением того, что работа кнопок SB1.1 («Пуск») и SB1.2 («Стоп») дублируется кнопками SB2.1 и SB2.2, соответственно, на посту управления SB2. Все кнопки «Пуск» включаются в схему параллельно, кнопки «Стоп» – последовательно. Кнопка SB2.2 имеет отличное от кнопки SB1.2 условное обозначение, т.к. кнопка SB2.2 имеет фиксацию в нажатом положении, со снятием фиксации поворотом толкателя на 90°. Также бывают кнопки со снятием фиксации повторным нажатием, нажатием другой кнопки и вытягиванием. Фиксация на кнопке «Стоп» обычно предусматривается, когда имеется несколько постов управления, расположенных в разных местах. В таком случае на посту управления, расположенном по месту установки двигателя, можно зафиксировать кнопку «Стоп» в нажатом положении, например во время осмотра агрегата, так двигатель невозможно будет запустить из другого места.

Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с кнопками управления и световой индикацией на лицевой панели шкафа управления, с пуском в два этапа (схема звезда – схема треугольник) (ТС-У-Н-3)



Схемой предусмотрено:

- управление («Пуск», «Стоп») электродвигателем с помощью кнопок на дверце шкафа управления;
- пуск электродвигателей насосов осуществляется в два этапа для уменьшения пускового тока: включение обмоток статора по схеме звезда, переключение на схему треугольник через время заданное на соответствующем реле
- сигнализация состояния («Отключено», «Пуск», «Работа», «Перегрев») электродвигателя на дверце шкаф управления;
- защита силовой цепи (кабель, электродвигатель) от коротких замыканий и перегрузок;
- защита электродвигателя от перегрева обмоток статора;
- защита цепи управления от коротких замыканий и перегрузок.

Для реализации такой схемы необходимо, чтобы электродвигатель имел обмотки с номинальным напряжением 380 В и, чтобы были доступны для подключения все выводы (начала и концы) обмоток в клеммной коробке двигателя. В таком случае в момент пуска, когда схема работает в режиме «звезда», на каждую обмотку электродвигателя подается напряжение 220 В, что меньше номинального, поэтому двигатель в таком режиме не развивает номинального момента и долго работать не должен. Однако из-за уменьшенного напряжения пусковой ток электродвигателя также будет меньше ожидаемого. Через установленное время схема переключается в режим «треугольник», двигатель продолжает разгоняться и выходит на нормальный режим работы. Для применения такой схемы необходимо провести проверку: будет ли развивать электродвигатель достаточный пусковой момент при сниженном напряжении (220 В вместо 380 В), т.к. электромагнитный вращающий момент электродвигателя пропорционален квадрату напряжения ($M \sim U^2$), т.е. момент будет составлять 1/3 от пускового момента, который указан в паспортных данных электродвигателя. Этот момент должен быть больше пускового момента сопротивления рабочего механизма (насоса, вентилятора, компрессора и др.).

В схеме использована тепловая защита электродвигателя. Для реализации этого решения необходимо, чтобы электродвигатель был снабжен терморезисторами (позисторами – элемент с положительным температурным коэффициентом сопротивления, т.е. при увеличении температуры увеличивается сопротивление) на обмотках статора для контроля температуры.

В таком случае обеспечиваются защиты электродвигателя от перегрева при затяжных пусках или остановках, снижении напряжения в сети, перенапряжения или чрезмерной частоте включения, загрязнения каналов охлаждения обмоток и т.д.

В данной схеме терморезисторы подключаются к специальному реле, которое может работать с датчиками соответствующими требованиям DIN44081 и DIN4408.

Такой вид защиты более точный и надежный, чем косвенная защита электродвигателя с помощью электротеплового реле.

Косвенная защита означает, что электротепловое реле, грубо говоря, определяет температуру электродвигателя, измеряя ток.

Описание работы схемы управления:



1. При включенных автоматических выключателях QF1 и SF1 нажатие на кнопку SB1.1 приводит к замыканию её НО контакта. На реле ККТ1 подано напряжение, поэтому если температура обмоток электродвигателя не превышает допустимого значения и в цепи терморезисторов электродвигателя нет короткого замыкания, контакт реле ККТ1/1 замкнут. На катушку контактора KM1-1 подается фазное напряжение, в результате чего главные контакты контактора KM1-1 в силовой цепи замыкаются. Кроме того:

- замыкается НО вспомогательный контакт KM1-1/1 контактора KM1-1, он шунтирует НО контакт кнопки SB1.1, поэтому кнопку можно отпустить;
- размыкается НЗ вспомогательный контакт KM1-1/3 контактора KM1-1, через него подавалось напряжение на сигнальную лампу HL1 («Отключено»), она гаснет;
- замыкается НО вспомогательный контакт KM1-1/2 контактора KM1-1, через него подается напряжение на пусковое реле (звезда-треугольник) КТ1;
- замыкается НО контакт КТ1/1 реле КТ1, через него подается напряжение на катушку управления контактора KM1-2, замыкаются его главные контакты в силовой цепи, обмотки электродвигателя подключаются по схеме звезда, двигатель разгоняется. Также замыкается НО контакт KM1-2/2, через который подается напряжение на сигнальную лампу HL2 («Пуск»), она загорается;
- через заданное на реле КТ1 время (T_p) контакт КТ1/1 реле КТ1 размыкается, отключается контактор KM1-2 и двигатель отключается от сети, но он продолжает вращаться по инерции. Также размыкается контакт KM1-2/2, лампа HL2 гаснет;
- через заданное на реле КТ1 время (t_n , менее 1 с) НО контакт КТ1/2 реле КТ1 замыкается, через него подается напряжение на катушку контактора KM1-3, замыкаются его главные контакты в силовой цепи, обмотки электродвигателя подключаются по схеме треугольник, двигатель продолжает разгоняться и выходит на нормальный режим работы. Также замыкается НО контакт KM1-3/2, через который подается напряжение на сигнальную лампу HL3 («Работа»), она загорается;
- контакторы KM1-2 и KM1-3 имеют механическую и электрическую (НЗ контакты KM1-2/1, KM1-3/1 в схеме управления) блокировки, т.е. они не могут быть включены одновременно, это нужно, чтобы предотвратить короткое замыкание при их одновременном включении.

2. Если, во время пуска или во время нормальной работы электродвигателя, температура обмоток электродвигателя превысит определенное значение и суммарное сопротивление, включенных последовательно, терморезисторов превысит значение $R_{нагр.}$, то размыкается НО контакт КТТ1/1 реле КТТ1, в результате отключится контактор KM1-1, реле КТ1 и контактор KM1-2 или KM1-3 (в зависимости от того, какой из них был включен). Двигатель останавливается. Кроме того:

- замкнется НЗ контакт КТТ1/2, через который подается напряжение на сигнальную лампу HL4 («Перегрев»), она загорается;
- замкнется контакт KM1-1/3, через который подается напряжение на сигнальную лампу HL1 («Отключено»), она загорается;
- разомкнется контакт KM1-2/2, через который подавалось напряжение на сигнальную лампу HL2 («Пуск»), она гаснет, если была в работе;
- разомкнется контакт KM1-3/2, через который подавалось напряжение на сигнальную лампу HL3 («Работа»), она гаснет, если была в работе.

После остывания обмоток электродвигателя, когда суммарное сопротивление терморезисторов станет меньше $R_{охл.}$ контакт КТТ1/1 снова замкнется и станет возможен повторный ручной пуск электродвигателя (см. п. 1). Кроме того разомкнется контакт КТТ1/2 и лампа HL4 погаснет.

При возникновении короткого замыкания в цепи терморезисторов электродвигателя схема отключает двигатель точно также как описано в данном пункте (2).

3. Отключение работающего электродвигателя производится нажатием кнопки SB1.2, НЗ контакт который размыкает цепь катушки контактора КМ1-1, который в свою очередь, отключаясь, размыкает свои главные контакты в силовой цепи. Также разомкнется вспомогательный контакт КМ1-1/1, размыкается контакт КМ1-1/2, отключается реле КТ1, отключатся контакторы КМ1-2, КМ1-3 (в зависимости от того, какой из них был включен), погаснет лампа HL2 или HL3, замкнется вспомогательный контакт КМ1-1/3 – сигнальная лампа HL1 загорится.
4. При снижении фазного напряжения ниже значения напряжения отпускания контактора КМ1-1 ($0,3-0,6 \cdot U_c$, где U_c – номинальное напряжение катушки управления) происходит отключение электродвигателя, как в п. 3.
5. Автоматический выключатель SF1 служит для защиты цепи управления от коротких замыканий.

Типовые схемы автоматического ввода резерва (ABP) низковольтных распределительных устройств

Приведенные типовые схемы управления в формате DWG можно найти на [сайте \(https://sites.google.com/view/spravochnik-electro\)](https://sites.google.com/view/spravochnik-electro) в разделе «Ссылки для скачивания дополнительных материалов», ТС-ABP-Н.

Схема ABP – 2 ввода (основной, резервный) на одну нагрузку, с использованием контакторов (ТС-ABP-Н-1)

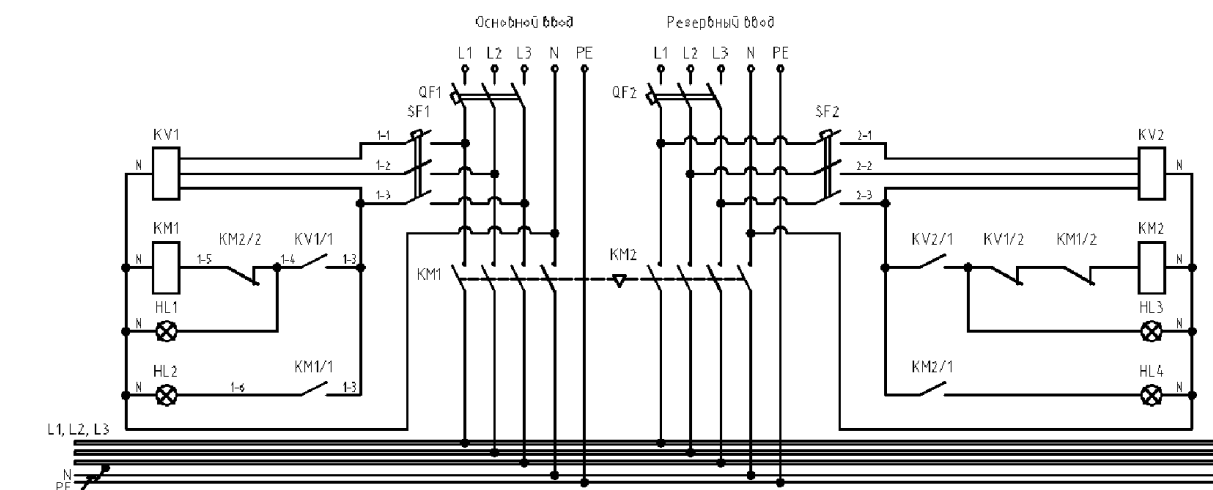
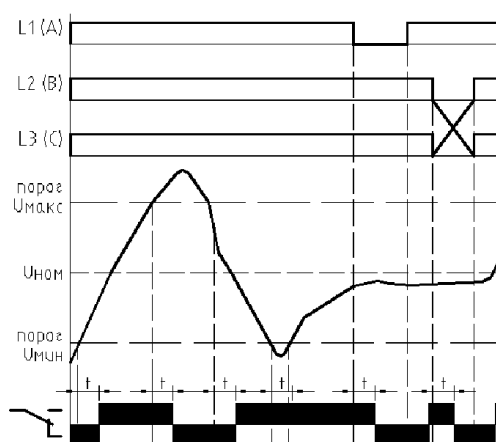


Диаграмма работы реле контроля трехфазного напряжения



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
QF1, QF2	Автоматический выключатель трехполюсный, хар-ка С	2	
KM1, KM2	Контактор малогабаритный 230 В/АС-3 1НЗ с четырьмя	2	
	вспомогательными контактами, 1НО+1НЗ		
	Механизм блокировки	1	
SF1, SF2	Автоматический выключатель трехполюсный 10-6 А, хар-ка С, ВА47-29 С6 IP	2	
KV1, KV2	Реле контроля трехфазного напряжения РКН-3-15-15	2	
HL1, HL3	Лампа сигнальная зеленая, IP54, СКЛ-11-Л-2-220	2	
HL2, HL4	Лампа сигнальная красная, IP54, СКЛ-11-К-2-220	2	

Схемой предусмотрено:

- автоматическое переключение электропитания нагрузок с основного ввода на резервный при снижении, пропадании или увеличении напряжения, а также при "обрыве нуля" или изменении порядка чередования фаз на основном вводе, при условии наличия напряжения с допустимыми показателями на резервном вводе. Переключение происходит с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения;
- переход на работу с резервного ввода на основной при восстановлении на нем "нормального" напряжения происходит автоматически с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения;
- переключение питания нагрузки с основного ввода на резервный возможно вручную путем отключения автоматического выключателя SF1. Схема автоматически, с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения, переключится на работу с резервного ввода, при условии наличия на нем напряжения с допустимыми показателями;
- индикация работы вводов на дверце шкафа ABP;
- индикация наличия напряжения и соответствия его требуемым параметрам на вводах, на дверце шкафа ABP.

