

СПРАВОЧНИК

ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
И РЕКОНСТРУКЦИИ
ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
НАПРЯЖЕНИЕМ
0,4 - 750 кВ



**Борис Узелков
Анатолий Кравцов
Ефим Гологорский**

**Справочник по строительству и
реконструкции линий электропередачи
напряжением 0,4–750 кВ**

*Текст предоставлен правообладателем
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=261422*

*Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ / под ред. Е. Г. Гологорского.: НЦ ЭНАС; Москва; 2007
ISBN 978-5-93196-733-2*

Аннотация

Систематизированы материалы по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ. Изложены сведения по основным материалам, комплектующим изделиям, трансформаторным подстанциям, распределительным устройствам, строительско-монтажным работам, эксплуатационным материалам, строительным машинам, средствам механизации. Освещены вопросы технического обслуживания и ремонта строительных машин и транспортных средств, охраны труда.

В основу положены материалы Справочника по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–500 кВ.

Настоящее издание дополнено новыми марками опор, линейных изоляторов, арматуры, комплектных трансформаторных подстанций и распределительных устройств, строительных машин и автомобилей, оборудования и средств механизации; приведены данные о новых эксплуатационных материалах и комплектующих изделиях.

Для специалистов, занимающихся проектированием, строительством и реконструкцией линий электропередачи, а также студентов вузов.

Содержание

Предисловие	4
Термины и определения	6
Раздел 1	12
1.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	12
1.1.1. Бетон и железобетон	13
1.1.2. Арматура и стальной прокат	15
1.1.3. Лесные материалы	21
1.2. СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОД ОПОРЫ ВЛ	23
1.2.1. Фундаменты	23
1.2.2. Анкерные плиты и балки	30
1.2.3. Опорные плиты и подпятники	31
1.2.4. Ригели	32
1.2.5. Сваи	33
1.2.6. Стойки опор	35
1.3. ОПОРЫ ВЛ	37
1.3.1. Железобетонные опоры	38
1.3.2. Стальные опоры	43
1.3.3. Деревянные опоры	51
1.4. ПРОВОДА И ТРОСЫ	61
1.4.1. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи	61
1.4.2. Грозозащитные тросы	70
1.4.3. Самонесущие изолированные провода	70
1.5. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ	75
1.6. АРМАТУРА	81
1.6.1. Соединения линейной арматуры	81
1.6.2. Сцепная арматура	84
1.6.3. Узлы крепления изолирующих подвесок к опорам	88
1.6.4. Скобы	91
1.6.5. Промежуточные звенья	93
1.6.6. Коромысла	99
1.6.7. Поддерживающая арматура	104
1.6.8. Защитная арматура	108
1.6.9. Натяжная арматура	119
1.6.10. Соединительная арматура	126
Конец ознакомительного фрагмента.	139

Анатолий Кравцов, Борис Узелков, Ефим Гологорский Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ

Предисловие

Единая электроэнергетическая система (ЕЭС) России охватывает всю территорию страны от западных границ до Дальнего Востока и является одним из крупнейших в мире централизованно управляемым энергообъединением, граничащим с энергообъединениями стран Европы и Азии.

Производственный потенциал электроэнергетики России составляют электростанции общей мощностью более 214 млн кВт. В электроэнергетике в настоящее время функционируют 2,5 млн км линий электропередачи всех классов напряжений, в том числе 447 тыс. км линий напряжением выше 110 кВ. Основная электрическая сеть объединенных энергосистем ЕЭС России в центральных и восточных объединениях сформирована с использованием напряжений 220–500 кВ, Северо-Запада РФ и частично ОЭС Центра – 330–750 кВ.

Одна из серьезнейших проблем в энергетике – старение основных фондов: свыше 5 тыс. км ВЛ 110–220 кВ и подстанций общей мощностью 8 млн кВА подлежат полной замене. К 2010 г. потребуются реконструкция 20 тыс. км воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше.

В соответствии с генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики, принятой за основу Правительством РФ, должны быть построены новые сети для обеспечения устойчивой работы Единой энергосистемы и надежного энергосбережения потребителей. Инвестиции в развитие сети по данным ОАО «ФСК ЕЭС» оцениваются в 5 трл руб.

С целью успешного решения поставленных задач в соответствии с программой реформирования электроэнергетики была создана Федеральная сетевая компания (ОАО «ФСК ЕЭС»).

В справочнике систематизированы материалы для специалистов по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ; приведены сведения по новым маркам опор, линейных изоляторов, арматуры, комплектующим изделиям, строительным работам, эксплуатационным материалам, строительным машинам, средствам механизации; освещены вопросы технического обслуживания и ремонта строительных машин и транспортных средств, охраны труда и техники безопасности. За основу взят Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–500 кВ (Гологорский Е. Г., Кравцов Н. Н., Узелков Б. М. – М.: Из-во НЦ ЭНАС, 2003). Настоящее издание Справочника дополнено сведениями о новых марках комплектных трансформаторных подстанций и распределительных устройств, строительных машин и автомобилей, оборудования и средств механизации, приведены данные о новых эксплуатационных материалах и комплектующих изделиях.

При подготовке справочника были использованы материалы институтов ОАО «РОСЭП», ОАО «Энергосетьпроект», ОАО «СевероЗападный энергетический инженеринговый центр», ЗАО «Оргэнергострой», ОПТЭН ЛИМИТЕД, Самарского и Московского

заводов «Электрощит», ООО «В-Л Комплект», Южно-Уральского арматурно-изоляторного завода, а также Алапаевского ОАО «Стройдормаш», ОАО «КамАЗ» и других предприятий.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам Г. Н. Эленбогену и И. М. Погожеву за ценные замечания и предложения, направленные на улучшение содержания справочника, а также инженеру Г. Б. Харламовой за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

Предложения и замечания просим направлять по адресу: 109428, Москва, Рязанский проспект, 30/15, ОАО «Проектэнергомаш».

Термины и определения

Таблица

Термины и сокращения	Определения
Аварийный режим ВЛ	Состояние ВЛ при оборванных одном или нескольких проводах и тросах
Анкерный переходный пролет	Пролет, ограниченный двумя анкерными опорами, на которые натянуты провода через какое-либо сооружение или естественную преграду (железная дорога, река и т. п.)
Анкерные опоры	Опоры, устанавливаемые на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечения проводов
Анкерное крепление кабеля	Крепление кабеля на анкерной опоре, предназначенное для восприятия тяжения кабеля в пролете
Большие переходы	Пересечения судоходных рек, судоходных проливов или каналов, на которых устанавливаются опоры высотой 50 м и более, а также пересечения любых водных пространств с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ
Ввод от воздушной линии электропередачи	Электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства
Весовой пролет	Длина участка ВЛ, вес проводов или тросов которого воспринимается опорой
Ветровой пролет	Длина участка ВЛ, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимается опорой
Воздушная линия электропередачи (ВЛ)	Устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. д.)
Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС)	Линия передачи связи, в которой средой распространения являются световоды из оптического волокна (ОВ)

Волоконно-оптический кабель (ОК)	Кабельное изделие, содержащее оптические волокна, предназначенные для передачи с помощью световых сигналов
Волоконно-оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос (ОКГТ)	Оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, предназначенный для защиты линии электропередачи от прямых ударов молнии
Волоконно-оптический кабель неметаллический навивной (ОКНН)	Оптический кабель, навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод
Волоконно-оптический кабель самонесущий неметаллический (ОКСН)	Оптический неметаллический кабель, конструктивное исполнение которого допускает восприятие нагрузки от собственного веса и от тяжения при заданных стрелах провеса в пролете
Габаритная стрела провеса провода	Наибольшая стрела провеса в габаритном пролете
Габаритный пролет	Пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным габаритом от провода до земли при установке опор на идеально ровной поверхности
Действующая высоковольтная линия	ВЛ или ее участки, которые находятся под напряжением или на которые напряжение может быть подано включением коммутационных аппаратов
Естественный заземлитель	Находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемого для целей заземления
Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и конструктивно объединенных заземляющих проводников
Заземлитель	Проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом
Заземление	Преднамеренное электрическое соединение какой-либо металлической части электроустановки с заземляющим устройством

Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем
Закрытое распределительное устройство (ЗРУ)	Электрическое распределительное устройство (РУ), оборудование которого расположено в помещении
Защитное заземление	Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением
Комплектное распределительное устройство для внутренней установки (КРУ), для наружной установки (КРУН)	Электрическое распределительное устройство, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде
Комплектная трансформаторная (преобразовательная) подстанция	Подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе – к наружным установкам
Концевые опоры	Опоры, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки
Коридор обслуживания	Коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин
Монтажный режим ВЛ	Состояние опор, проводов и тросов в условиях монтажа
Населенная местность	Земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов

Ненаселенная местность	Земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности. К ненаселенной местности относят незастроенные территории, даже часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями
Нормальный режим ВЛ	Состояние ВЛ при необорванных проводах и тросах
Нормативно-техническая документация (НТД)	Действующие документы по проектированию, сооружению и эксплуатации объекта
Нулевой провод	Провод линии, соединенный с глухозаземленным нейтральным выходом трехфазного трансформатора, или генератора, или с глухозаземленным выходом средней точки обмотки однофазного трансформатора
Ответвление	Участок проводов от опоры ВЛ до ввода
Открытое распределительное устройство (ОРУ)	РУ, электрическое оборудование которого расположено на открытом воздухе
Опоры ВЛ	Сооружения, поддерживающие провод с помощью изоляторов и арматуры на заданном расстоянии между собой и от поверхности земли
Перекрестные опоры	Опоры, на которых выполняются пересечения ВЛ двух направлений
Подстанция	Электроустановка, служащая для приема, преобразования и распределения электрической энергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления и защиты
Питающая линия	Линия, питающая подстанцию от центра питания, без распределения электроэнергии по ее длине
Поддерживающее крепление оптического кабеля	Крепление кабеля на промежуточной опоре, предназначенное для восприятия массы подвешенного кабеля