В схеме предусмотрены два вида блокировок контакторов, которые защищают от одновременного включения контакторов: электрическая блокировка (НЗ контакты в схеме) и механическая блокировка. Механическую блокировку выполняют не всегда.

В схеме применены четырехполюсные контакторы, с коммутацией N-проводника. Существует требование ГОСТ Р 50571-4-44-2011 п. 444.4.7, согласно которому: «В системах TN переключение питания с одного источника на другой источник должно выполняться при помощи коммутационного устройства, переключающего одновременно линейные проводники и нейтральный проводник, если он имеется в электроустановке. Такое переключение предотвращает возникновение электромагнитных полей, создаваемых блуждающими токами в основной системе питания электроустановки. Сумма токов в одном кабеле должна быть равна нулю. Это гарантирует протекание разности токов линейных проводников по нейтральному проводнику только той цепи, на которую переключается питание электроустановки». В ГОСТ Р 50571-4-44-2011 даются соответствующие поясняющие рисунки. Но не всегда соблюдение этого требования бывает необходимым, например, когда питание идет от разных секций одного вышестоящего РУ и длина кабелей небольшая.

Описание работы схемы АВР:

1. При включенных автоматических выключателях QF1, SF1 и при наличии напряжения, в допустимых пределах, на основном вводе реле контроля трехфазного напряжения KV1 замыкает свой НО контакт KV1/1. На лампу HL1 «Наличие напряжения на основном вводе» подается напряжение и она загорается. Если контактор KM2 отключен, то через контакты KV1/1 и НЗ контакт KM2/2 контактора KM2 фазное напряжение подается на катушку контактора KM1. Контактор KM1 замыкает свои главные контакты, через которые напряжение от основного ввода подается на нагрузку. Кроме того, замыкается контакт KM1/1 контактора KM1, через который напряжение подается на лампу HL2 «Основной ввод. Работа». Размыкается НЗ контакт KM1/2 контактора KM1 и НЗ контакт KV1/2 реле KV1, что не допустит включения контактора KM2. Контактор KM2 не может быть включен даже механическим путем (вдавливанием якоря), т.к. предусмотрена механическая блокировка.
2. Если автоматические выключатели QF2, SF2 включены и на резервном вводе присутствует напряжение в допустимых пределах, то у реле контроля трехфазного напряжения KV2 был замкнут НО контакт KV2/1. Через контакт KV2/1 подается напряжение на лампу HL3 «Наличие напряжения на резервном вводе». Контактор KM2 не может быть включен (см. п. 1), лампа HL4 «Резервный ввод. Работа» не горит.
3. Реле KV1 и KV2 работают с выдержкой времени (см. их диаграмму работы), которую можно изменять.
4. При возникновении аварии на основном вводе (снижение, пропадание или увеличение напряжения, «обрыв нуля» или изменении порядка чередования фаз), а также при ручном или автоматическом отключении автоматических выключателей QF1 или SF1 контактор KM1 отключается, т.к. реле KV1 размыкает свой контакт KV1/1 в схеме питания катушки контактора KM1 или просто пропадает напряжение в цепи катушки контактора KM1. Также гаснет лампа HL1, контакт KM1/1 контактора KM1 размыкается и гаснет лампа HL2, контакты KV1/2 и KM1/2 замкнутся. Главные контакты контактора KM1 размыкаются и напряжение на нагрузке пропадает. При этом если замкнут контакт KV2/1 (см. п. 2), то подается напряжение на катушку контактора KM2, контактор замыкает свои главные контакты и на нагрузку подается напряжение от резервного ввода. Также замыкается контакт KM2/1 контактора KM2, через который подается напряжение на лампу HL4 «Резервный ввод. Работа», она загорается. Контакт KM2/2 контактора KM2 размыкается, поэтому контактор KM1 не может быть включен.
5. Переход на резервный ввод не происходит, если на нем нет «допустимого» напряжения или если автоматические выключатели QF2 или SF2 отключены. Схема перейдет на работу с резервного ввода, если на нем появится напряжение (например, произойдет пуск генератора) или если будут включены отключенные ранее автоматические выключатели.
6. При появлении напряжения в допустимых пределах на основном вводе замыкается контакт KV1/1 реле KV1, однако контактор KM1 не включается, т.к. контакт KM2/2 контактора KM2 разомкнут. Также размыкается контакт KV1/2, который «снимает» напряжение с катушки контактора KM2. Контактор KM2 отключается, размыкаются его главные контакты, размыкается контакт KM2/1, гаснет лампа HL4, замыкается контакт KM2/2, который подает напряжение на катушку контактора KM1. Далее схема работает как в п. 1. Если не предусматривать контакт KV1/2, то механическую блокировку нужно исключить, а при переходе с резервного ввода на основной вводы будут включены параллельно на короткое время и если их фазы не будут совпадать, то может возникнуть уравнильный ток, сравнимый даже с током короткого замыкания.
7. Если, при работе от резервного ввода, происходит авария на резервном вводе (снижение, пропадание или увеличение напряжения, «обрыв нуля» или изменении порядка чередования фаз) или отключаются автоматически выключатели QF2 или SF2, то отключается контактор KM2 и напряжение на нагрузке пропадает до тех пор, пока не восстановится напряжение на основном или резервном вводе или пока не будут включены отключенные ранее автоматические выключатели.

Схема АВР – 2 ввода (равнозначных) на одну нагрузку, с кнопками управления и с использованием контакторов (ТС-АВР-Н-2)

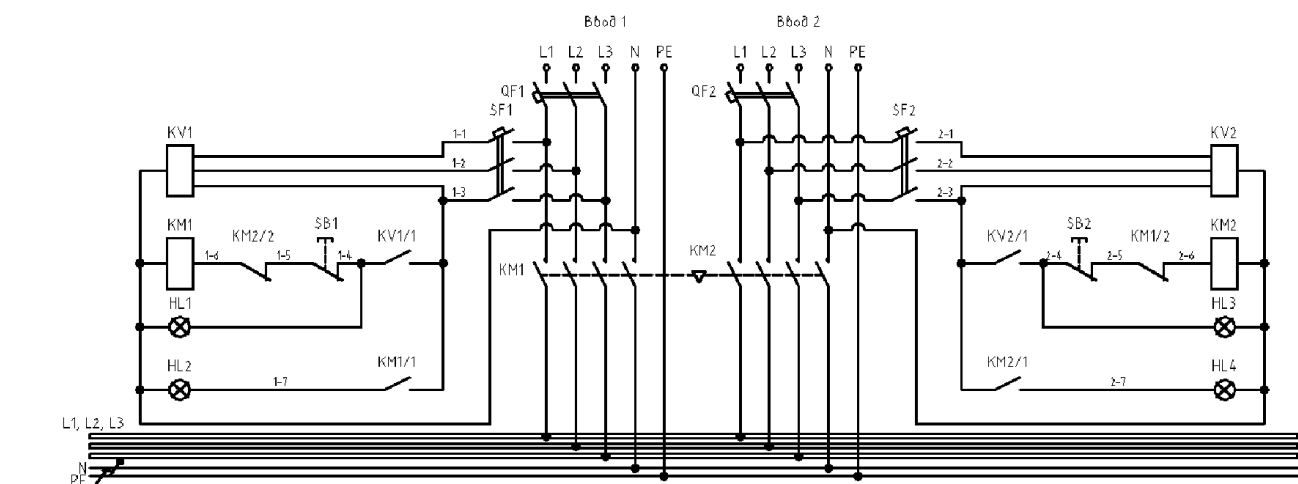
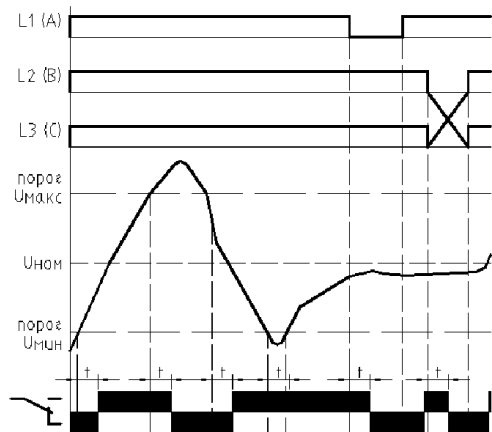


Диаграмма работы реле контроля трехфазного напряжения



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
QF1, QF2	Автоматический выключатель трехполюсный, хар-ка С	2	
KM1, KM2	Контактор малогабаритный 230 В/АС-3 1НЗ с четырьмя	2	
	вспомогательными контактами, 1НО+1НЗ		
	Механизм блокировки	1	
SF1, SF2	Автоматический выключатель трехполюсный I _н =6 А, хар-ка С, ВА47-29 (6 I _н)	2	
KV1, KV2	Реле контроля трехфазного напряжения РКН-3-15-15	2	
HL1, HL3	Лампа светосигнальная зеленая, IP54, СКЛ-11-Л-2-220	2	
HL2, HL4	Лампа светосигнальная красная, IP54, СКЛ-11-К-2-220	2	
SB1, SB2	Кнопка управления с цилиндрическим толкателем, IP54, 1р,	2	
KE-081 У2 исп.5	Черный		

Про использование четырехполюсных коммутационных аппаратов в схемах АВР см. описание схемы ТС-АВР-Н-1.

Схемой предусмотрено:

- автоматическое переключение электропитания нагрузок с одного ввода на другой при снижении, пропадании или увеличении напряжения, а также при "обрыве нуля" или изменении порядка чередования фаз на том вводе, который был в работе, при условии наличия напряжения с допустимыми показателями на другом вводе. Переключение происходит с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения;
- переключение питания нагрузки с одного ввода на другой возможно вручную путем нажатия кнопки SB1 (для перехода с ввода 1 на ввод 2) или SB2 (для перехода с ввода 2 на ввод 1). Схема автоматически, с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения, переключится на работу с другого ввода, при условии наличия на нем напряжения с допустимыми показателями;
- индикация работы вводов на дверце шкафа АВР;
- индикация наличия напряжения и соответствия его требуемым параметрам на вводах, на дверце шкафа АВР.

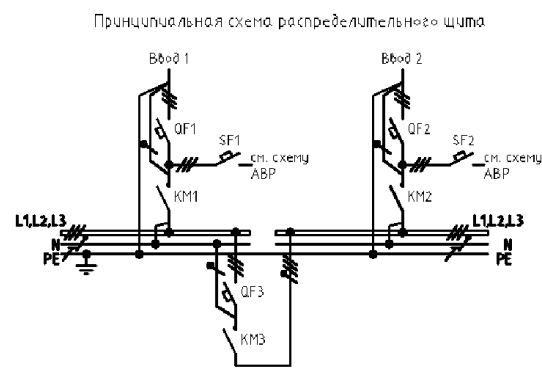
Описание работы схемы АВР:

1. При включенных автоматических выключателях QF1, QF2 и при наличии напряжения, в допустимых пределах, на обоих вводах, в зависимости от того, какой автоматический выключатель будет включен первым (SF1 или SF2) включится соответствующий контактор (KM1 или KM2) и на нагрузку подается напряжение от ввода 1 или ввода 2.
2. Рассмотрим последовательность, если включить первым автоматический выключатель SF1. Реле контроля трехфазного напряжения KV1 замыкает свой НО контакт KV1/1. На лампу HL1 «Наличие напряжения на вводе 1» подается напряжение и она загорается. Если контактор KM2 отключен, то через контакты KV1/1, НЗ контакт KM2/2 контактора KM2 и НЗ контакт кнопки управления SB1, которая не должна быть

нажатой, фазное напряжение подается на катушку контактора КМ1. Контактор КМ1 замыкает свои главные контакты, через которые напряжение от ввода 1 подается на нагрузку. Кроме того, замыкается контакт КМ1/1 контактора КМ1, через который напряжение подается на лампу НЛ2 «Ввод 1. Работа». Размыкается НЗ контакт КМ1/2 контактора КМ1, что не допустит включения контактора КМ2. Контактор КМ2 не может быть включен даже механическим путем (вдавливанием якоря), т.к. предусмотрена механическая блокировка. Аналогично схема работает, если первым включить автоматический выключатель SF2.