Потребитель электрической энергии	Электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории
Проект производства работ (ППР)	Проект, определяющий технологию, сроки выполнения и порядок обеспечения ресурсами строительно-монтажных работ и служащий основным руководящим документом при организации производственных процессов
Проект организации строительства (ПОС)	Составная часть организационно-технологической документации, определяющая общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капиталовложений и объемов строительно-монтажных работ (СМР), материально-технические, трудовые ресурсы, источники их покрытия и структуру управления строительством объекта
Пролет (длина пролета ВЛ)	Горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор ВЛ, на которых подвешен провод
Промежуточные опоры	Опоры, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ
Распределительная линия	Линия, питающая ряд трансформаторных подстанций от центра питания или распределительного пункта
Распределительный пункт (РП)	Распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции
Распределительная сеть	Электрическая сеть, обеспечивающая распределение электрической энергии между пунктами потребления
Распределительное устройство (РУ)	Электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы

Расщепленная фаза	Фаза ВЛ, выполненная из нескольких проводов
Столбовая (мачтовая) трансформаторная подстанция	Открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или на опорах ВЛ на высоте, не требующей ограждения подстанции
Сопrotивление заземляющего устройства	Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю
Стрела провеса провода	Вертикальное расстояние от горизонтальной прямой, соединяющей точки подвеса провода при одинаковых высотах точек подвеса провода, до низшей точки провода в пролете
Строительная длина провода	Элемент провода заводского изготовления, поставляемый на строительство в готовом виде
Трасса ВЛ	Положение оси ВЛ на земной поверхности
Труднодоступная местность	Местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин
Тяжение провода (троса)	Усилие, направленное по оси провода (троса), с которым он натягивается и закрепляется на анкерных опорах
Угловые опоры	Опоры, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ
Фазный провод	Провод линии, соединенный с фазным выводом трансформатора или генератора
Цифровая система передачи (ЦСП)	Комплекс технических средств с временным распределением каналов, обеспечивающих образование типовых групповых трактов и каналов первичной связи
Электрическая сеть	Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории

Раздел 1

Воздушные линии электропередачи

1.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Строительные материалы и изделия, применяемые при строительстве линий электропередачи, должны соответствовать проектной документации, государственным стандартам (ГОСТ) и техническим условиям (ТУ) на их изготовление. Соответствие материалов и изделий этим требованиям должно подтверждаться паспортом или сертификатом на поступившую продукцию. Наличие сопроводительной документации не исключает необходимости проверки продукции перед ее использованием.

Материалы, применяемые в процессе строительного-монтажных работ на ВЛ и служащие для изготовления конструкций, можно условно разделить на следующие виды:

конструкционные (бетон, железобетон, металл, древесина), из которых изготавливают фундаменты, опоры и другие конструкции и детали;

проводниковые, из которых изготавливают провода, грозозащитные тросы, элементы заземляющих устройств, соединительные зажимы и т. д.;

изоляционные материалы и изделия, из которых изготавливают, в частности, изоляторы, обеспечивающие изоляцию проводов друг от друга и от конструктивных элементов опор.

Массы основных строительных материалов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Массы основных строительных материалов

Материал	Масса, кг	Материал	Масса, кг
Бетон, м ³ :		Лес круглый	
тяжелый	1800–2500	лиственных	
легкий	400–1800	пород, м ³ :	
Гравий, м ³ :		береза	610–680
из плотных горных	1700–1900	бук	680–730
пород		липа	500–700
керамзитовый	150–800	дуб	700–800

Материал	Масса, кг	Материал	Масса, кг
Кирпич, тыс. шт.:		Песок строитель-	1500–1650
глиняный	3500–3900	ный, м ³	
силикатный	3500–3700	Щебень	1400–1800
Лес круглый хвойных		из естественного	
пород, м ³ :		камня, м ³	
сосна	670–760	Шпалы	75
ель	450–520	пропитанные, шт.	
Лес пиленный, м ³ :		Войлок	150–250
хвойных пород	600	строительный, м ³	
лиственных пород	850	Вата минеральная, м ³	75–150

1.1.1. Бетон и железобетон

При строительстве линий электропередачи бетон применяется в основном при сооружении фундаментов под переходные опоры. Рабочие характеристики бетона определяются нормируемыми марками при проектировании. Марки бетона устанавливаются по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

По прочности на сжатие установлены следующие марки бетонов: 15, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600.

По морозостойкости – в циклах попеременного замораживания и оттаивания: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 200, 300.

По водонепроницаемости установлены марки В-2, В-4, В-6, В-8, обеспечивающие водонепроницаемость бетона при давлении воды соответственно не менее 20, 40, 60 и 80 Па.

В соответствии со СНиП 52-01-2003 основными нормируемыми и контролируемым показателями качества бетона являются: класс по прочности на сжатие В, класс по прочности на осевое напряжение B_c , марка по морозостойкости F, марка по водонепроницаемости W, марка по средней плотности D.

По СНиП 2.03.01–84* марки бетона по прочности на сжатие заменены на классы бетона по прочности на сжатие. Соответствие марок и классов бетонов по прочности приведено в табл. 1.2.

Классы бетона по прочности на сжатие отвечают значению гарантированной прочности бетона, МПа с обеспеченностью 0,95.

Таблица 1.2

Классы и марки бетона по прочности

Класс бетона В	Ближайшая марка бетона М	Класс бетона В	Ближайшая марка бетона М	Класс бетона В	Ближайшая марка бетона М
8,5	50	22,5	300	50	700
5	75	25	350	55	700
7,5	100	27,5	350	60	800
10	150	30	400	65	900
12,5	150	35	450	70	900
15	200	40	550	75	1000
20	250	45	600	80	1000

Класс бетона по прочности на осевое растяжение B_c соответствует значению прочности бетона на осевое растяжение в МПа с обеспеченностью 0,95 и принимается в пределах от 0,4 до 6.

Марка бетона по морозостойкости F соответствует минимальному числу циклов попеременного замораживания и оттаивания, выдерживаемых образцом при стандартном испытании, и принимается в пределах от 15 до 1000.

Марка бетона по водонепроницаемости W соответствует максимальному значению давления воды ($\text{МПа} \cdot 10^{-1}$), выдерживаемому бетонным образцом при испытании, и принимается в пределах от 2 до 20.

Марка по средней плотности D соответствует среднему значению объемной массы бетона в $\text{кг}/\text{м}^3$ и принимается в пределах 200 до 5000.

По объемной массе в сухом состоянии бетон подразделяется на особо тяжелый – более $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$, тяжелый – от 1800 до $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$, легкий – от 500 до $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$, особо легкий – до $500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Марка бетона по прочности – это предел прочности бетона при сжатии, Па, бетонного образца – куба с ребрами 200 мм после 28-суточного твердения при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности 90 %.

Для увеличения прочности в бетон закладывается стальная арматура, принимающая на себя растягивающие усилия. Бетон прочно сцепляется с арматурой, оба материала почти одинаково расширяются при нагревании. Это обеспечивает их совместную работу и монолитность железобетона. Однако при растяжении сталь может увеличиться в 5–6 раз больше, чем бетон, и при этом в бетоне появляются трещины, ведущие к порче конструкции. Во избежание этого при изготовлении опор ВЛ широко применяют предварительное натяжение стальной арматуры. Предварительно напряженный железобетон прочнее, легче, долговечнее и экономичнее обычного.

Показатели жесткости бетонной смеси и расход цемента для бетонных конструкций приведены в табл. 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3

Жесткость бетонных смесей, укладываемых в различные конструкции

Вид конструкции	Осадка конуса, см	Показатель жесткости, с
Фундаменты и основания	0–1	50–60
Массивные неармированные фундаменты	1–3	25–35
Массивные неармированные конструкции (плиты, балки, колонны)	3–6	15–25
Железобетонные конструкции, насыщенные арматурой:		
горизонтальные	6–8	10–15
вертикальные	8–10	5–10

Таблица 1.4

Ориентировочный расход цемента в бетонных конструкциях

Марка		Расход цемента, кг, на 1 м ³ бетона, конструкций	
бетона	цемента	всех типов, кроме тонкостенных	тонкостенных
100	300	225	–
150	300–400	250	–
200	400–500	270	300
300	500–600	320	350
400	600	440	440
500	600	500	550
600	700	560	600

Коэффициенты нарастания прочности бетона при нормальных условиях твердения:

на 3-й день.....	0,33
на 7-й день	0,59
на 28-й день	1
через 3 мес	1,32
через 6 мес	1,58
через 12 мес.....	1,76

1.1.2. Арматура и стальной прокат

Для армирования железобетонных конструкций применяется сталь арматурная, отвечающая требованиям соответствующих государственных стандартов (ГОСТ 5781—82*). В зависимости от механических свойств арматурная сталь подразделяется на классы А-I (А240) гладкого профиля и А-II (А300), Ас-II (Ас300), А-III (А400), А-IV (А600), А-V (А800), А-VI (А1000) периодического профиля.

Стержни диаметром менее 10 мм поставляются в бухтах (исключение составляют стали А-IV (А600) и А-V (А800), поставляемые в прутках), а диаметром 10 мм и более – в прутках длиной от 6 до 12 м. Арматурную сталь изготавливают из углеродистой и низколегированной сталей марок, указанных в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций (ГОСТ 5781-82*)

Класс арматурной стали	Диаметр профиля, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Марка стали
А-I (А240)	6–40	373	25	Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп
А-II (А300)	10–40 40–80	490	19	Ст5сп, Ст5пс 18Г2С
Ас-II (Ас300)	10–32 (36–40)	441	25	10ГГ
А-III (А400)	6–22 6–40	590	14	35ГС, 25Г2С 32Г2Рпс
А-IV (А600)	(6–8) 10–18 10–32 (36–40)	883	6	80С 20ХГ2Ц
А-V (А800)	(6–8) 10–32 (36–40)	1030	7	23ХГ2Ц

Примечания:

1. В скобках указаны условные обозначения класса арматурной стали по пределу текучести, Н/мм².

2. Профили диаметров, указанных в скобках, изготавливаются по согласованию.

Прокат для строительных стальных конструкций соответственно ГОСТ 27772—88* изготавливается из стали С235, С245, С255, С275, С285, С345, С345К, С375, листовой универсальный прокат и гнутые профили – из стали С235, С245, С255, С275, С285, С345, С345К, С375, С390, С390К, С440, С590, С590К. Буква С означает – сталь строительная, цифры условно обозначают предел текучести проката, буква К – вариант химического состава (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Соответствие марок стали проката строительных стальных конструкций (ГОСТ 27772-88*)

Наименование стали	Марка стали	Наименование стали	Марка стали
C235	Ст3кп2	C375	12Г2С
C245	Ст3пс5, Ст3сп5	C375Д	12Г2СД
C255	Ст3Гпс, Ст3Гсп	C390	14Г2АФ
C275	Ст3пс	C390Д	14Г2АФД
C285	Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп	C390К	15Г2АФДпс
C345	12Г2С, 09Г2С	C440	16Г2АФ
C345Д	12Г2СД, 09Г2СД	C440Д	16Г2АФД
		C590	12Г2СМФ
C345К	10ХНДП	C590К	12ГН2МФА10

Масса и основные размеры стержневой арматуры, арматурной проволоки, уголков, двутавров, швеллеров, полосы проката приведены в табл. 1.7–1.14.

Таблица 1.7

Стержневая арматура (ГОСТ 5781-82*)

Диаметр стержня, мм	Теоретическая масса 1 м, кг	Диаметр стержня, мм	Теоретическая масса 1 м, кг
6	0,222	28	4,83
8	0,395	32	6,31
10	0,617	36	7,99
12	0,888	40	9,87
14	1,21	45	12,48
16	1,58	50	15,41
18	2	55	18,65
20	2,47	60	22,19
22	2,98	70	30,21
25	3,85	80	39,46

Таблица 1.8

Арматурная проволока (ГОСТ 7348—81*)

Диаметр стержня, мм	Теоретическая масса 1 м, кг	Диаметр стержня, мм	Теоретическая масса 1 м, кг
3	0,0555	6	0,222
4	0,0987	7	0,302
5	0,1540	8	0,392

Таблица 1.9

Уголки стальные равнополочные (ГОСТ 8509—93)

Номер уголка	Размеры, мм		Масса 1 м угол- ка, кг	Номер уголка	Размеры, мм		Масса 1 м угол- ка, кг
	ширина	толщина			ширина	толщина	
2	20	3	0,89	8	80	5,5	6,78
2,5	25	3	1,12			6	7,36
		4	1,46			7	8,51
2,8	28	3	1,27	9	90	8	9,65
3,2		3	1,46			6	8,33
		4	1,91			7	9,64
3,5	35	3	1,62	10	100	8	10,93
		4	2,10			9	12,20
4	40	3	1,85			11	110
		4	2,42	7	10,79		
4,5	45	3	2,08	8	12,25		
		4	2,73	10	15,10		
		5	3,37	12	17,90		
5	50	3	2,32	12,5	125		
		4	3,05			16	23,30
		5	3,77			7	11,89
5,6	56	4	3,44	8	110	8	11,89
		5	4,25			8	13,50
6,3	63	4	3,90	14	140	9	15,46
		5	4,81			9	17,30
		6	5,72			10	19,10
7	70	4,5	4,87	12	125	12	22,68
		5	5,38			14	26,20
		6	6,39			16	29,65
		7	7,39	14	140	9	19,41
8	8,37	10	21,45				
7,5	75	5	5,8	16	160	12	27,00
		6	6,89			10	24,67
		7	7,96			11	27,00
		8	9,02	12	28,35		
		9	10,07	14	33,35		
				16	38,52		
				18	43,01		
				20	47,44		

Таблица 1.10
Уголки стальные неравнополочные (ГОСТ 8510—86*)

Номер уголка	Размеры, мм			Масса 1 м, кг	Номер уголка	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	Ширина		Толщина полки			Ширина		Толщина полки	
	боль- шей полки	мень- шей полки				боль- шей полки	мень- шей полки		
2,5/1,6	25	16	3	0,91	9/5,6	90	56	5,5	6,17
3,2/2	32	20	3	1,17				6	6,7
			4	1,52	8	8,77			
4/2,5	40	25	3	1,48	10/6,3	100	63	6	7,653
			4	1,94	7	8,7			
4,5/2,8	45	28	3	1,68	11/7	110	70	6,5	8,98
5,6/3,6	56	36	4	2,81	12,5/8	125	80	7	11,04
			5	3,46				8	12,58
6,3/4	63	40	4	3,17	14/9	140	90	10	15,47
			5	3,91				12	18,34
			6	4,63				8	14,13
			8	6,03				10	17,46
7/4,5	70	45	5	4,39	16/10	160	100	9	17,96
7,5/5	75	50	5	4,79				10	19,85
			6	5,59				12	23,58
			8	7,43				14	27,26
8/5	80	50	5	4,99	18/11	180	110	10	22,2
			6	5,92	12	26,4			
					20/12,5	200	125	11	27,37
								12	29,74
								14	34,43
								16	39,07

Таблица 1.11
Двутавры стальные (ГОСТ 8239—89)

Номер балки	Масса 1 м, кг	Номер балки	Масса 1 м, кг	Номер балки	Масса 1 м, кг
10	9,46	20	21	27	31,5
12	11,5	22	24	30	36,5
14	13,7	22а	25,8	33	42,2
16	15,9	24	27,3	36	48,6
18	18,4	24а	29,4	40	57

Таблица 1.12
Швеллеры стальные (ГОСТ 8240—97)

Номер швеллера	Высота, мм	Полки, мм		Масса 1 м, кг
		ширина	толщина	
10У	100	46	4,5	8,59
12У	120	52	4,8	10,40
14У	140	58	4,9	12,30
16У	160	64	5,0	14,20
16аУ	160	68	5,0	15,30
18У	180	70	5,1	16,30
18УаУ	180	74	5,1	17,40
20У	200	76	5,2	18,40
22У	220	82	5,4	21,00
24У	240	90	5,6	24,00
27У	270	95	6,0	27,70
30У	300	100	6,5	31,80
33У	330	105	7,0	36,50
36У	360	110	7,5	41,90
40У	400	115	8,0	48,30

Таблица 1.13

Прокат стальной круглый (ГОСТ 2590—88)

Диаметр, мм	Масса 1 м профиля, кг	Диаметр, мм	Масса 1 м профиля, кг
5	0,154	38	8,90
5,5	0,186	40	9,87
6	0,222	42	10,88
6,3	0,245	45	12,48
6,5	0,260	48	14,20
8	0,395	50	15,42
9	0,499	53	17,32
10	0,616	56	19,33
11	0,746	60	22,19
12	0,888	63	24,47

Диаметр, мм	Масса 1 м профиля, кг	Диаметр, мм	Масса 1 м профиля, кг
13	1,040	65	26,05
14	1,210	70	30,21
15	1,390	75	34,68
16	1,580	80	39,46
17	1,78	85	44,55
18	2,00	90	49,94
19	2,23	95	55,64
20	2,47	100	61,65
21	2,72	130	104,20
22	2,98	140	120,84
24	3,55	150	138,72
25	3,85	160	157,83
26	4,17	170	178,18
28	4,83	180	199,76
30	5,55	190	222,57
34	7,13	200	246,62
36	7,99	210	271,89

Таблица 1.14
Полоса стальная (ГОСТ 103—76*)

Ширина полосы, мм	Масса 1 м полосы, кг, при толщине, мм									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
20	0,63	0,78	0,94	1,10	1,26	1,42	1,57	1,73	1,88	2,20
22	0,69	0,86	1,04	1,21	1,38	1,55	1,73	1,90	2,07	2,42
25	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	2,16	2,36	2,75
28	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20	2,42	2,64	3,08
30	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12	2,36	2,59	2,83	3,30
32	1,00	1,26	1,51	1,76	2,01	2,26	2,51	2,76	3,01	3,52
36	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	3,11	3,39	3,96

Ширина полосы, мм	Масса 1 м полосы, кг, при толщине, мм									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
40	1,26	1,57	1,88	2,20	2,51	2,83	3,14	3,45	3,77	4,40
45	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18	3,53	3,89	4,24	4,95
50	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,53	3,92	4,32	4,71	5,50
60	1,88	2,36	2,83	3,30	3,77	4,24	4,71	5,18	5,65	6,59
70	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40	4,95	5,50	6,04	6,59	7,69
80	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	6,91	7,54	8,79
100	3,14	3,92	4,71	5,50	6,28	7,06	6,85	8,65	9,42	10,99

1.1.3. Лесные материалы

В практике электросетевого строительства применяются лесные материалы, в основном круглые лесоматериалы и пиломатериалы. По размерам поперечного сечения пиломатериалы подразделяются на доски, бруски и брусья (толщина и ширина более 100 мм).

Деревянные опоры ВЛ изготавливают из сосны и лиственницы. В отдельных случаях применяют также ель, кедр, пихту. В связи с тем что непропитанная сосна гниет через 3–4 года, а ель еще быстрее, опоры ВЛ изготавливают только после пропитки древесины специальными противогнилостными веществами – антисептиками. В качестве консервантов используются высокоэффективные медно-хромо-мышьяковые (ССА) составы. Опоры, пропитанные ССА, используются при строительстве линий электропередачи напряжением 0,4–10 кВ.

Использование изоляционных свойств древесины позволяет снизить число изоляторов и отказаться от грозозащитного троса. Кроме того, при необходимости, допускается совместная подвеска линий 0,4; 10 кВ и уличного освещения. В среднем срок службы пропитанных опор, находящихся в контакте с почвой, составляет до 45 лет. Пропитанные детали не следует обрабатывать; в крайнем случае, затесанное место или просверленное отверстие необходимо тщательно антисептировать.