3. Если автоматические выключатели QF2, SF2 включены и на резервном вводе присутствует напряжение в допустимых пределах, то у реле контроля трехфазного напряжения КВ2 был замкнут НО контакт КВ2/1. Через контакт КВ2/1 подается напряжение на лампу НЛ3 «Наличие напряжения на вводе 2». Контактор КМ2 не может быть включен (см. п. 2), лампа НЛ4 «Ввод 2. Работа» не горит.
4. При возникновении аварии на вводе 1 (снижение, пропадание или увеличение напряжения, «обрыв нуля» или изменении порядка чередования фаз), а также при ручном или автоматическом отключении автоматических выключателей QF1 или SF1 контактор КМ1 отключается, т.к. реле КВ1 размыкает свой контакт КВ1/1 в схеме питания катушки контактора КМ1 или просто пропадает напряжение в цепи катушки контактора КМ1. Также гаснет лампа НЛ1, контакт КМ1/1 контактора КМ1 размыкается и гаснет лампа НЛ2, контакт КМ1/2 замкнется. Главные контакты контактора КМ1 размыкаются и напряжение на нагрузке пропадает. При этом если замкнут контакт КВ2/1 (см. п. 3), то подается напряжение на катушку контактора КМ2, если не нажата кнопка SB2 и ее НЗ контакт замкнут, контактор замыкает свои главные контакты и на нагрузку подается напряжение от ввода 2. Также замыкается контакт КМ2/1 контактора КМ2, через который подается напряжение на лампу НЛ4 «Ввод 1. Работа», она загорается. Контакт КМ2/2 контактора КМ2 размыкается, поэтому контактор КМ1 не может быть включен.
5. Переход на ввод 2 не происходит, если на нем нет «допустимого» напряжения или если автоматические выключатели QF2 или SF2 отключены. Схема перейдет на работу с ввода 2, если на нем появится напряжение (например, произойдет пуск генератора) или если будут включены отключенные ранее автоматические выключатели.
6. При появлении напряжения в допустимых пределах на основном вводе замыкается контакт КВ1/1 реле КВ1, однако контактор КМ1 не включается, т.к. контакт КМ2/2 контактора КМ2 разомкнут. На лампу НЛ1 «Наличие напряжения на вводе 1» будет подано напряжение и она загорится. Напряжение на нагрузку будет подаваться, как и прежде, с ввода 2.
7. Чтобы перевести питание нагрузки с ввода 2 на ввод 1 необходимо нажать кнопку SB2. НЗ контакт этой кнопки разомкнется, он «снимет» напряжение с катушки контактора КМ2. Контактор КМ2 отключается, размыкаются его главные контакты, размыкается контакт КМ2/1, гаснет лампа НЛ4, замыкается контакт КМ2/2, который подает напряжение на катушку контактора КМ1. Далее схема работает как в п. 2. Нажатием кнопки SB1 можно перевести питание нагрузки с ввода 1 на ввод 2, если на нем присутствует напряжение в допустимых пределах и автоматические выключатели QF2 и SF2 включены.
8. Если, при работе от ввода 2, происходит авария на этом вводе (снижение, пропадание или увеличение напряжения, «обрыв нуля» или изменении порядка чередования фаз) или отключаются автоматически выключатели QF2 или SF2, то отключается контактор КМ2 и напряжение на нагрузке пропадает до тех пор, пока не восстановится напряжение на вводе 1 или вводе 2 или пока не будут включены отключенные ранее автоматические выключатели.

Схема АВР – 2 ввода с контакторами, 2 секции шин с секционным контактором (ТС-АВР-Н-3)



Поя. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
QF1, QF2, QF3	Автоматический выключатель трехполюсный, хар-ка С	3	
QF3/1	Контакт состояния, КС47	1	
KM1, KM2, KM3	Контактор малогабаритный 230 В/АС-3 1НЗ с четырьмя главными контактами, 2НО+2НЗ (использование дополнительной контактной приставки)	3	
SF1, SF2	Автоматический выключатель трехполюсный In=6 А, хар-ка С, ВА47-29 С6 П	2	
KV1, KV2	Реле контроля трехфазного фазного напряжения РКН-3-15-15	2	
HL1, HL2	Лампа светосигнальная зеленая, IP54, СКЛ-11-Л-2-220	2	
HL3	Лампа светосигнальная красная, IP54, СКЛ-11-К-2-220	1	

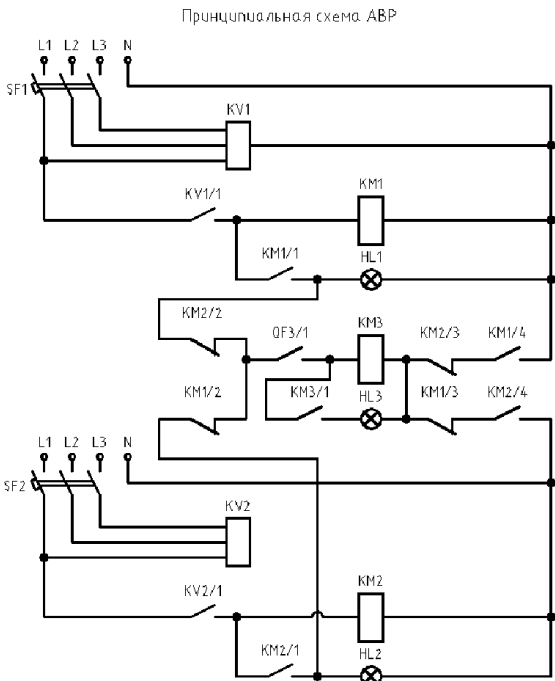
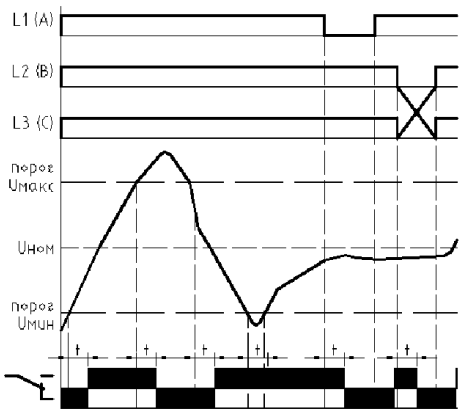


Диаграмма работы реле контроля трехфазного напряжения



Про использование четырехполюсных коммутационных аппаратов в схемах АВР см. описание схемы ТС-АВР-Н-1.

Схемой предусмотрено:

- раздельная работа двух секций шкафа от разных вводов при условии наличия напряжения с допустимыми показателями на обоих вводах;
- автоматическое переключение электропитания нагрузок одной секции на другой ввод через секционный контактор при снижении, пропадании или увеличении напряжения, а также при "обрыве нуля" или изменении порядка чередования фаз на "нормальном" для этой секции вводе, при условии наличия напряжения с допустимыми показателями на другом вводе. Переключение происходит с выдержкой времени заданной на реле контроля трехфазного напряжения;
- индикация работы вводных и секционного контактора на дверце шкафа АВР.

Для нормальной работы схемы обязательно должна быть проведена фазировка вводов (порядок чередования фаз должен совпадать у двух вводов), т.к. имеется некоторая вероятность кратковременной (до 10-20 мс) параллельной работы вводов при включении/отключении секционного контактора. Это может произойти только при несинхронном переключении главных и вспомогательных контактов контактора, что маловероятно.

Описание работы схемы АВР:

1. При включенных автоматических выключателях QF1, QF2, QF3 и при наличии напряжения, в допустимых пределах, на обоих вводах после включения автоматического выключателя SF1 реле KV1 замкнет свой НО контакт KV1/1 через заданное время. На катушку управления контактора KM1 будет подано фазное напряжение, контактор будет включен и замкнутся его главные контакты, через которые будет подано напряжение на электроприемники 1 секции шин шкафа. Замкнется также вспомогательный НО контакт контактора KM1/1 через него будет подано фазное напряжение на сигнальную лампу HL1,

которая указывает на работу ввода 1. Кроме того замкнется НО контакт КМ1/4 и разомкнутся НЗ контакты КМ1/2 и КМ1/3. Этим будет обеспечена возможность подачи фазного напряжения с ввода 1 на катушку управления секционного контактора КМ3, если контактор КМ2 отключен.

2. Т.к. автоматический выключатель SF2 еще не включен, поэтому на катушку управления контактора КМ2 не подано напряжение и контактор отключен. На второй секции шин шкафа нет напряжения. Вспомогательные контакты КМ2/2 и КМ2/3 замкнуты, поэтому на катушку контактора КМ3 будет подано фазное напряжение с первого ввода, если включен автоматический выключатель QF3, который имеет вспомогательный контакт состояния QF3/1, он будет замкнут. Контактор КМ3 включится и подаст напряжение через свои главные контакты на вторую секцию шкафа от первой секции. Замкнется вспомогательный контакт КМ3/1, который подаст напряжение на сигнальную лампу НЛ3, сигнализирующую о работе секционного контактора.
3. Если включить автоматический выключатель SF2, то сработает реле КВ2, которое свой контакт КВ2/1 через заданное время. На катушку управления контактора КМ2 будет подано фазное напряжение с ввода 2. Замкнутся главные контакты контактора КМ2 на вторую секцию шин шкафа. В это же время разомкнутся вспомогательные контакты КМ2/2, КМ2/3, через которые подавалось фазное напряжение на катушку управления контактора КМ3. Контактор КМ3 будет отключен, лампа НЛ3 отключится. Замкнется контакт КМ2/1, через который будет подано напряжение на сигнальную лампу НЛ2, указывающую на работу ввода 2. Контакт КМ2/4 будет замкнут, он обеспечит возможность подачи фазного напряжения с ввода 2 на катушку управления контактора КМ3 при отключении ввода 1.
4. При возникновении аварии на вводе 1 (снижение, пропадание или увеличение напряжения, «обрыв нуля» или изменении порядка чередования фаз), а также при ручном или автоматическом отключении автоматических выключателей QF1 или SF1 контактор КМ1 отключается, т.к. реле КВ1 размыкает свой контакт КВ1/1 в схеме питания катушки контактора КМ1 или просто пропадает напряжение в цепи катушки контактора КМ1. Главные контакты контактора КМ1 размыкаются и напряжение на первой секции шин шкафа пропадает. Также гаснет лампа НЛ1, контакты КМ1/1 и КМ1/4 контактора КМ1 размыкаются, контакты КМ1/2 и КМ1/3 замкнутся. Будет подано фазное напряжение с ввода 2 на катушку управления контактора КМ3, через главные контакты которого будет подано напряжение со второй секции шин на первую секцию шин шкафа. Аналогично схема работает при пропадании напряжения на вводе 2.
5. Как только напряжение на вводе 1 или 2 восстанавливается схема включает соответствующий ввод и отключает секционный контактор.
6. При отключении секционного автоматического выключателя QF3 или при аварийном его срабатывании контактор КМ3 также отключается, т.к. размыкается контакт QF3/1 в цепи катушки управления контактора КМ3.