Лиственница зимней рубки хорошо противостоит загниванию, и ее иногда применяют непропитанной. Опоры из лиственницы служат 15–20 лет. Недостатки древесины – большие колебания прочности, пороки (сучки, косослой, трещины, гнили и пр.), гигроскопичность, уменьшение прочности при повышенной влажности, уменьшение размеров при сушке, возгорание, расщепление от ударов молнии.

Физико-механические свойства используемой древесины приведены в табл. 1.15, а объемы лесоматериалов – в табл. 1.16 и 1.17.

Таблица 1.15

Физико-механические свойства древесины

Порода	Средняя плотность, кг/м ³	Пределы прочности, МПа				
		вдоль волокон				поперек волокон
		Растяжение	Сжатие	Статический изгиб	Скалывание радиальное	
Сосна	500	110	48	85	7,5	86
Ель	450	120	44	80	6,8	79,5
Пихта	370	70	40	70	6,5	68,5
Лиственница	660	125	62	105	11	111,5
Дуб	700	130	58	106	10	107,5
Бук	670	130	56	105	12	108,5
Береза	630	125	55	110	9,2	109
Осина	480	120	42	78	6,2	78

Примечание. Прочность древесины дана при стандартной влажности 12 %. С увеличением влажности прочность снижается.

Таблица 1.16

Объем круглых лесоматериалов в зависимости от длины и диаметра бревен

Диаметр, см	Объем, м ³ , при длине, м								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,0082	0,017	0,026	0,037	0,051	0,065	0,082	0,1	0,122
11	0,01	0,022	0,033	0,045	0,062	0,08	0,098	0,12	0,014
12	0,012	0,026	0,038	0,053	0,073	0,093	0,114	0,138	0,166
13	0,014	0,030	0,045	0,062	0,085	0,108	0,132	0,158	0,9
14	0,016	0,035	0,052	0,073	0,097	0,123	0,15	0,179	0,21
15	0,019	0,039	0,06	0,084	0,11	0,14	0,169	0,20	0,27
16	0,021	0,044	0,069	0,095	0,124	0,155	0,189	0,22	0,26
17	0,024	0,05	0,078	0,107	0,14	0,175	0,21	0,25	0,29
18	0,027	0,056	0,086	0,12	0,156	0,194	0,23	0,28	0,32
19	0,03	0,063	0,096	0,133	0,174	0,21	0,26	0,30	0,36

Диаметр, см	Объем, м ³ , при длине, м								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0,033	0,069	0,107	0,147	0,19	0,23	0,28	0,33	0,39
21	0,036	0,076	0,118	0,163	0,21	0,26	0,31	0,36	0,42
22	0,04	0,084	0,13	0,178	0,23	0,28	0,34	0,4	0,46
23	0,044	0,094	0,143	0,195	0,25	0,31	0,37	0,43	0,51

Таблица 1.17

Объем обрезных досок длиной 10 м

Ширина доски, мм	Объем, м ³ , при толщине, мм						
	13	16	19	22	25	32	40
80	0,0104	0,0114	0,0152	0,0176	0,02	0,0256	0,032
90	0,0117	0,0128	0,0171	0,0198	0,0225	0,0288	0,036
100	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025	0,032	0,040
110	0,0143	0,0176	0,0209	0,0242	0,0275	0,0352	0,044
130	0,0169	0,0208	0,0247	0,0286	0,0325	0,0416	0,052
150	0,0195	0,024	0,0285	0,033	0,0375	0,048	0,06
180	0,0234	0,0288	0,0342	0,0396	0,045	0,0576	0,072
200	0,026	0,032	0,038	0,044	0,050	0,064	0,080

1.2. СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОД ОПОРЫ ВЛ

1.2.1. Фундаменты

Конструкция фундаментов выбирается в соответствии с типом опоры, действующей на фундамент нагрузкой, а также характеристикой грунта, в который будет заделан фундамент.

В качестве фундаментов опор применяются монолитный бетон, сборный железобетон, сваи и в некоторых случаях – металлические фундаменты. У железобетонных опор, нижний конец стойки которых заделывается в грунт, фундаментом служит низ стойки, иногда усиленный ригелями.

Деревянные опоры всех типов устанавливаются без фундаментов.

Для стальных и некоторых видов железобетонных опор на оттяжках наибольшее распространение получили железобетонные сборные фундаменты, устанавливаемые в котлованы. При изготовлении на заводе фундаменты поступают на линию или в виде готовых к установке конструкций (подножников, свай, плит, ригелей, ростверков), или в виде отдельных деталей (рис. 1.1).

Широкое применение железобетонных подножников заводского изготовления возможно в грунтах почти всех категорий, что резко снижает трудоемкость устройства фундаментов, а также объемы земляных работ, расход бетона и в конечном счете стоимость сооружения. Применение железобетонных подножников заводского изготовления позволяет выполнять сооружение фундаментов под опоры ВЛ практически в любое время года.

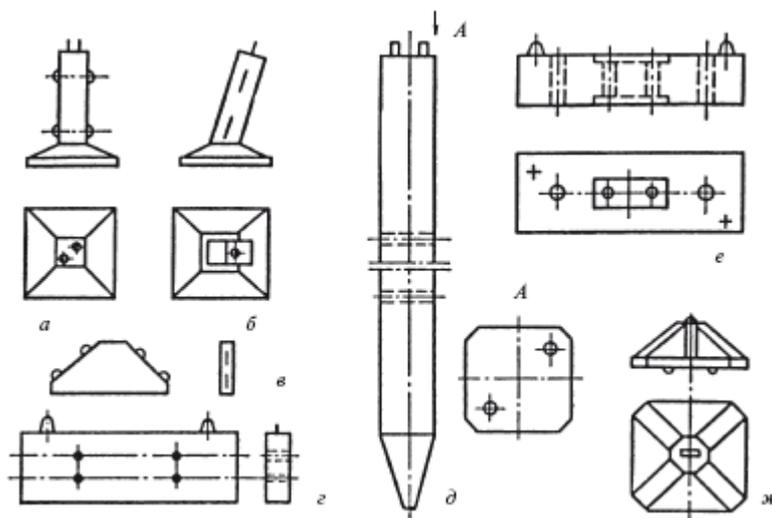


Рис. 1.1. Детали сборных железобетонных фундаментов опор ВЛ: *а* – прямой подножник; *б* – наклонный подножник; *в* – пригрузочная плита; *г* – ригель; *д* – свая; *е* – ростверк; *ж* – анкерная плита для крепления оттяжек

С целью ограничения числа типов железобетонных подножников и свай, предназначенных для массового изготовления на заводе, они унифицированы. Шифровка фундаментов основной номенклатуры определяется буквой Ф – фундамент и цифрой, которая указывает типоразмер фундамента. Специальные фундаменты имеют после первой буквы в

шифре дополнительную букву С, укороченные – К, повышенные – П. После цифры, обозначающей типоразмер фундамента, через дефис проставляется буква или цифра, указывающая на его применение:

А – под анкерно-угловые опоры; О – под стойки опор с оттяжками; 2 – под опоры с башмаками, имеющими два отверстия; 4 – под опоры с опорными башмаками, имеющими четыре отверстия. В случае установки на фундаментах неосновных вариантов наголовников (с болтами диаметром 48 мм или болтами длиной 350 мм) после буквы А основного шифра через дефис проставляются цифры соответственно 48 или 350.

Примеры шифровки:

Ф4-А – фундамент 4-го типоразмера под анкерно-угловую опору;

ФС 2-4 – фундамент специальный 2-го типоразмера под опору с башмаками, имеющими четыре отверстия, т. е. фундамент с четырьмя болтами;

ФК 1-0 – фундамент укороченный 1-го типоразмера под стойку опоры на оттяжках.

Для шифровки фундаментов дополнительной номенклатуры к шифру основного фундамента добавляют букву:

в шифре вариантов фундаментов с модернизированным оголовком после буквы А добавляется буква М – модернизированный, например Ф3-АМ, Ф5-АМ;

в шифре вариантов фундаментов со сварным или болтовым соединением стойки с нижней частью после букв ФП и ФС добавляется буква С, обозначающая сварной, или буква Б – болтовой вариант.

Например, ФПС5-А – вариант повышенного фундамента ФП5-А со сварным соединением стойки и нижней части; ФСБ2-4 – вариант специального фундамента ФС-4 с болтовым соединением стойки и нижней части.

Для изготовления железобетонных фундаментов применяется бетон марок 200, 300 и 400 (по прочности на сжатие), приготовленный на портландцементе. При наличии на трассе агрессивных к бетону грунтовых вод для приготовления бетона применяется цемент, стойкий к конкретному виду агрессии.

Для армирования железобетонных фундаментов применяется арматура из горячекатаной углеродистой или низколегированной стали. Для линий электропередачи, строящихся в районах с расчетной наружной температурой воздуха до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, разрешается применять арматуру из кипящих сталей; для линий, строящихся в районах с расчетной температурой воздуха от -30 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, разрешается применение арматуры из полуспокойной стали, а для районов с температурой ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – только из стали спокойной плавки.

Для промежуточных и анкерно-угловых стальных опор основным конструктивным элементом фундаментов принят подножник грибовидной формы, а для анкерно-угловых опор и опор с оттяжками применяются подножники с наклонными стойками, ось которых является продолжением пояса опоры и оси оттяжки. Это резко снижает горизонтальные нагрузки на фундамент. Для крепления оттяжек вантовых опор применяются также составные фундаменты с навесными плитами прямоугольного сечения. Эти фундаменты получают сочетанием грибообразного подножника и навесных плит.

Выбор типов фундаментов производится на основании установочных чертежей, разработанных для каждого типа опоры. На установочных чертежах приводятся: план расположения фундаментов; привязка ригелей, пригрузочных плит; район по гололеду и скоростной напор ветра, а для анкерно-угловых опор – угол поворота на линии. На чертежах фундаментов указывается степень уплотнения грунта засыпки.