Трубы и металлопрокат

Труба стальная электросварная прямошовная ГОСТ 10704-91

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм										
	1,0	1,2	1,4	(1,5)	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
10	0,222	0,260	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
10,2	0,227	0,266	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0,271	0,320	0,366	0,388	0,410	—	—	—	—	—	—
13	0,296	0,349	0,401	0,425	0,450	—	—	—	—	—	—
14	0,321	0,379	0,435	0,462	0,489	—	—	—	—	—	—
(15)	0,345	0,408	0,470	0,499	0,529	—	—	—	—	—	—
16	0,370	0,438	0,504	0,536	0,568	—	—	—	—	—	—
(17)	0,395	0,468	0,539	0,573	0,608	—	—	—	—	—	—
18	0,419	0,497	0,573	0,610	0,719	0,789	—	—	—	—	—
19	0,444	0,527	0,608	0,647	0,687	0,764	0,838	—	—	—	—
20	0,469	0,556	0,642	0,684	0,726	0,808	0,888	—	—	—	—
21,3	0,501	0,595	0,687	0,732	0,777	0,866	0,952	—	—	—	—
22	0,518	0,616	0,711	0,758	0,805	0,897	0,986	—	—	—	—
(23)	0,543	0,645	0,746	0,795	0,844	0,941	1,04	1,13	1,26	$\frac{3}{4}$	—
24	0,567	0,675	0,780	0,832	0,884	0,985	1,09	1,18	1,33	—	—
25	0,592	0,704	0,815	0,869	0,923	1,03	1,13	1,24	1,39	—	—
26	0,617	0,734	0,849	0,906	0,963	1,07	1,18	1,29	1,45	—	—
27	0,641	0,764	0,884	0,943	1,00	1,12	1,23	1,35	1,51	—	—
28	0,666	0,793	0,918	0,980	1,04	1,16	1,28	1,40	1,57	—	—
30	0,715	0,852	0,987	1,05	1,12	1,25	1,38	1,51	1,70	—	—
32	0,765	0,911	1,06	1,13	1,20	1,34	1,48	1,62	1,82	2,02	—

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм									
	1,0	1,2	1,4	(1,5)	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
33	0,789	0,941	1,09	1,17	1,24	1,38	1,53	1,67	1,88	2,09
33,7	—	0,962	1,12	1,19	1,27	1,42	1,56	1,71	1,92	2,13
35	—	1,00	1,16	1,24	1,32	1,47	1,63	1,78	2,00	2,22
36	—	1,03	1,19	1,28	1,36	1,52	1,68	1,83	2,07	2,29
38	—	1,09	1,26	1,35	1,44	1,61	1,78	1,94	2,19	2,43
40	—	1,15	1,33	1,42	1,52	1,70	1,87	2,05	2,31	2,57
42	—	1,21	1,40	1,50	1,59	1,78	1,97	2,16	2,44	2,71
44,5	—	1,28	1,49	1,59	1,69	1,90	2,10	2,29	2,59	2,88
45	—	1,30	1,51	1,61	1,71	1,92	2,12	2,32	2,62	2,91
48	—	—	1,61	1,72	1,83	2,05	2,27	2,48	2,81	3,12
48,3	—	—	1,62	1,73	1,84	2,06	2,28	2,50	2,82	3,14
51	—	—	1,71	1,83	1,95	2,18	2,42	2,65	2,99	3,33
53	—	—	1,78	1,91	2,03	2,27	2,52	2,76	3,11	3,47
54	—	—	1,82	1,94	2,07	2,32	2,56	2,81	3,18	3,54
57	—	—	1,92	2,05	2,19	2,45	2,71	2,97	3,36	3,74
60	—	—	2,02	2,16	2,30	2,58	2,86	3,14	3,55	3,95
63,5	—	—	2,14	2,29	2,44	2,74	3,03	3,33	3,76	4,19
70	—	—	2,37	2,53	2,70	3,03	3,35	3,68	4,16	4,64

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм									
	1,0	1,2	1,4	(1,5)	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
73	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	2,47	2,64	2,82	3,16	3,50	3,84	4,35	4,85
76	—	—	2,58	2,76	2,94	3,29	3,65	4,00	4,53	5,05
88	—	—	—	—	3,21	3,60	4,00	4,38	4,96	5,54
89	—	—	—	—	3,45	3,87	4,29	4,71	5,33	5,95
95	$\frac{3}{4}$	—	—	—	—	—	4,59	—	5,70	—
102	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	—	—	4,45	4,93	5,41	6,13	6,85
108	$\frac{3}{4}$	—	—	—	—	4,71	5,23	5,74	6,50	7,26
114	—	—	—	—	—	4,98	5,52	6,07	6,87	7,68
127	—	—	—	—	—	5,56	6,17	6,77	7,68	8,58
133	—	—	—	—	—	5,82	6,46	7,10	8,05	8,99
140	—	—	—	—	—	6,13	6,81	7,48	8,48	9,47
152	$\frac{3}{4}$	—	—	—	—	6,67	7,40	8,13	9,22	10,30
159	—	—	—	—	—	6,98	7,74	8,51	9,65	10,79
168	—	—	—	—	—	7,38	8,19	9,00	10,20	11,41
177,8	—	—	—	—	—	7,81	8,67	9,53	10,81	12,08
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,7	—	—	—	—	—	—	9,46	10,39	11,79	13,18
219	—	—	—	—	—	—	—	—	13,35	14,93
244,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм										
	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0
26	—	—	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	2,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	2,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33,7	2,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	2,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	2,44	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
38	2,59	—	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
40	2,74	—	—	—	—	—	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
42	2,89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{3}{4}$
44,5	3,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	3,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{3}{4}$
48	3,33	3,54	3,84	—	—	—	—	—	—	—	—
48,3	3,35	3,56	3,87	—	—	—	—	—	—	—	—
51	3,55	3,77	4,10	—	—	—	—	—	—	—	—
53	3,70	3,93	4,27	—	—	—	—	—	—	—	—
54	3,77	4,01	4,36	—	—	—	—	—	—	—	—

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм											
	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0
57	4,00	4,25	4,62	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
60	4,22	4,48	4,88	5,27	—	—	—	—	—	—	—	—
63,5	4,48	4,76	5,18	5,59	—	—	—	—	—	—	—	—
70	4,96	5,27	5,74	6,20	6,51	—	—	—	—	—	—	—
73	5,18	5,51	6,00	6,48	6,81	—	—	—	—	—	—	—
76	5,40	5,75	6,26	6,26	7,10	7,93	8,75	9,56	$\frac{3}{4}$	—	—	—
83	5,92	6,30	6,86	7,42	7,79	8,71	9,62	10,51	—	—	—	—
89	6,36	6,77	7,38	7,98	8,38	9,38	10,36	11,33	—	—	—	—
95	—	7,24	—	—	—	—	11,10	—	—	—	—	—
102	7,32	7,80	8,50	9,20	9,67	10,82	11,96	13,09	—	—	—	—
108	7,77	8,27	9,02	9,76	10,26	11,49	12,70	13,90	—	—	—	—
114	8,21	8,74	9,54	10,33	10,85	12,15	13,44	14,72	—	—	—	—
127	9,17	9,77	10,66	11,55	12,13	13,59	15,04	16,48	—	—	—	—
133	9,62	10,24	11,18	12,11	12,73	14,26	15,78	17,29	—	—	—	—
140	10,14	10,80	11,78	12,76	13,42	15,04	16,65	18,24	—	—	—	—
152	11,02	11,74	12,82	13,89	14,60	16,37	18,13	19,87	—	—	—	—
159	11,54	12,30	13,42	14,52	15,29	17,15	18,99	20,82	22,64	26,24	26,24	—
168	12,21	13,01	14,20	15,39	16,18	18,14	20,10	22,04	23,97	27,79	31,57	—
177,8	12,93	13,78	15,04	16,31	17,14	19,23	21,31	23,37	25,42	29,49	33,50	—
180	—	—	—	—	17,36	—	21,58	—	—	—	—	—
193,7	14,11	15,03	16,42	17,80	18,71	21,00	23,27	25,53	27,77	32,23	36,64	—
219	15,98	17,03	18,60	20,17	21,21	23,80	26,39	28,96	31,52	36,60	41,63	46,61
244,5	17,87	19,04	20,80	22,56	23,72	26,63	29,53	32,42	35,42	41,00	46,66	52,27
273	—	—	23,26	25,23	26,54	29,80	23,05	36,28	39,51	45,92	52,28	58,60

Труба стальная водогазопроводная ГОСТ 3262-75

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки труб			Масса 1 м труб, кг		
		легких	обыкновенных	усилен-ных	легких	обыкновенных	усилен-ных
6	10,2	1,8	2,0	2,5	0,37	0,40	0,47
8	13,5	2,0	2,2	2,8	0,57	0,61	0,74
10	17,0	2,0	2,2	2,8	0,74	0,80	0,98
15	21,3	2,35	-	-	1,10	-	-
15	21,3	2,5	2,8	3,2	1,16	1,28	1,43
20	26,8	2,35	-	-	1,42	-	-
20	26,8	2,5	2,8	3,2	1,5	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4,0	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4,0	2,73	3,09	3,78
40	48,0	3,0	3,5	4,0	3,33	3,84	4,34
50	60,0	3,0	3,5	4,5	4,22	4,88	6,16
65	75,5	3,2	4,0	4,5	5,71	7,05	7,88
80	88,5	3,5	4,0	4,5	7,34	8,34	9,32
90	101,3	3,5	4,0	4,5	8,44	9,60	10,74
100	114,0	4,0	4,5	5,0	10,85	12,15	13,44
125	140,0	4,0	4,5	5,5	13,42	15,04	18,24
150	165,0	4,0	4,5	5,5	15,88	17,81	21,63

Трубки из поливинилхлоридного пластика ГОСТ 19034-82

Марка трубки	Применяемость в статическом состоянии			
ТВ-40	При температуре от минус 40 до плюс 70 °С			
ТВ-40Т	При температуре от минус 40 до плюс 70 °С			
ТВ-40А	При температуре от минус 40 до плюс 105 °С			
ТВ-50	При температуре от минус 50 до плюс 70 °С			
ТВ-50-14	То же, с улучшенными изоляционными свойствами			
ТВ-60	При температуре от минус 60 до плюс 70 °С			
Номинальный размер трубки, мм (внутренний диаметр×толщину)	Теоретическая масса 1 м трубки, г, марки			
	ТВ-40; ТВ-40Т; ТВ-50-14	ТВ-50	ТВ-60	ТВ-40А
0,5×0,3	0,97	0,92	0,9	0,93
0,75×0,3	1,27	1,21	1,19	1,23
1×0,4	2,26	2,15	2,11	2,18
1,5×0,4	3,06	2,92	2,87	2,96
1,75×0,4	3,47	3,3	3,24	3,35
2×0,4	3,87	3,69	3,62	3,74
2×1	12,09	11,53	11,31	11,69
2,5×0,4	4,68	4,46	4,37	4,52
3×0,4	5,48	5,23	5,13	5,3
3×1	16,12	15,37	15,08	15,58
3,5×0,4	6,29	5,99	5,88	6,08
4,0×0,6	11,12	10,6	10,4	10,75
4×1,2	25,45	23,98	23,52	24,31
4,5×0,6	12,33	11,76	11,54	11,92
4,5×1,2	27,57	26,28	25,79	26,65
5×0,6	13,54	12,91	12,67	13,09
5×1,2	29,99	28,59	28,05	28,98
6×0,6	15,96	15,21	14,93	15,43
7×0,6	18,38	17,52	17,19	17,76
8×0,6	20,8	19,83	19,45	20,1
9×0,6	23,22	22,13	21,71	22,44
10×0,7	30,19	28,78	28,24	29,18
12×0,7	35,83	34,16	33,51	34,63
14×0,7	41,48	39,51	38,79	40,09
16×0,9	61,31	58,44	57,34	59,25
18×0,9	68,56	65,36	64,13	66,26
20×1,15	98,04	93,45	91,69	94,75
22×1,15	107,31	102,29	100,36	103,71
25×1,15	121,21	115,54	113,37	117,15
30×1,4	177,19	168,9	165,73	171,25
35×1,4	205,4	195,8	192,11	198,52
40×1,75	294,49	280,72	275,44	284,62
50×4,5	988,52	942,29	924,57	955,39

Труба гофрированная ПВХ гибкая легкая

Может быть с зондом и без зонда для протяжки кабеля

Внешний диаметр гофрированной трубы (D), мм	Внутренний диаметр гофрированной трубы (d), мм	Единица измерения (для гофрированных труб)	Количество в бухте, м
16	10,7	м	100
20	14,1	м	100
25	18,3	м	50
32	24,3	м	25
40	31,2	м	20
50	39,6	м	15

Рукава гибкие металлические (металлорукав)

Герметичные металлорукава типа P1, P2 предназначены для перемещения под давлением до 1,4 Мпа порошкообразных и жидких веществ с температурой до +300 С.

Рукава гибкие металлические негерметичные типа P3 предназначены для предохранения проводов, кабелей и т.д. от механических повреждений, для вентиляционных систем и транспортирования порошкообразных и сыпучих веществ с температурой до +110 С - для рукавов с хлопчатобумажным уплотнением и до +300 С - для рукавов с асбестовым уплотнением. По требованию потребителей рукава оплетаются стальной проволокой.

Рукава изготавливаются из следующих материалов: С - стальная лента; Ц – стальная оцинкованная лента; Н - нержавеющая лента; Л - латунная лента; Ал - алюминиевая лента.

Материал уплотнения: Х - хлопчатобумажное; А – асбестовое

Материал оплетки: О - стальная оцинкованная проволока; ОН - стальная нержавеющая проволока.

Климатическое исполнение рукавов по ГОСТ 15150-69: У - умеренное, температура окружающей среды от - 50 С до + 45 С. Т - тропическое, температура окружающей среды от - 10 С до + 55 С.

Форма сечения рукавов P3: круглая не обозначается, Г - граненая.

Примеры обозначения металлорукава при заказе:

P3-Ц-Х-50-1500-У3

Типа P3 из стальной оцинкованной ленты с хлопчатобумажным уплотнением; диаметром условного прохода 50 мм, в количестве 1500 м, исполнения У, категории 3

P1-Ц-А-4-1000-01

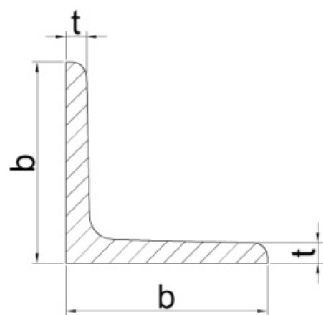
Типа P1 из стальной оцинкованной ленты с асбестовым уплотнением, диаметром условного прохода 4 мм, в количестве 1000 м, исполнение О, категории 1

Обозначение	Условный проход	Наименьший внутренний диаметр, мм	Наибольший наружный диаметр, мм	Наименьший эксплуатацион. радиус, мм	Масса 1 п.м.	Рабочее давление МПа
P1-Н-Х	4	3,8	7,7	100	0,14	1,2
P1-Ц-А P1-Н-А	4	3,8	7,7	100	0,14	1,2
	6	5,5	10	120	0,16	1,2
	10	9,3	14	150	0,28	1
	50	48	62	600	3,5	0,7
	80	77	92	1100	5,4	0,5
	100	97	113	1200	6,5	0,5
P2-Н-А P2-Ц-А	15	14	20,2	210	0,6	1,4
	20	19	28	300	1	1,2
	25	23,5	33	350	1,27	1,2
	32	30	38	450	1,6	1,2
	40	38	48	550	2,2	1,2
	50	48	58	600	2,4	1,2
P3-Н	4	3,7	7,2	25	30	0,06
P3-Н P3-Н-Х	6	5,1	9,7	35	30	0,08
	8	7,8	11,4	35	40	0,14
	10	9,5	13,3	55	45	0,16
	12	10,9	16,9	60	70	0,25
	15	13,9	19,9	75	80	0,3
	18	16,9	22,9	75	85	0,4
	20	18,7	25,1	90	100	0,45

Обозначение	Условный проход	Наименьший внутренний диаметр, мм	Наибольший наружный диаметр, мм	Наименьший эксплуатацион. радиус, мм	Масса 1 п.м.	Рабочее давление МПа
РЗ-Ц РЗ-Ц-Х	3,8	3	6,2	40	15	0,04
	6	5,1	9,3	40	30	0,11
	8	7,8	11,6	40	40	0,14
	10	9,1	13,9	65	45	0,16
	12	10,9	15,9	75	70	0,19
	15	13,9	18,9	75	80	0,23
	18	16,9	21,9	90	85	0,26
	20	18,7	24	90	100	0,3
	22	20,7	26	110	100	0,36
	25	23,7	30,8	110	110	0,55
	32	30,4	38	150	130	0,65
	38	36,4	44	180	150	
	50	46,5	58,7	245	250	1,3
РЗ-Ц-Х-0	6	5,1	9,3	35	30	0,21
	8	7,8	11,6	40	40	0,25
	10	9,1	13,9	55	45	0,33
РЗ-Ц-А	25	23,7	30,8	130	110	0,55
	38	36,4	44	250	150	0,75
	50	46,5	58,7	250	250	1,3
	60	56,6	70,3	300	250	1,4
	75	71,5	85,5	500	250	2
	100	96	111	600	250	2,5
РЗ-Ц-А-Г	115	113	125	600	---	3,5
	125	123	135	600	---	3,8
	150	148	160	800	---	4,7
	175	173	185	900	---	5,5
	200	198	210	1000	---	6
	250	248	260	1300	---	
	300	298	310	1500	---	8
	350	348	360	1800	---	9
РЗ-Л	12	11,8	16,4	50	50	0,24

Строительные конструкции

Уголки стальные горячекатаные равнополочные ГОСТ 8509-93



плотность горячекатаной стали принята: $7,85 \text{ г/см}^3 = 7850 \text{ кг/м}^3$

Таблица: размеры уголка и масса 1 м

Номер уголка	Размеры		Масса 1 м, кг
	b, мм	t, мм	
2	20	3	0.89
		4	1.15
2.5	25	3	1.12
		4	1.46
2.8	28	3	1.27
3	30	3	1.36
		4	1.78
3.2	3	3	1.46
		4	1.91
3.5	35	3	1.60
		4	2.10
		5	2.58
4	40	3	1.85
		4	2.42
		5	2.98
4.5	45	3	2.08
		4	2.73
		5	3.37
5	50	3	2.32
		4	3.05
		5	3.77
		6	4.47

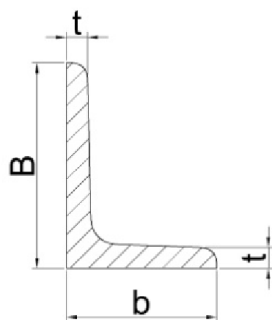
Таблица: размеры уголка и масса 1 м

Номер уголка	Размеры		Масса 1 м, кг
	b, мм	t, мм	
7.5	75	5	5.80
		6	6.89
		7	7.96
		8	9.02
		9	10.07
8	80	5.5	6.78
		6	7.36
		7	8.51
		8	9.65
9	90	6	8.33
		7	9.64
		8	10.93
		9	12.2
10	100	6.5	10.06
		7	10.79
		8	12.25
		10	15.10
		12	17.90
		14	20.63
11	110	16	23,3
		7	11.89
12.5	125	8	13.50
		8	15.46
		9	17.3
		10	19.10
		12	22.68
		14	26.2
14	140	16	29.65
		9	19.41
		10	21.45
16	160	12	25.50
		10	24.67
		11	27.02
		12	29.35
		14	34.2
		16	38.52
		18	43.01
18	180	20	47.41
		11	30.47
		12	33.12

Таблица: размеры уголка и масса 1 м			
Номер уголка	Размеры		Масса 1 м, кг
	b, мм	t, мм	
5.6	56	4	3.44
		5	4.25
6.3	63	4	3.90
		5	4.81
		6	5.72
7	70	4.5	4.87
		5	5.38
		6	6.39
		7	7.39
		8	8.37

Таблица: размеры уголка и масса 1 м			
Номер уголка	Размеры		Масса 1 м, кг
	b, мм	t, мм	
20	200	12	36,97
		14	42,80
		16	48,65
		20	60,08
		25	74,02
25	250	16	61,55
		18	68,86
		20	76,11
		30	111,44

Уголки стальные горячекатаные неравнополочные ГОСТ 8510-86



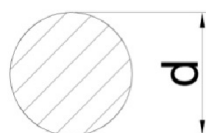
№ уголка	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
1	2	3	4	6
2,5/1,6	25	16	3	0,91
3,2/2	32	20	3	1,17
			4	1,52
4/2,5	40	25	3	1,48
			4	1,94
4,5/2,8	45	28	3	2,14
			4	2,80
5/3,2	50	32	3	2,42
			4	3,17
5,6/3,6	56	36	3,5	3,16
			4	3,58
			5	4,41
6,3/4,0	63	40	4	4,04
			5	4,98
			6	5,90
			8	7,68
7/4,5	70	45	4,5	5,07
			5	5,59
7,5/5	75	50	5	6,11
			6	7,25
			8	9,47

№ уголка	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
8/5	80	50	5	6,36
			6	7,55
9/5,6	90	56	5,5	7,86
			6	8,54
			8	11,18
10/6,3	100	63	6	9,56
			7	11,1
			8	12,6
			10	15,5
11/7	110	70	6,5	11,4
			7	12,3
			8	13,9
12,5/8	125	80	7	14,1
			8	16
			10	19,7
			12	23,4
14/9	140	90	8	18
			10	22,2
16/10	160	100	9	22,9
			10	25,3
			12	30
			14	34,7
18/11	180	110	10	28,3
			12	33,7
20/12,5	200	125	11	34,9
			12	37,9
			14	43,9
			16	49,8
25/16	250	160	12	48,3
			16	63,6
			18	71,1
			20	78,5

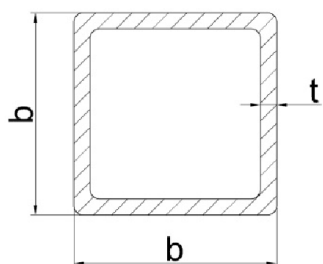
Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый ГОСТ 2590-2006

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Масса 1 м профиля, кг
5	19,635	0,154
5,5	23,758	0,186
6	28,274	0,222
6,3	31,172	0,245
6,5	33,183	0,260
7	38,485	0,302
8	50,265	0,395
9	63,617	0,499
10	78,540	0,616
11	95,033	0,746
12	113,097	0,888
13	132,732	1,04
14	153,938	1,21
15	176,715	1,39
16	201,062	1,58
17	226,980	1,78
18	254,469	2,00
19	283,529	2,23
20	314,159	2,47
21	346,361	2,72
22	380,133	2,980
23	415,476	3,260
24	452,389	3,55
25	490,874	3,85
26	530,929	4,17
27	572,555	4,83
28	615,752	5,18
29	660,520	5,55
30	706,858	5,92
31	754,768	6,31
32	804,248	6,71
33	855,299	7,13
34	907,920	7,55
35	962,113	7,99
37	1075,210	8,44
38	1134,115	8,90
39	1194,591	9,38
40	1256,637	9,86
41	1320,254	10,33
42	1385,442	10,88
43	1452,201	11,40
44	1520,531	11,94
45	1590,431	12,48
46	1661,903	13,05
47	1734,945	13,61
48	1809,557	14,20
50	1963,495	15,42
52	2123,717	16,67
53	2206,183	17,32
54	2290,221	17,97

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Масса 1 м профиля, кг
55	2375,829	18,65
56	2463,009	19,33
58	2642,079	20,74
60	2827,433	22,19
62	3019,071	23,70
63	3117,245	24,47
65	3318,307	26,05
67	3525,652	27,68
68	3631,681	28,51
70	3848,451	30,21
72	4071,504	31,96
75	4417,865	34,68
78	4778,362	37,51
80	5026,548	39,46
82	5281,017	41,46
85	5674,502	44,54
87	5944,679	46,64
90	6361,725	49,94
92	6647,610	52,16
95	7088,218	55,64
97	7389,811	57,98
100	7853,982	61,65
105	8659,015	67,97
110	9503,318	74,60
115	10386,891	81,54
120	11309,734	88,78
125	12271,846	96,33
130	13273,229	104,20
135	14313,882	112,36
140	15393,804	120,84
145	16512,996	129,60
150	17671,459	138,72
155	18869,191	148,05
160	20106,193	157,83
165	21382,465	167,77
170	22698,007	178,18
175	24052,819	188,72
180	25446,900	199,76
185	26880,252	210,91
190	28352,874	222,57
195	29864,765	234,32
200	31415,927	246,62
210	34636,059	271,89
220	38013,271	298,40
230	41547,563	326,15
240	45238,934	355,13
250	49087,385	385,34
260	53092,916	416,57
270	57255,526	449,22



Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций ГОСТ 30245-2003

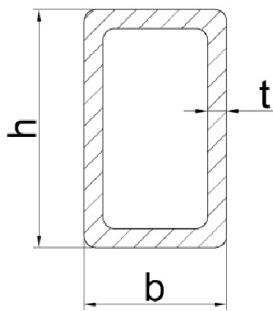


Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
40	40	2,0	2,31
		2,5	2,82
		3,0	3,30
		3,5	3,76
		4,0	4,20
50	50	2,0	2,93
		2,5	3,60
		3,0	4,25
		3,5	4,86
		4,0	5,45
		4,5	6,02
		5,0	6,56
		5,5	7,07
60	60	2,0	3,56
		2,5	4,39
		3,0	5,19
		3,5	5,96
		4,0	6,71
		4,5	7,43
		5,0	8,13
		5,5	8,80
70	70	2,0	4,19
		2,5	5,17
		3,0	6,13
		3,5	7,06
		4,0	7,97
		4,5	8,85
		5,0	9,70
		5,5	10,53