Под анкерно-угловые опоры разработано семь типов фундаментов: Ф1-А; Ф2-А; Ф3-А; Ф4-А; Ф5-А; Ф6-А и ФС. Под промежуточные и промежуточно-угловые опоры разработаны шесть типов фундаментов: Ф1; Ф2; Ф3; Ф4; Ф5; Ф6 и фундамент типа ФС.

При прохождении трассы ВЛ в районах рек, болот, по косогорам применяются повышенные составные подножки типа ФП со сварным – С или болтовым – Б соединениями стойки с нижней частью. Основные типы, характеристики сборных железобетонных фундаментов и подножников для ВЛ 35–500 кВ приведены в табл. 1.18–1.21.

Таблица 1.18

Фундаменты под промежуточные опоры ВЛ 35–500 кВ

Фундаменты	Высота фундамента, м	Размеры основания фундамента в плане, м	Глубина заложения, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
<i>Прямые</i>						
ФК1-2	2,2	1,2×1,2	2,0	0,54	82	1,35
ФК1-0	2,2	1,2×1,2	2,0	0,54	59	1,35
Ф1-2	2,7	1,2×1,2	2,5	0,59	90	1,50
Ф2-2	2,7	1,5×1,5	2,5	0,96	102	2,40
Ф2-0					85	
Ф3-2	2,7	1,8×1,8	–	1,17	133	2,90
Ф3-0					95	
Ф4-2	2,7	2,1×2,1	–	1,36	278	3,40
Ф4-4					302	
Ф4-0					170	
Ф5-2	3,2	2,4×2,4	–	1,79	351	4,46

Фундаменты	Высота фундамента, м	Размеры основания фундамента в плане, м	Глубина заложения, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
Ф5-4					375	
Ф6-4	3,2	2,7×2,7	–	2,24	412	5,80
ФП6-2	5,0	2,7×2,7	–	2,69	532	6,70
ФП6-4					556	
<i>Прямые для особо слабых и особо нагруженных грунтов</i>						
ФС1-4	3,2	2,7×3,5	–	2,4	522	5,00
ФС2-4		2,7×4,5	–	2,8	595	7,00
<i>Наклонные под опоры на оттяжках</i>						
ФК1-05	1,7	1,2×1,2	1,5	0,56	58	1,40
Ф1-05	2,7		2,5	0,73	68	1,80
ФК2-05	1,7	1,5×1,5	1,5	0,79	67	1,98
Ф2-05	2,7		2,5	0,95	77	2,40
ФК3-05	1,7	1,8×1,8	1,5	1,0	77	2,50
Ф3-05	2,7		2,5	1,17	87	2,90
ФК4-05	1,7	2,0×2,0	1,5	1,16	130	2,90
Ф4-05	2,7		2,5	1,33	140	3,30
ФК2-07	1,7	1,5×1,5	–	0,79	71	2,00
ФК3-07		1,8×1,8		1,0	98	2,68
ФК4-07		2,0×2,0		1,16	162	3,20
<i>Составные</i>						
ФПС6-2	5,0	2,7×2,7	4,8	2,51	716	–
ФПС6-4					740	
ФСС1-4	3,2	3,5×3,5	3,0	2,37	877	–
ФСС2-4		4,5×4,5		2,94	949	
ФПБ6-2	5,0	2,7×2,7	4,8	2,51	716	–
ФПБ6-4					740	–
ФСБ1-4	3,2	3,5×3,5	3,0	2,37	877	–
ФСБ2-4		4,5×4,5		2,94	949	–

Таблица 1.19

Фундаменты под анкерно-угловые опоры ВЛ 35—500 кВ

Фундаменты	Высота фундамента, м	Размеры основания фундамента в плане, м	Глубина заложения, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
<i>Прямые</i>						
Ф1-А	3,2	1,5×1,5	3,0	1,0	293	2,50
Ф2-А	3,2	1,8×1,8	3,0	1,2	311	3,00
<i>Наклонные</i>						
Ф3-АМ	3,1	2,1×2,1	3,0	1,70	385	4,30
Ф3-А-350	3,4				556	
Ф4-АМ	3,1	2,4×2,4	3,0	2,00	469	6,00
Ф4-А-48	3,4				654	
Ф4-А-350	3,4				654	
Ф5-АМ	3,1	2,7×2,7	3,00	2,50	587	6,25
Ф5-А-48	3,4				650	
Ф5-А-350	3,4				764	
Ф6-АМ	3,1	2,0×3,0	3,0	2,70	792	6,90
Ф6-А-48	3,4				900	
Ф6-А-350	3,4				1014	
<i>Наклонные для особо слабых и особо нагруженных грунтов</i>						
ФС1-А	3,4	4,2×3,0	3,0	4,22	1327	10,60
ФС1-А-48					1334	
ФС1-А-350					1448	
ФС2-А	3,4	4,2×3,0	3,2	4,64	1407	11,60
ФС2-А-48					1414	
ФС2-А-350					1530	
<i>Модернизованные</i>						
Ф3-А5М	3,115	2,1×2,1	3,0	1,80	325	4,50
Ф3-А5	3,4				377	
Ф5-А5М	3,115	2,7×2,7	3,0	2,50	428	6,25
Ф5-А5-48	3,4				489	
Ф6А5М	3,115	2,0×3,0	3,0	2,70	667	6,25
Ф6А5-48	3,4				729	6,75

Фундаменты	Высота фундамента, м	Размеры основания фундамента в плане, м	Глубина заложения, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
<i>Составные</i>						
ФПС5-А	5,16	2,7×2,7	4,8	2,77	814	—
ФПС5-А-48				2,77	821	
ФПС5-А-350				4,50	935	
ФСП1-А	5,16	3,0×4,2	4,8	4,92	1486	—
ФСП1-А-48					1493	
ФСП1-А-350		3,0×5,2			1508	
ФСП2-А	5,16	3,0×4,2	4,8	4,92	1566	—
ФСП2-А-48		3,0×5,2			1573	
ФСП2-А-350		3,0×5,2			1687	
ФПБ-5-А	5,2	2,7×2,7	4,95	2,82	806	—

Таблица 1.20

Фундаменты малозаглубленные высотой 0,7 м

Фундаменты	Размеры основания фундамента в плане, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
МФ1,3×1-0	1,3×1,0	0,35	42,6	0,88
МФ1,3×1,5-0	1,3×1,5	0,48	56,3	1,20
МФ1,3×2,2-0	1,3×2,2	0,66	76,2	1,65
МФ1,3×1,5-1/10	1,3×1,5	0,48	56,5	1,20
МФ1,3×2,2-1/10	1,3×2,2	0,66	76,4	1,65
МФ1,3×1,5-1/5	1,3×1,5	0,49	56,5	1,23
МФ1,3×2,2-1/5	1,3×2,2	0,67	76,4	1,68
МФ2×2,0-0	2,0×2,0	0,85	107,1	2,13
МФ2×2,7-0	2,0×2,7	1,13	156,1	2,83
МФ2×2-1/10	2,0×2,0	0,85	107,3	2,13
МФ2×2,7-1/10	2,0×2,7	1,13	156,2	2,83
МФ2×2-1/5	2,0×2,0	0,85	107,0	2,13
МФ2×2,7-1/5	2,0×2,7	1,13	155,9	2,83

Таблица 1.21

Подножники

Подножки	Высота, м	Размеры основания в плане, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса подножника, т	
Ф1,5×1-2	2,7	1,0×1,5	0,67	98,6	1,68	
Ф1,5×1-5		1,5×1,5	0,79	105,6	1,98	
Ф1,5×2-2		2,2×1,5	0,96	126,4	2,41	
Ф2×2,1-2	3,2	2,0×2,1	1,49	199,0	3,73	
Ф2×2,1-4		2,0×2,1	1,49	207,8	3,73	
Ф2×2,8-2		2,0×2,8	1,70	221,4	4,26	
Ф2×2,8-4		2,0×2,8	1,70	229,7	4,26	
Ф2×3,5-4		2,0×3,5	2,02	368,0	5,05	
ФП2×3,5-2	5,1	2,0×3,5	2,47	396,7	6,17	
ФП2×3,5-4		2,0×3,5	2,47	405,0	6,17	
Ф2×1,6-А	3,2	2,0×1,6	1,31	257,6	3,28	
Ф2×2,3-А		2,0×2,3	1,61	470,5	4,03	
Ф2×3,0-А		2,0×3,0	1,86	462,2	4,63	
Ф2×2,3-А5		2,0×2,3	1,61	491,9	4,03	
Ф2×3,6-А		2,0×3,6	2,08	449,2	5,21	
Ф2×3,6-А5		2,0×3,6	2,08	624,2	5,21	
Ф2×2,3-А-350		2,0×2,3	1,61	517,7	4,03	
Ф2×3,0-А-350		2,0×3,0	1,86	493,1	4,63	
Ф2×3,6-А-350		2,0×3,6	2,08	479,8	5,21	
Ф2,7×3,5-4		2,7×3,5	2,64	254,0	6,60	
Ф2,7×4,5-4		2,7×4,5	3,16	293,8	7,90	
Ф2,7×3,5-А		2,7×3,5	2,74	639,4	6,85	
Ф2,7×4,5-А		2,7×4,5	3,24	835,1	8,10	
ФП2,7×2,7-А		5,2	2,7×2,7	2,72	667,8	6,90
ФП2,7×4,2-А			2,7×4,2	3,52	756,3	8,80
Ф2,7×3,5-А	3,2	2,7×3,5	2,76	542,1	6,85	
Ф2,7×4,5-А5		2,7×4,5	3,24	630,8	8,10	
ФП2,7×2,7-А5	5,2	2,7×2,7	2,72	611,4	6,90	
ФП2,7×4,2-А5		2,7×4,2	3,52	699,9	8,80	
Ф2,7×4,5-А-350	3,2	2,7×4,5	3,24	865,3	8,10	