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
140	140	4,0	16,76
		4,5	18,74
		5,0	20,69
		5,5	22,62
		6,0	24,52
		6,5	26,11
		7,0	27,91
		7,5	29,69
150	150	8,0	31,43
		4,0	18,01
		4,5	20,15
		5,0	22,26
		5,5	24,34
		6,0	26,40
		6,5	28,15
		7,0	30,11
160	160	7,5	32,04
		8,0	33,95
		4,0	19,27
		4,5	21,56
		5,0	23,83
		5,5	26,07
		6,0	28,29
		6,5	30,19
180	180	7,0	32,31
		7,5	34,40
		8,0	36,46
		5,0	26,97
		5,5	29,52
		6,0	32,05
		6,5	34,27
		7,0	36,70
		7,5	39,11
		8,0	41,48
		8,5	43,83
		9,0	46,14
		9,5	48,43
		10,0	50,68

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
80	80	3,0	7,07
		3,5	8,16
		4,0	9,22
		4,5	10,26
		5,0	11,27
		5,5	12,25
		6,0	13,21
		6,5	13,86
		7,0	14,72
		7,5	15,56
		8,0	16,36
90	90	3,0	8,01
		3,5	9,26
		4,0	10,48
		4,5	11,67
		5,0	12,84
		5,5	13,98
		6,0	15,10
		6,5	15,90
		7,0	16,92
		7,5	17,91
		8,0	18,87
100	100	3,0	8,96
		3,5	10,36
		4,0	11,73
		4,5	13,08
		5,0	14,41
		5,5	15,71
		6,0	16,98
		6,5	17,94
		7,0	19,12
		7,5	20,27
		8,0	21,39
120	120	3,0	10,84
		3,5	12,56
		4,0	14,25
		4,5	15,91
		5,0	17,55
		5,5	19,16
		6,0	20,75
		6,5	22,03
		7,0	23,52
		7,5	24,98
		8,0	26,41

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
200	200	6,0	35,82
		6,5	38,35
		7,0	41,10
		7,5	43,82
		8,0	46,51
		8,5	49,16
		9,0	51,79
		9,5	54,39
		10,0	56,96
		10,5	58,76
		11,0	61,20
		11,5	63,61
		12,0	65,99
250	250	6,0	45,24
		6,5	48,56
		7,0	52,09
		7,5	55,59
		8,0	59,07
		8,5	62,51
		9,0	65,92
		9,5	69,31
		10,0	72,66
		10,5	75,25
		11,0	78,47
		11,5	81,67
		12,0	84,83
300	300	6,0	54,66
		6,5	58,76
		7,0	63,08
		7,5	67,37
		8,0	71,63
		8,5	75,85
		9,0	80,05
		9,5	84,22
		10,0	88,36
		10,5	91,73
		11,0	95,74
		11,5	99,72
		12,0	103,7



Размеры, мм			Масса 1 м, кг
B	b	t	
50	25	2,0	2,15
		2,5	2,62
		3,0	3,07
		3,5	3,49
		4,0	3,88
50	30	2,0	2,31
		2,5	2,82
		3,0	3,30
		3,5	3,76
		4,0	4,20
		5,0	4,99
50	40	2,0	2,62
		2,5	3,21
		3,0	3,77
		3,5	4,31
		4,0	4,83
		4,5	5,31
60	30	5,0	5,77
		2,0	2,93
		2,5	3,21
		3,0	3,77
		3,5	4,31
		4,0	4,83
60	40	4,5	5,31
		5,0	5,77
		5,5	6,21
		6,0	6,62
		2,0	2,93
		2,5	3,60
60	40	3,0	4,25
		3,5	4,86
		4,0	5,45
		4,5	6,02
		5,0	6,56

Размеры, мм			Масса 1 м, кг
B	b	t	
160	120	4,0	16,76
		4,5	18,74
		5,0	20,69
		5,5	22,62
		6,0	24,52
		6,5	26,11
		7,0	27,91
		7,5	29,69
		8,0	31,43
160	140	5,0	22,26
		5,5	24,34
		6,0	26,40
		6,5	28,15
		7,0	30,11
		7,5	32,04
180	60	8,0	33,95
		4,0	14,25
		4,5	15,91
		5,0	17,55
		5,5	19,16
		6,0	20,75
		6,5	22,03
		7,0	23,52
		7,5	24,98
180	80	8,0	26,41
		4,0	15,50
		4,5	17,32
		5,0	19,12
		5,5	20,89
		6,0	22,63
		6,5	24,07
		7,0	25,71
		7,5	27,33
180	100	8,0	28,92
		4,0	16,76
		4,5	18,74
		5,0	20,69
		5,5	22,62
		6,0	24,52
		6,5	26,11
		7,0	27,91
		7,5	29,69
		8,0	31,43

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
70	50	2,0	3,56
		2,5	4,39
		3,0	5,19
		3,5	5,96
		4,0	6,71
		4,5	7,43
		5,0	8,13
		5,5	8,80
		6,0	9,45
80	40	2,0	3,56
		2,5	4,39
		3,0	5,19
		3,5	5,96
		4,0	6,71
		4,5	7,43
		5,0	8,13
		5,5	8,80
		6,0	9,45
80	60	2,0	4,19
		2,5	5,17
		3,0	6,13
		3,5	7,06
		4,0	7,97
		4,5	8,85
		5,0	9,70
		5,5	10,53
		6,0	11,33
		6,5	11,82
		7,0	12,53
80	70	3,0	6,60
		3,5	7,61
		4,0	8,59
		4,5	9,55
		5,0	10,48
		5,5	11,39
		6,0	12,27
		6,5	12,84
		7,0	13,63
90	50	3,0	6,13
		3,5	7,06
		4,0	7,97
		4,5	8,85
		5,0	9,70
		5,5	10,53
		6,0	11,33
		6,5	11,82
		7,0	12,53
90	60	3,0	6,60
		3,5	7,61
		4,0	8,59
		4,5	9,55
		5,0	10,48
		5,5	11,39
		6,0	12,27
		7,0	13,63

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
180	140	4,0	19,27
		4,5	21,56
		5,0	23,83
		5,5	26,07
		6,0	28,29
		6,5	30,19
		7,0	32,31
		7,5	34,40
		8,0	36,46
200	40	4,0	14,25
		4,5	15,91
		5,0	17,55
		5,5	19,16
		6,0	20,75
		6,5	22,03
		7,0	23,52
200	80	4,0	16,76
		4,5	18,74
		5,0	20,69
		5,5	22,62
		6,0	24,52
		6,5	26,11
		7,0	27,91
		7,5	29,69
		8,0	31,43
200	100	4,0	18,01
		4,5	20,15
		5,0	22,26
		5,5	24,34
		6,0	26,40
		6,5	28,15
		7,0	30,11
		7,5	32,04
		8,0	33,95
200	120	4,0	19,27
		4,5	21,56
		5,0	23,83
		5,5	26,07
		6,0	28,29
		6,5	30,19
		7,0	32,31
		7,5	34,40
		8,0	36,46
200	160	5,0	26,97
		5,5	29,52
		6,0	32,05
		6,5	34,27
		7,0	36,70
		7,5	39,11
		8,0	41,48
		8,5	43,83
		9,0	46,14
		9,5	48,43
		10,0	50,68

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
100	40	3,0	6,13
		3,5	7,06
		4,0	7,97
		4,5	8,85
		5,0	9,70
		5,5	10,53
		6,0	11,33
		6,5	11,82
		7,0	12,53
100	50	3,0	6,60
		3,5	7,61
		4,0	8,59
		4,5	9,55
		5,0	10,48
		5,5	11,39
		6,0	12,27
		6,5	12,84
		7,0	13,63
100	60	3,0	7,07
		3,5	8,16
		4,0	9,22
		4,5	10,26
		5,0	11,27
		5,5	12,25
		6,0	13,21
		6,5	13,86
		7,0	14,72
120	40	3,0	7,07
		3,5	8,16
		4,0	9,22
		4,5	10,26
		5,0	11,27
		5,5	12,25
		6,0	13,21
		6,5	13,86
		7,0	14,72
120	60	3,0	8,01
		3,5	9,26
		4,0	10,48
		4,5	11,67
		5,0	12,84
		5,5	13,98
		6,0	15,10
		6,5	15,90
		7,0	16,92

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
220	100	4,0	19,27
		4,5	21,56
		5,0	23,83
		5,5	26,07
		6,0	28,29
		6,5	30,19
		7,0	32,31
		7,5	34,40
		8,0	36,46
220	140	5,0	26,97
		5,5	29,52
		6,0	32,05
		6,5	34,27
		7,0	36,70
		7,5	39,11
		8,0	41,48
240	120	5,0	26,97
		5,5	29,52
		6,0	32,05
		6,5	34,27
		7,0	36,70
		7,5	39,11
		8,0	41,48
240	160	6,0	35,82
		6,5	38,35
		7,0	41,10
		7,5	43,82
		8,0	46,51
		8,5	49,16
		9,0	51,79
		9,5	54,39
		10,0	56,96
		10,5	58,76
		11,0	61,20
		11,5	63,61
		12,0	65,99
250	150	6,0	35,82
		6,5	38,35
		7,0	41,10
		7,5	43,82
		8,0	46,51

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
120	80	3,0	8,96
		3,5	10,36
		4,0	11,73
		4,5	13,08
		5,0	14,41
		5,5	15,71
		6,0	16,98
		6,5	17,94
		7,0	19,12
140	60	3,0	8,96
		3,5	10,36
		4,0	11,73
		4,5	13,08
		5,0	14,41
		5,5	15,71
		6,0	16,98
		6,5	17,94
		7,0	19,12
140	100	4,0	14,25
		4,5	15,91
		5,0	17,55
		5,5	19,16
		6,0	20,75
		6,5	22,03
		7,0	23,52
140	120	4,0	15,50
		4,5	17,32
		5,0	19,12
		5,5	20,89
		6,0	22,63
		6,5	24,07
		7,0	25,71
		7,5	27,33
		8,0	28,92

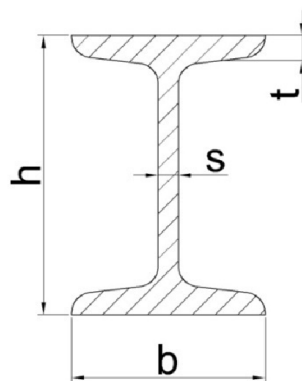
Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
260	130	6,0	34,88
		6,5	37,33
		7,0	40,00
		7,5	42,64
		8,0	45,25
		8,5	47,83
		9,0	50,38
		9,5	52,90
		10,0	55,39
		10,5	57,12
		11,0	59,48
		11,5	61,81
		12,0	64,10
300	100	6,0	35,82
		6,5	38,35
		7,0	41,10
		7,5	43,82
		8,0	46,51
		8,5	49,16
		9,0	51,79
		9,5	54,39
		10,0	56,96
300	200	6,0	45,24
		6,5	48,56
		7,0	52,09
		7,5	55,59
		8,0	59,07
		8,5	62,51
		9,0	65,92
		9,5	69,31
		10,0	72,66
		10,5	75,25
		11,0	78,47
		11,5	81,67
		12,0	84,83
320	180	6,0	45,24
		6,5	48,56
		7,0	52,09
		7,5	55,59
		8,0	59,07
		8,5	62,51
		9,0	65,92
		9,5	69,31
		10,0	72,66
		10,5	75,25
		11,0	78,47
		11,5	81,67
		12,0	84,83

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
150	100	4,0	14,87
		4,5	16,62
		5,0	18,33
		5,5	20,03
		6,0	21,69
		6,5	23,05
		7,0	24,62
160	40	3,0	8,96
		3,5	10,36
		4,0	11,73
		4,5	13,08
		5,0	14,41
		5,5	15,71
		6,0	16,98
		6,5	17,94
		7,0	19,12
160	80	4,0	14,25
		4,5	15,91
		5,0	17,55
		5,5	19,16
		6,0	20,75
		6,5	22,03
		7,0	23,52
160	100	4,0	15,50
		4,5	17,32
		5,0	19,12
		5,5	20,89
		6,0	22,63
		6,5	24,07
		7,0	25,71
		7,5	27,33
		8,0	28,92

Размеры, мм			Масса 1м, кг
<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	
350	250	6,0	54,66
		6,5	58,76
		7,0	63,08
		7,5	67,37
		8,0	71,63
		8,5	75,85
		9,0	80,05
		9,5	84,22
		10,0	88,36
		10,5	91,73
		11,0	95,74
		11,5	99,72
		12,0	103,7
350	300	6,0	59,37
		6,5	63,87
		7,0	68,58
		7,5	73,26
		8,0	77,91
		8,5	82,53
		9,0	87,12
		9,5	91,68
		10,0	96,21
		10,5	99,98
		11,0	104,4
		11,5	108,7
		12,0	113,1
380	220	6,0	54,66
		6,5	58,76
		7,0	63,08
		7,5	67,37
		8,0	71,63
400	200	10,0	88,36
		10,5	91,73
		11,0	95,74
		11,5	99,72
		12,0	103,7

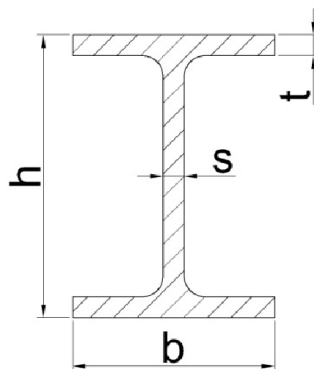
Двутавры стальные горячекатаные ГОСТ 8239-89

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
10	100	55	4,5	7,2	9,46
12	120	64	4,8	7,3	11,50
14	140	73	4,9	7,5	13,70
16	160	81	5,0	7,8	15,90
18	180	90	5,1	8,1	18,40
20	200	100	5,2	8,4	21,00
22	220	110	5,4	8,7	24,00
24	240	115	5,6	9,5	27,30
27	270	125	6,0	9,8	31,50
30	300	135	6,5	10,2	36,50
33	330	140	7,0	11,2	42,20
36	360	145	7,5	12,3	48,60
40	400	155	8,3	13,0	57,00
45	450	160	9,0	14,2	66,50
50	500	170	10,0	15,2	78,50
55	550	180	11,0	16,5	92,60
60	600	190	12,0	17,8	108,00



Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок ГОСТ 26020-

Б — нормальные двутавры;
 Ш — широкополочные двутавры;
 К — колонные двутавры.