Подножки	Высота, м	Размеры основания в плане, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса подножника, т
ФП2,7×2,7-А-350	5,2	2,7×2,7	2,72	700,8	6,90
ФП2,7×4,2-А-350		2,7×4,2	3,52	789,3	8,80
<i>Для опор на оттяжках</i>					
ФК1-0	2,2	1,2×1,2	0,54	73,5	1,35
Ф2-0	2,7	1,5×1,5	0,96	99,3	2,40
Ф3-0		1,8×1,8	1,17	111,4	2,93
Ф4-0		2,1×2,1	1,36	188,7	3,40
ФК1-1/10	1,7	1,2×1,2	0,56	68,1	1,40
ФК2-1/10		1,5×1,5	0,79	77,5	1,98
ФК3-1/10		1,8×1,8	1,0	89,0	2,50
ФК4-1/10		2,0×2,0	1,16	140,7	2,90
Ф1-1/10	2,7	1,2×1,2	0,73	79,6	1,83
Ф2-1/10		1,5×1,5	0,96	89,0	2,40
Ф3-1/10		1,8×1,8	1,17	101,1	2,93
Ф4-1/10		2,0×2,0	1,33	152,7	3,33
ФК2-1/5	1,7	1,5×1,5	0,81	84,9	2,03
ФК3-1/5		1,8×1,8	1,02	96,3	2,55
ФК4-1/5		2,0×2,0	1,18	143,9	2,95
Ф2-1/5	2,7	1,5×1,5	1,00	95,0	2,50
Ф3-1/5		1,8×1,8	1,22	106,0	3,05
Ф4-1/5		2,0×2,0	1,38	155,4	3,45

1.2.2. Анкерные плиты и балки

Анкерные плиты (ПА) применяются для закрепления в грунте стальных и железобетонных опор на оттяжках. Разработаны шесть типоразмеров. Плита типа ПА1 полной длины имеет марку ПА1-2, укороченная имеет марку ПА1-1; плита типа ПА3 полной длины имеет марку ПА3-2, укороченная – ПА3-1. Анкерные плиты и анкерные балки, представляющие собой прямоугольные в плане конструкции с одним центральным ребром, приведены в табл. 1.22.

Таблица 1.22

Анкерные плиты и анкерные балки

Марка плиты	Высота плиты, балки, м	Размеры плиты, балки в плане, м	Глубина заложения, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса плиты, т
ПА1-1	0,45	1,0×1,0	2,5	0,2	25	0,5
ПА1-2		1,0×1,5		0,28	30	0,7
ПА2-1	0,6	1,5×2,0	2,5	0,65	68	1,75
ПА2-2		1,5×3,0		0,89	92	2,2
ПА3-1		2,0×3,0		1,15	114	2,8
ПА3-2		2,0×4,0		1,43	198	3,7
ПА3-1Н	0,6	2,0×3,0	2,5	1,15	239	2,88
ПА3-2Н		2,0×4,0		1,43	338	3,6
АП-4Н		3,4×2,7		2,0	405	5,0
ПА1-2Э	0,45	1,5×1,0	–	0,28	41	0,7
ПА2-1Э	0,6	2,0×1,5	–	0,65	95	1,6
ПА2-2Э		2,0×1,5		0,89	115	2,2
ПА3-1Э		3,0×1,5		1,15	137	2,9
ПА3-2Э		4,0×2,0		1,43	205	3,7
АБ1,1-6,0	0,8	1,1×6,0	–	1,36	132,1	3,4
АБ1,1-4,4		1,1×4,4		1,0	92,9	2,5
АБ1,1-3,5		1,1×3,5		0,8	73,8	2,0
АБ0,6-4,0		0,6×4,0		0,53	67,2	1,3
АБ0,6-2,4		0,6×2,4		0,32	35,8	0,8
АБ0,6-1,5		0,6×1,5		0,2	23,3	0,5

1.2.3. Опорные плиты и подпятники

Опорные плиты (ОП) применяются для закрепления в грунте стоек железобетонных опор в тех случаях, когда из-за больших сжимающих нагрузок или слабых грунтов необходимо увеличить площадь опорной стойки. Разработаны плиты четырех типов (марок): ОП-1; ОП-2; ОП-3, отличающиеся площадью основания и применяющиеся под центрифугированные (ЦФ) стойки опор ВЛ; плиты ОП-4 используются под вибрированные стойки ВЛ. Плиты квадратные, в плане на верхней грани имеют стакан для установки стойки.

Подпятники, устанавливаемые под стойки железобетонных опор для увеличения площади опирания стоек, приняты трех типов:

плоские подпятники диаметрами 560, 650 и 800 мм крепятся к стойкам соответствующего диаметра (марки П1, П2 и П3);

подпятники с выемкой по верхней грани применяются для анкерно-угловых опор на оттяжках, в которых стойки устанавливаются комлевой частью вверх. Подпятник П1-2 применяется для вибрированных стоек, подпятник ПК-1 – для центрифугированных стоек;

подпятник П1-3 с цилиндрическим выступом по верхней грани применяется под стойки анкерно-угловых опор на оттяжках.

Марки и основные параметры опорных плит и подпятников приведены в табл. 1.23.

Таблица 1.23

Опорные плиты и подпятники

Тип и марка плиты и подпятника	Высота плиты и подпятника, м	Размеры в плане, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Применение
<i>Опорные плиты</i>					
ОП-1	0,55	1,6×1,6	0,62	43	Для ЦФ стоек диаметром 560 или 650 мм
ОП-2		2,0×2,0	0,97	75	
ОП-3		2,5×2,5	1,37	101	
ОП-4	0,30	∅1,5	0,35	48	Для вибрированных стоек
<i>Подпятники плоские:</i>					
П-1	0,05	–	0,012	3	Для ЦФ стоек диаметром 560 или 650 мм
П-2	0,055	–	0,017	4	
П-3	0,055	–	0,03	6	
<i>с выемкой по верхней грани</i>					
П1-2	0,3	–	0,09	14	Для анкерно-угловых опор на оттяжках с вибрированными стойками
ПК-1	0,2	–	0,06	7	Для анкерно-угловых опор на оттяжках с коническими ЦФ стойками
<i>с выступом по верхней грани</i>					
П1-3	0,18	–	0,038	5	Для анкерно-угловых опор на оттяжках с цилиндрическими ЦФ стойками

1.2.4. Ригели

Ригели (табл. 1.24) применяются для увеличения несущей способности фундаментов и железобетонных стоек при действии горизонтальных нагрузок и выпускаются пяти типов-размеров:

Р1 – для закрепления подножников;

Р1-А и АР-5 – для закрепления железобетонных конических подножников диаметром 560/334 и 650/410 мм соответственно и цилиндрических стоек диаметром 560 мм;

АР6 и АР6-1 – для закрепления железобетонных стоек диаметром 650/410 и 800 мм соответственно;

АР7 и АР7-1 – для закрепления стоек длиной 16,4 и 19,0 м соответственно;

АР8 – для закрепления стоек диаметром 800 мм.

Таблица 1.24

Ригели

Марка	Высота, м	Размеры в плане, м	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Масса ригеля, т
P-1	0,14	1,5×0,5	0,08	14	0,20
P1-A AP-5	0,2	3,0×0,4	0,2	38 62	0,50
AP-6 AP6-1	0,2	3,5×0,5	0,28	96	0,76
AP-7 AP7-1	0,2	2,0×0,3	0,09	18	0,23
AP-8	0,64	6,0×0,64	1,04	198	2,60
AP-9	0,30	0,4×0,25	0,30	76	0,75
AP-10	0,34	0,4×0,25	0,34	88	0,85
PФ1,5	0,14	0,62×1,50	0,08	14,8	0,20
PФ3,0	0,20	0,62×3,00	0,20	44,8	0,50
PФ3,0-6		0,62×3,00	0,20	66,0	0,50
PЦ3,5-6		0,62×3,50	0,28	110,5	0,70
PЦ3,5-8		0,81×3,50	0,28	73,9	0,70
PЦ6,0-8	0,35	0,81×6,00	1,04	209,1	2,60

1.2.5. Сваи

В качестве фундаментов под опоры линий электропередачи применяются также сваи. Размеры применяемых унифицированных свай зависят от нагрузок на фундамент и несущей способности грунта и по сечению колеблются от 20х20 до 40х30 см, а по длине – от 3,7 до 12 м. В зависимости от нагрузок на опору, а следовательно, и на фундамент применяют установку под пяту опоры двух или четырех свай. Для крепления пяты опоры к свае в каждой свае предусмотрены два болта, а в случае применения ростверков – по одному болту. Основные параметры свай приведены в табл. 1.25.

Таблица 1.25

Сваи для устройства фундаментов под опоры ВЛ

Марка	Длина, м	Сечение, м	Расход материалов		Масса, т
			бетон, м ³	металл, кг	
С35-6	6,0	0,35×0,35	0,71	172	1,78
С35-8	8,0		0,96	199–319	2,4–2,6
С35-10	10,0		1,20	246–386	3,0–3,2
С35-12	12,0		1,44	291–455	3,6–3,9
С25-6	6,0	0,25×0,25	0,37	84–157	0,9–1,0
С25-8	8,0		0,46	107–200	1,2–1,4
С35.6-1	6,0	0,35×0,35	0,71	172,6	1,78
С35.8-1	8,0		0,96	211,9	2,40
С35.8-2	8,0		0,96	317,7	2,40
С35.10-1	10,0		1,20	250,5	3,00
С35.10-2	10,0		1,20	376,7	3,00
С35.12-1	12,0		1,45	289,6	3,62
С35.12-2	12,0		1,45	436,6	3,62
Ц 1/2	11,10		∅ 0,56	1,34	427–566
Ц 1/3	7,40	0,89		320–412	2,5–2,6
Ц 1/6	3,70	0,45		154–200	1,2–1,3
Г 35×6	6,00	∅ 0,35	0,72	47,0	1,80
Г 35×8	8,00		0,97	88,6	2,40
Г 35×10	10,00		1,21	150,3	3,00
Г 35×12	12,00		1,46	220,8	3,65

Винтовые стальные сваи обладают высокой несущей способностью на выдергивающие и сжимающие нагрузки вследствие погружения без нарушения структуры грунта. Строительство фундаментов с применением винтовых свай не требует копки котлованов, что приводит к снижению трудовых затрат и позволяет значительно рациональнее решать вопросы по сохранению окружающей среды. Установку опоры на фундамент из винтовых свай можно производить сразу после завинчивания, что существенно сокращает сроки строительства.

Винтовые стальные сваи с литым наконечником (СВЛ), предназначены для строительства фундаментов в талых и с сезонным промерзанием грунтах, используемые для вечномерзлых грунтов обозначаются СВЛМ. Винтовые сваи сертифицированы и выпускаются по ТУ (табл. 1.26). Для погружения в грунт может быть использована универсальная буровая машина УБМ-85 (см. табл. 4.10 гл. 4.2 «Машины для земляных и свайных работ»).

Таблица 1.26

Сваи стальные винтовые с литым наконечником

Марка сваи	Длина сваи, м	Диаметр, м		Масса сваи, кг (толщина стенки ствола 6–12 мм)
		ствола	лопасти	
СВЛ-168-5-05	5,0	0,168	0,500±0,009	263
СВЛ-168-5-06	6,0	«	«	309
СВЛ-219-5-05	5,0	0,219	0,500±0,009	364
СВЛ-219-5-06	6,0	«	«	409
СВЛ-219-8-05	5,0	0,219	0,850±0,009	442
СВЛ-219-8-06	6,0	«	«	503
СВЛМ-219-3-05	5,0	0,219	0,300±0,008	327
СВЛМ-219-3-06	6,0	«	«	338

1.2.6. Стойки опор

Стойки являются важнейшим элементом железобетонной опоры линий электропередачи. Стойки бывают двух видов: вибриро-ванные и центрифугированные (табл. 1.27).

Все стойки армированы предварительно напряженной арматурой. Вибрированные стойки выполняются без пустоты в комлевой части. Все конические стойки выпускаются на заводе вместе с подпятниками. Подпятники по прочности на сжатие выполняются из вибрированного бетона марки 200, по морозостойкости – $M_{p3}150$. Подпятник приваривается на заводе к нижнему концу готовой стойки.

Таблица 1.26

Стойки железобетонных опор

Опоры	Размеры стойки, мм			Расход материалов		Масса, т
	длина	диаметр (сечение)		бетон, м ³	сталь, т	
		низ	верх			
<i>Центрифугированные конические</i>						
СК22.1–1.1	22 600	650	440	1,9	0,37	4,22
СК22.1–2.1					0,50	4,85
СК22.2–1.1				2,3	0,67	6,40
СК22.2–2.1						
СК22.3–1.1				2,25	0,58	6,20
СК22.3–2.1						
СК22.4–1.1				1,83	0,31	4,83
СК22.4–2.1					0,38	4,90
СК22.4–3.1					0,57	5,03
СК22.12–1.1				22 600	560	334
СК26.1–1.1	26 000	650	410	2,52	0,57	6,82
СК26.1–2.1					0,60	6,85
СК26.1–3.1					0,74	6,99
СК26.1–4.1					0,61	6,86
СК26.1–6.1					0,66	6,91
СК26.2–1.1				26 000	650	410
СК26.3–1.1					0,50	5,94
СК26.3–2.1					0,70	6,08
<i>Центрифугированные цилиндрические</i>						
СЦП120-200	12 000	560	450	1,05	–	2,6
СЦП140-280	14 000	560	450	1,22	–	3,05
СЦП170-290	17 000	560	450	1,48	–	3,7
СЦП195-310	19 450	560	450	1,7	–	4,25
СЦП220-350	22 000	560	450	1,94	–	4,85
СЦ20.1–1.1				3,06	0,85	8,54
СЦ20.2–1.1				3,65	1,03	10,2

Опоры	Размеры стойки, мм			Расход материалов		Масса, т
	длина	диаметр (сечение)		бетон, м ³	сталь, т	
		низ	верх			
СЦ20.1–2.1	20 000	650	650	3,06	0,88	8,54
СЦ20.2–3.1				3,65	1,03	
СЦ22.2–1.1	22 200	560	560	2,04	0,47	6,57
СЦ26.2–1.1	26 000	560	560	2,41	0,59	6,62
<i>Вибрированные трапецевидные</i>						
СВ110-3,5-А	11 000	165×185	280×185	0,47	64,4	1,13
СВ164-1-2	16 400	265×185	165×185	1,947	1,42	3,55
СВ95-2-А	9500	165×165	240×165	0,3	42,8	0,75
СВ95-3-А	9500	205×185	165×185	0,36	56,4	0,9
СВ85-3-А	8500	165×185	255×185	0,32	51,1	0,66

1.3. ОПОРЫ ВЛ

При сооружении линий электропередачи применяются железобетонные, стальные и деревянные опоры. По назначению опоры подразделяются на анкерные, угловые, концевые, промежуточные; по числу цепей – на одно- и двухцепные.

По конструктивному исполнению опоры делятся на свободностоящие и на оттяжках с шарнирным креплением к фундаменту. Усиливающие конструкцию опоры оттяжки могут быть и у свободностоящих опор. Могут применяться и подкосы.

Унификация и типизация опор способствуют повышению технического уровня линейного строительства. Как правило, анкерно-угловые опоры рассчитаны на угол поворота до 60°. Значения предельных углов поворота на промежуточно-угловых опорах указаны на монтажных схемах опор и в пояснительных записках. Стальные анкерно-угловые опоры применяются также в качестве концевых. Вместо повышенных промежуточных стальных опор 35 кВ рекомендуется применять опоры 110 кВ.

При наличии технико-экономических обоснований опоры могут применяться в условиях, отличных от принятых в проекте опор. Так, например, опоры для горных линий могут применяться на пересеченной местности и на равнинных участках линий, проходящих в IV и V ветровых районах, опоры для городских условий могут применяться на трассах линий вне городов, опоры для линий более высокого напряжения могут быть установлены на линиях более низкого напряжения (например, в районах с загрязненной атмосферой, при пересечении препятствий и т. п.).

Действующая в настоящее время унификация стальных опор содержит, кроме основных типов опор, специально разработанные подставки, тросостойки, траверсы и другие элементы, предназначенные для получения повышенных и косогорных опор, опор с двумя тросами и опор других модификаций, необходимых при конкретном проектировании в разнообразных условиях линейного строительства. В унификации наряду с основными типами опор показаны их модификации, полученные при различных сочетаниях опор с подставками и другими элементами. Сами же подставки и другие вспомогательные элементы отдельно не показаны. Такой прием значительно облегчает строительным организациям их выбор при комплектации конструкций опор для сооружаемых линий. Стальные анкерно-угловые опоры применяются также в качестве концевых. Допустимые углы поворота на концевых опорах указаны на монтажных схемах соответствующих опор.

Все опоры с горизонтальным расположением проводов, а также опоры со смешанным расположением проводов, у которых имеются соответствующие указания на монтажных схемах и в пояснительных записках, могут применяться также в районах с частой и интенсивной пляской проводов без сокращения пролетов. Опоры остальных типов со смешанным расположением проводов можно применять в районах с частой и интенсивной пляской проводов при сокращении пролетов в соответствии с указаниями, приведенными в проектах. На опорах ВЛ 35 кВ грозозащитные тросы С35 подвешиваются только на подходах к подстанциям. На опорах ВЛ 110 кВ предусмотрена подвеска троса С50, на опорах ВЛ 220 кВ и выше – троса С70.

Как правило, стальные опоры и стальные элементы железобетонных опор запроектированы под горячую оцинковку. Разработанные в нецинкуемом (окрашенном) варианте со сваркой элементов внахлестку обозначаются буквой Н в конце шифра опоры.

1.3.1. Железобетонные опоры

Заводами выпускаются железобетонные одно-, двух- и трех-стоечные опоры, применяемые как свободностоящие, так и с закреплением в грунте и усилением в необходимых случаях оттяжками с внутренними связями. Железобетонные анкерно-угловые опоры, как правило, в качестве концевых опор применяться не могут. Для этого разработаны специальные типы концевой железобетонной опоры.

Все промежуточные и промежуточно-угловые опоры рассчитаны на подвеску проводов в глухих зажимах. Наибольшей прочностью и долговечностью отличаются опоры из центрифугированных стоек.

Основным элементом железобетонной опоры является стойка. По способу изготовления стойки бывают центрифугированные и вибрированные. По конструктивному исполнению железобетонные опоры делятся на одностоечные свободностоящие и на оттяжках и порталные свободностоящие и на оттяжках.

Промежуточные опоры ВЛ от 6 до 220 кВ – одностоечные и представляют собой свободностоящие железобетонные стойки с закрепленными на них стальными траверсами. На некоторых типах опор дополнительно устанавливается тросостойка для крепления грозозащитного троса. Закрепление опор в грунте осуществляется путем установки их в цилиндрический котлован глубиной 2,5 м (иногда 3,5 м) с последующим заполнением пазух гравийно-песчаной смесью. Для обеспечения требуемой прочности заделки опор в слабых грунтах устанавливаются ригели, закрепленные на стойках с помощью полухомутов. Опоры состоят из стоек, траверс, тросостойки и нижней бетонной крышки.

В целях предотвращения контакта стойки с грунтовыми водами производится гидроизоляция нижней части наружной поверхности стойки на высоту 3,2 м; для предупреждения попадания воды внутрь стойки устанавливается крышка, которая, кроме того, увеличивает площадь торца стойки.

Крепление траверс к стойке осуществляется с помощью сквозных болтов или хомутов. Тросостойки имеют сварную конструкцию и крепятся к стойке хомутами. На тросостойках опор ВЛ 35 и 110 кВ предусмотрена возможность установки специальной конструкции для подвески грозозащитного троса через изолятор.

Для присоединения заземления выше гидроизоляционного слоя на стойке выпускается стальной пруток диаметром 12 мм, приваренный к каркасу арматуры.