Нормальные

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
10Б1	100	55	4,1	5,7	8,1
12Б1	117,6	64	3,8	5,1	8,7
12Б2	120	64	4,4	6,3	10,4
14Б1	137,4	73	3,8	5,6	10,5
14Б2	140	73	4,7	6,9	12,9
16Б1	157	82	4,0	5,9	12,7
16Б2	160	82	5,0	7,4	15,8
18Б1	177	91	4,3	6,5	15,4
18Б2	180	91	5,3	8,0	18,8

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
40Б1	392	165	7,0	9,5	48,1
40Б2	396	165	7,5	11,5	54,7
45Б1	443	180	7,8	11,0	59,8
45Б2	447	180	8,4	13,0	67,5
50Б1	492	200	8,8	12,0	73,0
50Б2	496	200	9,2	14,0	80,7
55Б1	543	220	9,5	13,5	89,0
55Б2	547	220	10,0	15,5	97,9
60Б1	593	230	10,5	15,5	106,2
60Б2	597	230	11,0	17,5	115,6

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
20Б1	200	100	5,6	8,5	22,4
23Б1	230	110	5,6	9,0	25,8
26Б1	258	120	5,8	8,5	28,0
26Б2	261	120	6,0	10,0	31,2
30Б1	296	140	5,8	8,5	32,9
30Б2	299	140	6,0	10,0	36,6
35Б1	346	155	6,2	8,5	38,9
35Б2	349	155	6,5	10,0	43,3

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
70Б1	691	260	12,0	15,5	129,3
70Б2	697	260	12,5	18,5	144,2
80Б1	791	280	13,5	17,0	159,5
80Б2	798	280	14,0	20,5	177,9
90Б1	893	300	15,0	18,5	194,0
90Б2	900	300	15,5	22,0	213,8
100Б1	990	320	16,0	21,0	230,6
100Б2	998	320	17,0	25,0	258,2
100Б3	1006	320	18,0	29,0	285,7
100Б4	1013	320	19,5	32,5	314,5

Широкополочные

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
20Ш1	193	150	6,0	9,0	30,6
23Ш1	226	155	6,5	10,0	36,2
26Ш1	251	180	7,0	10,0	42,7
26Ш2	255	180	7,5	12,0	49,2
30Ш1	291	200	8,0	11,0	53,6
30Ш2	295	200	8,5	13,0	61,0
30Ш3	299	200	9,0	15,0	68,3
35О1	338	250	9,5	12,5	75,1
35Ш2	341	250	10,0	14,0	82,2
35Ш3	345	250	10,5	16,0	91,30

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
40Ш1	388	300	9,5	14,0	96,1
40Ш2	392	300	11,5	16,0	111,1
40Ш3	396	300	12,5	18,0	123,4
50Ш1	484	300	11,0	15,0	114,4
50Ш2	489	300	14,5	17,5	138,7
50Ш3	495	300	15,5	20,5	156,4
50Ш4	501	300	16,5	23,5	174,1
60Ш1	580	320	12,0	17,0	142,1
60Ш2	587	320	16,0	20,5	176,9
60Ш3	595	320	18,0	24,5	205,5
60Д14	603	320	20,0	28,5	234,2
70Ш1	683	320	13,5	19,0	169,9
70Ш2	691	320	15,0	23,0	197,6
70Ш3	700	320	18,0	27,5	235,4
70Ш4	708	320	20,5	31,5	261,1
70Ш5	718	320	23,0	36,5	305,9

Колонные

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
20K1	195	200	6,5	10,0	41,5
20K2	198	200	7,0	11,5	46,9
23K1	227	240	7,0	10,5	52,2
23K2	230	240	8,0	12,0	59,5
26K1	255	260	8,0	12,0	65,2
26K2	258	260	9,0	13,5	73,2
26K3	262	260	10,0	15,5	83,1

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
30K1	296	300	9,0	13,5	84,8
30K2	300	300	10,0	15,5	96,3
30K3	304	300	11,5	17,5	108,9
35K1	343	350	10,0	15,0	109,7
35K2	348	350	11,0	17,5	125,9
35K3	353	350	13,0	20,0	144,5
40K1	393	400	11,0	16,5	138,0
40K2	400	400	13,0	20,0	165,6
40K3	409	400	16,0	24,5	202,3
40K4	419	400	19,0	29,5	242,2
40K5	431	400	23,0	35,5	291,2

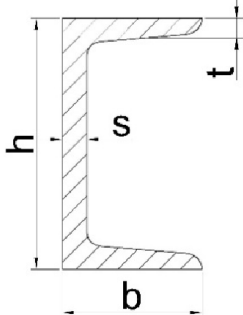
Дополнительной серии (Д)

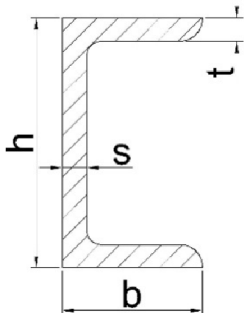
Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
24ДБ1	239	115	5,5	9,3	27,8
27ДБ1	269	125	6,0	9,5	31,9
36ДБ1	360	145	7,2	12,3	49,1
35ДБ1	349	127	5,8	8,5	33,6
40ДБ1	399	139	6,2	9,0	39,7
45ДБ1	450	152	7,4	11,0	52,6
45ДБ2	450,0	180,0	7,6	13,3	65,0

Номер двутавра	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	
30ДШ1	300,6	201,9	9,4	16,0	72,7
40ДШ1	397,6	302,0	11,5	18,7	124,0
50ДШ1	496,2	303,8	14,2	21,0	155,0

Швеллеры стальные горячекатаные ГОСТ 8240-97

У – с уклоном внутренних граней полок;
 П – с параллельными гранями полок;
 Э – экономичные с параллельными гранями полок;
 Л – легкой серии с параллельными гранями полок;
 С – специальные.

Швеллеры с уклоном внутренних граней полок					
					
№ швеллера	h	b	s	t	Масса 1 м, кг
	мм				
5У	50	32	4,4	7,0	4,84
6.5У	65	36	4,4	7,2	5,90
8У	80	40	4,5	7,4	7,05
10У	100	46	4,5	7,6	8,59
12У	120	52	4,8	7,8	10,40
14У	140	58	4,9	8,1	12,30
16У	160	64	5,0	8,4	14,20
16аУ	160	68	5,0	9,0	15,30
18У	180	70	5,1	8,7	16,30
18аУ	180	74	5,1	9,3	17,40
20У	200	76	5,2	9,0	18,40
22У	220	82	5,4	9,5	21,00
24У	240	90	5,6	10,0	24,00
27У	270	95	6,0	10,5	27,70
30У	300	100	6,5	11,0	31,80
33У	330	105	7,0	11,7	36,50
36У	360	110	7,5	12,6	41,90
40У	400	115	8,0	13,5	48,30

Швеллеры с параллельными гранями полок					
					
№ швеллера	h	b	s	t	Масса 1 м, кг
	мм				
5П	50	32	4,4	7,0	4,84
6.5П	65	36	4,4	7,2	5,90
8П	80	40	4,5	7,4	7,05
10П	100	46	4,5	7,6	8,59
12П	120	52	4,8	7,8	10,40
14П	140	58	4,9	8,1	12,30
16П	160	64	5,0	8,4	14,20
16аП	160	68	5,0	9,0	15,30
18П	180	70	5,1	8,7	16,30
18аП	180	74	5,1	9,3	17,40
20П	200	76	5,2	9,0	18,40
22П	220	82	5,4	9,5	21,00
24П	240	90	5,6	10,0	24,00
27П	270	95	6,0	10,5	27,70
30П	300	100	6,5	11,0	31,80
33П	330	105	7,0	11,7	36,50
36П	360	110	7,5	12,6	41,90
40П	400	115	8,0	13,5	48,30

Швеллеры экономичные с параллельными гранями полков					
№ швел- лера	h	b	s	t	Масса 1 м, кг
	мм				
5Э	50	32	4,2	7,0	4,79
6,5Э	65	36	4,2	7,2	5,82
8Э	80	40	4,2	7,4	6,92
10Э	100	46	4,2	7,6	8,47
12Э	120	52	4,5	7,8	10,24
14Э	140	58	4,6	8,1	12,15
16Э	160	64	4,7	8,4	14,01
18Э	180	70	4,8	8,7	16,01
20Э	200	76	4,9	9,0	18,07
22Э	220	82	5,1	9,5	20,69
24Э	240	90	5,3	10,0	23,69
27Э	270	95	5,8	10,5	27,37
30Э	300	100	6,3	11,0	31,35
33Э	330	105	6,9	11,7	36,14
36Э	360	110	7,4	12,6	41,53
40Э	400	115	7,9	13,5	47,97

Швеллеры специальные					
№ швел- лера	h	b	s	t	Масса 1 м, кг
	мм				
8С	80	45	5,5	9,0	11,80
14С	140	58	6,0	9,5	18,51
14Ca	140	60	8,0	9,5	21,30
16С	160	63	6,5	10,0	21,95
16Ca	160	65	8,5	10,0	25,15
18С	180	68	7,0	10,5	25,70
18Ca	180	70	9,0	10,5	29,30
18Сб	180	100	8,0	10,5	34,04
20С	200	73	7,0	11,0	28,83
20Ca	200	75	9,0	11,0	32,83
20Сб	200	100	8,0	11,0	36,58
24С	240	85	9,5	14,0	44,46
26С	260	65	10,0	16,0	44,09
26Ca	260	90	10,0	15,0	50,60

Швеллеры легкой серии с параллельными гранями полков					
№ швел- лера	h	b	s	t	Масса 1 м, кг
	мм				
12Л	120	30	3,0	4,8	5,02
14Л	140	32	3,2	5,6	5,94
16Л	160	35	3,4	5,3	7,10
18Л	180	40	3,6	5,6	8,49
20Л	200	45	3,8	6,0	10,12
22Л	220	50	4,0	6,4	11,86
24Л	240	55	4,2	6,8	13,66
27Л	270	60	4,5	7,3	16,30
30Л	300	65	4,8	7,8	19,07

Прокат листовой горячекатаный ГОСТ 19903-2015

Сталь изготавливается в листах и в рулонах.

Прокат подразделяется:

1. По точности прокатки при толщине до 12 мм:
 - повышенной точности – А,
 - нормальной точности – Б;
2. По плоскостности:
 - особо высокой плоскостности – ПО,
 - высокой плоскостности – ПВ,
 - улучшенной плоскостности – ПУ,
 - нормальной плоскостности – ПН;
3. По характеру кромки:
 - с необрезной кромкой – НО,
 - с обрезной кромкой – О.

Масса листа стали определяется по формуле:

$$M = 7,85 \cdot L \cdot H \cdot t \text{ (кг)},$$

где 7,85 – плотность стали, г/см³;

L – длина листа стали, м;

H – ширина листа стали, м;

t – толщина листа стали, мм.

Сталь горячекатаная в листах

Толщина листов, мм	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм																		
	600	650	700	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1420	1500	1600	1700	1800	1900
0,5; 0,55; 0,6	1200	1400	1420	1420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,65; 0,7; 0,75	2000	2000	1420	1420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8; 0,9	2000	2000	1420	1420	1500	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	2000	2000	1420	1420	1500	1500	1700	1800	1900	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2; 1,3; 1,4	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2500 3000	-	-	-	-	-	-	-
1,5; 1,6; 1,8	2000	2000	2000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-	-	-	-
2,0; 2,2	2000	2000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-	-	-	-
2,5; 2,8	2000	2000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-	-	-	-
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	2000	2000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-
4,0; 4,5; 5,0	-	-	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-
6,0; 7,0	-	-	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	-
8,0; 9,0; 10	-	-	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000
11; 12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000
13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2500 6500	2500 6500	2500 12000	2500 12000	2500 12000	3000 12000	3000 11000	3500 10000	4000 10000	4000 10000
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2500 12000	2500 12000	2500 12000	3000 12000	3000 12000	3500 12000	3500 12000	4000 12000
42; 45; 48; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 105; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 1,5; 1,6; 1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2500 9000	2500 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000

Толщина листов, мм	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм														
	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3200	3400	3600	3800
0,5; 0,55; 0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,65; 0,7; 0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8; 0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2; 1,3; 1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5; 1,6; 1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0; 2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5; 2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,0; 4,5; 5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,0; 7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,0; 9,0; 10	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	4000 12000	4000 12000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11; 12	3000 10000	3000 10000	3000 10000	3000 9000	4000 9000	4000 9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 25	4000 10000	4500 10000	4500 9000	4500 9000	4000 9000	4000 9000	3500 9000	3500 8200	3500 8200	-	-	-	-	-	-
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	4000 12000	4000 12000	4500 12000	4500 12000	4000 11000	4000 11000	3500 10000	3500 10000	3500 10000	3500 10000	3000 9500	3200 9500	3400 9500	3600 9500	-
42; 45; 48; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 105; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 1,5; 1,6; 1,8	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3200 9000	3400 8500	3600 8000	3600 7000

Сталь горячекатаная в рулонах

Ширина стали, мм	Толщина стали, поставляемой в рулонах, мм
500	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
530	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
550	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
600	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
630	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
650	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
670	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
700	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
(710)	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
750	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
800	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
850	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
900	1,2; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
950	1,2; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1000	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1100	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1250	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1400	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 3,8; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
(1420)	1,5; 1,3; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 3,8; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1500	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 3,8; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1600	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1700	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1800	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0
1900	6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0
2000	6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0
2100	7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0
2200	7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0

Прокат листовой холоднокатаный ГОСТ 19904-90

Сталь изготавливается в листах и в рулонах.

Прокат подразделяется:

1. По точности изготовления по толщине:
 - ВТ - высокая;
 - АТ - повышенная;
 - БТ - нормальная.
2. По точности изготовления по ширине:
 - ВШ - высокая;
 - АШ - повышенная;
 - БШ - нормальная (листовой прокат).
3. По точности изготовления по длине:
 - ВД - высокая;
 - АД - повышенная;
 - БД - нормальная (листовой прокат).
4. По точности изготовления по плоскости (листовой прокат):
 - ПО - особо высокая;
 - ПВ - высокая;
 - ПУ - улучшенная;
 - ПН - нормальная.
5. По характеру кромки:
 - О - обрезная;
 - НО - необрезная.

Масса листа стали определяется по формуле:

$$M = 7,85 \cdot L \cdot H \cdot t \text{ (кг)},$$

где 7,85 – плотность стали, г/см²;

L – длина листа стали, м;

H – ширина листа стали, м;

t – толщина листа стали, мм.

Сталь в листах

Тол- щина листов, мм	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм																										
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1250	1400	1450	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2350	
0,35-0,50	1000	1100	1200	1300	1400	1500			1500					1500													
0,55-0,75	2500	2500	2500	3000	3000	3000			3000					3500													
0,80									1500 3500					1500 4000		2000											
0,90-1,00																4000											
1,10-1,30																				2000 4200							
1,40-2,00	1000	1100	1200	1300	1400	1500 3500								1500 6000								2200* 3500				-	
2,20-2,50	3000	3000	3500	3500	3500									2000				6000		2500							
2,80-3,20														6000						2000 4750							
3,50-3,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000 4500			2000 4750		4750		2500 3500						
4,00-5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														

* При толщине проката 1,5-2,0 мм минимальная длина листа 2000 мм.

Сталь в рулонах

Толщина, мм	Ширина, мм					
	500-1250	1400-1500	1600-1700	1800	1900-2000	2100-2300
0,35-0,50	+	-	-	-	-	-
0,55-0,65	+	+	+	-	-	-
0,70-0,80	+	+	+	+	-	-
0,90-1,00	+	+	+	+	+	-
1,10-1,40	+	+	+	+	+	-
1,50-2,00	+	+	+	+	-	-
2,20-2,50	+	+	+	+	+	+
2,80-3,50	+	+	+	+	-	-
* Изготавливается из низкоуглеродистых марок стали.						

Полоса стальная горячекатаная ГОСТ 103-2006

По точности прокатки полосы изготавливают: повышенной точности – Б; обычной точности – В.

Ширина полосы мм	Масса 1 м полосы в кг при толщине а, мм											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18
11	—	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0,38	0,47	0,56	0,66	0,75	—	—	—	—	—	—	—
14	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	—	—	—	—	—	—	—
16	0,50	0,63	0,75	0,88	1	1,13	1,26	—	1,51	—	—	—
18	0,56	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27	1,41	—	1,70	—	—	—
20	0,63	0,78	0,94	1,10	1,26	1,41	1,57	1,73	1,88	2,20	2,51	—
22	0,69	0,86	1,04	1,21	1,38	1,55	1,73	1,9	2,07	2,42	2,76	3,11
25	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	2,16	2,36	2,75	3,14	3,53
28	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,2	2,42	2,64	3,08	3,52	3,96
30	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12	2,36	2,59	2,83	3,30	3,77	4,24
32	1,00	1,26	1,51	1,76	2,01	2,26	2,51	2,76	3,01	3,52	4,02	4,52
36	1,13	1,41	1,7	1,98	2,26	2,54	2,83	3,11	3,39	3,96	4,56	5,09
40	1,26	1,57	1,88	2,20	2,51	2,83	3,14	3,45	3,77	4,40	5,02	5,65
46	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18	3,53	3,89	4,24	4,95	5,65	6,36
50	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,53	3,92	4,32	4,71	5,50	6,28	7,06
55	1,73	2,16	2,59	3,02	3,45	3,89	4,32	4,75	5,18	6,04	6,91	7,77
60	1,88	2,36	2,83	3,30	3,77	4,24	4,71	5,18	5,65	6,59	7,54	8,48
63	1,98	2,47	2,97	3,46	3,96	4,45	4,95	5,44	5,93	6,92	7,91	8,09
65	2,04	2,56	3,06	3,57	4,08	4,59	5,1	5,61	6,12	7,14	8,16	9,18
70	2,20	2,75	3,30	3,85	4,4	4,95	5,5	6,04	6,59	7,69	8,79	9,89
75	2,36	2,94	3,53	4,12	4,71	5,3	5,89	6,46	7,06	8,24	9,42	10,6
80	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	6,91	7,54	8,79	10,05	11,3
85	2,67	3,34	4,00	4,67	5,34	6,00	6,67	7,34	8,01	9,34	10,68	12,01
90	2,83	3,53	4,24	4,95	5,65	6,36	7,06	7,77	8,48	9,89	11,30	12,72
95	2,98	3,73	4,47	5,22	5,97	6,71	7,46	8,2	8,95	10,44	11,93	13,42
100	3,14	3,92	4,71	5,5	6,28	7,06	7,86	8,64	9,42	10,90	12,66	14,13
105	3,30	4,12	4,95	5,77	6,59	7,42	8,24	9,07	9,89	11,54	13,19	14,84
110	3,45	4,32	5,18	6,04	6,91	7,77	8,64	9,50	10,36	12,09	13,82	15,54
120	3,77	4,71	5,65	6,59	7,54	8,48	9,42	10,36	11,30	13,19	15,07	16,96
125	3,92	4,91	5,89	6,87	7,85	8,83	9,81	10,79	11,78	13,74	15,70	17,66
130	4,08	5,1	6,12	7,14	8,16	9,18	10,2	11,23	12,25	14,29	16,33	18,37
140	4,40	5,50	6,59	7,69	8,79	9,89	10,99	12,09	13,19	15,39	17,58	19,78
150	4,71	5,89	7,06	8,24	9,42	10,60	11,78	12,95	14,13	16,48	18,84	21,2
160	5,02	6,28	7,54	8,79	10,05	11,30	12,56	13,82	15,07	17,58	20,1	22,61
170	5,34	6,67	8,01	9,34	10,68	12,01	13,34	14,68	16,01	18,66,	21,35	24,02
180	5,65	7,06	8,48	9,89	11,30	12,72	14,13	16,54	16,96	19,78	22,61	25,43
190	5,97	7,46	8,95	10,44	11,93	13,42	14,92	16,41	17,90	20,88	23,86	26,85
200	6,28	7,85	9,42	10,99	12,56	14,13	15,7	17,27	18,84	21,98	25,12	28,26

Ширина полосы мм	Масса 1 м полосы в кг при толщине а, мм											
	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	3,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	4,4	4,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	4,71	5,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	5,02	5,53	6,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	5,65	6,22	7,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6,28	6,91	7,85	8,79	9,42	10,05	-	-	-	-	-	-
46	7,06	7,77	8,83	9,89	10,6	11,3	12,72	-	-	-	-	-
50	7,85	8,64	9,81	10,99	11,78	12,56	14,13	15,7	-	-	-	-
55	8,64	9,5	10,79	12,09	12,95	13,82	15,54	17,27	-	-	-	-
60	9,42	10,36	11,78	13,19	14,13	15,07	16,96	18,84	21,2	-	-	-
63	9,89	10,88	12,36	13,85	14,84	15,83	17,8	19,78	22,25	24,73	-	-
65	10,2	11,23	12,76	14,29	15,31	16,33	18,37	20,41	22,96	25,52	-	-
70	10,99	12,09	13,74	15,39	16,48	17,58	19,78	21,98	24,73	-	-	-
75	11,78	12,95	14,72	16,48	17,66	18,84	21,2	23,55	26,49	-	-	-
80	12,56	13,82	15,7	17,58	18,84	20,1	22,61	25,12	28,26	31,4	35,17	-
85	13,34	14,68	16,68	18,68	20,02	21,35	24,02	26,6	30,03	33,36	37,36	40,04
90	14,13	15,54	17,66	19,78	21,2	22,61	25,43	28,26	31,79	35,32	39,56	42,39
95	14,92	16,41	18,64	20,68	22,37	23,86	26,85	29,83	33,56	37,2	41,76	44,74
100	16,7	17,27	19,62	21,98	23,55	25,12	28,26	31,4	35,32	39,25	43,96	47,1
105	16,48	18,13	20,61	23,08	24,73	26,38	29,67	32,97	37,09	41,21	46,16	49,46
110	17,27	19	21,59	24,18	26,9	27,63	31,09	34,54	38,86	43,18	48,35	51,81
120	18,84	20,72	23,55	26,38	28,26	30,14	33,91	37,68	42,39	47,1	52,75	56,52
125	19,62	21,59	24,53	27,43	29,44	31,4	35,32	39,25	44,46	49,06	54,95	58,88
130	20,41	22,46	25,51	28,57	30,62	32,66	36,74	40,82	45,92	51,02	57,14	61,23
140	21,98	24,18	27,48	30,77	32,97	35,17	39,56	43,96	49,46	54,95	61,54	65,94
150	23,55	25,9	20,44	32,97	35,32	37,68	42,39	47,1	52,99	58,88	65,94	70,65
160	26,12	27,63	31,4	35,17	37,68	40,19	45,22	50,24	56,52	62,8	70,33	75,36
170	26,09	29,36	33,36	37,37	40,04	42,7	48,04	53,38	60,05	66,72	74,73	80,07
180	28,26	31,09	35,32	30,56	42,39	45,22	50,87	56,52	63,68	70,65	79,12	84,78
190	29,83	32,81	37,29	41,76	44,74	47,73	53,69	59,66	67,12	74,58	83,52	89,49
200	31,4	34,54	39,25	43,96	47,1	50,24	56,52	62,8	70,65	78,5	87,92	94,2