На ВЛ 220–330 кВ широкое распространение получили порталные свободностоящие опоры со стальной траверсой. Для закрепления опор такого типа в слабых грунтах требуется установка либо большого числа ригелей, либо внутренних крестовых металлических связей. Устройство крестовых связей экономичнее установки ригелей, они значительно уменьшают изгибающие моменты на уровне заделки опоры в грунт. Траверсы таких опор состоят из двух стальных консолей и средней балочной части.

Типы и основные технические данные железобетонных опор приведены в табл. 1.28—1.34.

Таблица 1.28

Вибрированные одноцепные железобетонные опоры ВЛ 10 кВ со стойками СВ-110-3,5 высотой 11 м для I и II районов по гололеду

Шифр опоры	Высота крепления нижнего провода, мм	Марка провода	Расчетный пролет между опорами, м
П10-3	7600	АС 50/8;	95–85
П10-4	8100	АС 70/11;	65
УП10-2	8600	АС 95/16	80–75
ОА10-2	9150		80–75
А10-2	8100		80–75
УА10-2	8100		80–75
УОА10-2	7750		80–75

Таблица 1.29

Вибрированные двухцепные железобетонные опоры ВЛ 10 кВ со стойками СВ-164-12 высотой 16 м

Шифр опоры	Высота крепления нижнего провода, мм	Марка провода (район по гололеду)	Расчетный пролет между опорами, м (район по гололеду)
2П10-1	8100	АС 50/8 (I–II); АС 70/11 (I–II); АС 90/16 (III–IV)	50, 60, 80, 90 (I–III)
2ОП10-1			
2ОП10-2			
2ОП10-3			
2УП10-1	8100	То же	50, 60, 65 (IV)
2А10-1	8850		
2К10-1	8850		

Таблица 1.30

Вибрированные одноцепные железобетонные опоры ВЛ 35 кВ высотой 16,4 м и с проводами марок АС 70/11—АС 120/19

Шифр опоры	Тип опоры	Район по гололеду	Высота до нижней траверсы, мм	Шифр стойки	Объем железобетона, м ³	Масса металлоконструкций, кг
ПБ35-1В	Промежуточная	I–II	10 800	СВ164-10,3	1,42	63,3
ПБ35-3В	«	III–IV	10 300	СВ164-10,3	1,42	63,3
ПБ35-1ВП	Промежуточная повышенная	I–IV	13 900	СВ164-10,7	1,42	131,3
ПУБ35-1В	Промежуточная угловая	IV	10 300	СВ 164-10,7	1,42	106,3
ПУБ35-3В	«	I–IV	12 300	СВ 164-10,3	1,42	149,5
ПСБ35-1ВГ	Промежуточная специальная	I–IV	12 800	СВ 164-10,7	2,84	85,4
ПУБ35-1В	Анкерно-угловая	I–IV	12 800	СВ164-10,3	1,42	466,1
ПУСБ35-1ВГ	Промежуточная угловая специальная	I–IV	12 800	СВ164-10,3	2,84	146,2
ПБ35-1ВКГ	Промежуточная на конце тросового участка	I–IV	13 300	СВ164-10,3	1,42	128,3
ПБ35-3ВКГ	«	I–IV	13 300	СВ164-10,3	1,42	128,3
ОБ35-1В	Ответвительная	I–IV	13 300	СВ164-10,3	1,42	178,9

Таблица 1.31

Железобетонные опоры ВЛ 110 кВ

Опоры	Район по голо- леду	Марка провода	Допусти- мый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железо- бетона, м ³	Масса металло- конструк- ций, т
<i>Промежуточные</i>								
ПБ 110-11	I–II	АС 95/16 – АС 150/24	330–255	19,5	14,5	СК 22.1-1.1	1,90	0,21
ПБ 110-13	I–II	АС 240/32	325–315	19,5	14,5	СК 22.1-2.1	1,90	0,21
ПБ 110-15	III–IV	АС 70/11 – АС 240/32	260–175	20,5	14,5	СК 22.1-2.1	1,90	0,25
ПСБ 110-1	I–IV	АС 70/11 – АС 240/32	460–205	23,5	17,5	СК 26.1-1.1*	2,52	0,30
					18,5	СК 25.1-6.1	2,52	0,30
ПБ 110-12	I–II	АС 95/16	260–235	22,2	13,5	СК 22.1-2.1	1,9	0,51
ПБ 110-4	I–II	АС 185/29 – АС 240/32	275	22,5	13,5	СК 26.1-1.1*	2,52	0,42
ПБ 110-16	III–IV	АС 95/16	160–135	22,2	11,5	СК 22.1-1.1	1,9	0,51
ПБ 110-8	I–IV	АС 70/11 – АС 240/32	360–185	24,5	14,5	СК 26.1-1.1*	2,52	0,48
					15,5	СК 26.1-6.1	2,52	0,48
ПБ 110-10	I–II	АС 120/19 – АС 150/24	365–305	24,5	15,5	СК 26.1-3.1	2,52	0,52
1ПБ-110-1	I–IV	АС 70/11	300–175	20,6	14,5–15,0	СК 22.4-1.1	1,83	0,2
1,2ПБ-110-3	I – осо- бый	АС 70/11 – АС 240/32	300–150	16,5–20,6	11,0–15,0	СК 22.4-2.1	1,83	0,2
1,2ПБ-110-5								

Опоры	Район по голо- леду	Марка провода	Допусти- мый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железо- бетона, м ³	Масса металло- конструк- ций, т
1,2ПСБ-110-3	I–IV	АС 70/11 – АС 240/32	400–110	24,2	17,5–18,5	СК 26.1-6.1	2,44	0,2
1,2ПБ-110-2		АС 70/11	240–110	19,9–20,9	11,2–12,2	СК 22.4-2.1	1,83	0,35
1,2ПБ-110-4		АС 120/19–АС 240/32	260–140	19,9–20,9	10,7–12,2	СК 22.4-3.1	1,83	0,35
1ПБ-110-6		АС 70/11	270–130	22,5–24,2	12,5–14,5	СК 26.3-1.1	2,22	0,35
2ПСБ-110-1	I–осо- бый	АС 70/11; АС 120/19; АС 240/32	235–115	19,5	16,5	СК 22.4-2.1	3,65	0,18
<i>Анкерно-угловые</i>								
УБ-110-11	I–IV	АС 70/11 – АС 240/32	–	19,4	12,9	СК 22.3-1.1	2,2	1,54
УСБ-110-1				22,7	16,2	СЦ 22.2-1.1	2,1	1,79
УСБ-110-3				14,5	8,5–10,5			1,52
УБ-110-2				19,0	9,5	СЦ 20.2-1.1	3,68	0,90
УБ-110-4							7,36	1,88
УСБ-110-2				23,1	12,7	СЦ 20.2-1.1	3,68	1,81

УБ-110-7-1		АС 95/16 – АС 240/32		15,8	10,5	СЦ20.1-1.1	3,09	0,37
УБ-110-9		АС 150/24 – АС 240/32		15,7	9,7	СЦ20.2-1.1	7,36	0,79
УСБ-110-21		АС 95/16 – АС 150/24		19,0	12,7	СК22.2-1.1	7,36	1,15
УСБ-110-4		АС 70/11 – АС 240/32	–	23,1	12,7	СЦ20.2-1.1	7,36	3,70
УБ-110-13		АС 95/16 – АС 240/32		19,0	13,0	СК22.2-1.1	4,64	0,60
УСБ-110-5		АС 70/11 – АС 240/32		22,5	16,5	СК 26.1-6.1	5,02	0,85
УСБ-110-17		АС 95/16 – АС 240/32		16,0	10,0	СК 22.2-1.1	4,6	0,60
1,2УБ-110-3	I–IV	АС 70/11;	–	16,0	10,0	СК 22.2-1.1	4,64	0,5
1,2УСБ-110-5		АС 120/19; АС 240/32		22,5	16,5	СК 26.1-6	5,02	0,49
1,2УБ-110-7		АС 70/11	–	15,3	10,0	СЦ20.1-2.1	3,09	0,26
1,2УБ-110-7 (исп. 07)		АС 240/32	–	15,3	10,0	СЦ20.1-2.1	6,18	0,6
1,2УБ-110-9		АС 70/11; АС 120/19	–	15,6	13,0	СЦ20.1-2.1	3,09	0,49
1,2УБ-110-9 (исп. 07)		АС 240/32	–	15,6	13,0	СЦ20.2-4.1	7,36	1,0
1,2УБ-110-2		АС 70/11; АС 120/19	–	18,7	9,2	СЦ20.2-3.1	3,68	0,74
1,2УБ-110-2 (исп. 03)		АС 240/32	–	18,7	9,2	СЦ20.2-3.1	7,36	1,56

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м ³	Масса металлоконструкций, т
1,2УБ-110-1		АС 70/11	–	14,9–19,0	10,0–15,0	СК22.2-1.1	6,9	0,16
1,2УБ-110-3		АС 120/19	–	16,0	10,0; 13,0**	СК22.2-1.1	4,64	0,5; 0,7**
1,2УСБ-110-5		АС 240/32	–	22,5	16,5	СК26.1-6.1	5,02	0,49; 0,68**
<i>Промежуточно-уголовые</i>								
ПУСБ-110-11	I-IV	АС 95/16 – АС 240/32	235–140	20,5	12,5	СК22.1-2.1	1,9	0,41
1,2ПУСБ-110-1		АС 70/11; АС 120/19; АС 240/32	270–115	20,5	12,5	СК 22.2-1.1	1,74	0,22 0,29**

* Стойка СК 26.1–1.1 применяется только в I–II районах по гололеду.

** Большие значения показателей относятся к опоре с применением оттяжек.

Таблица 1.32

Железобетонные опоры ВЛ 220 кВ

Шифр опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м ³	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
ПБ 220-1	I–IV	АС 300/39; АС 400/51	310–280	24,5	16,5–14,5	СК26.1-2.1* СК26.1-6.1	2,52	0,45
ПБ 220-3	I–II	АС 300/39; АС 400/51	320	25,5	17,5	СК26.1-6.1	2,52	0,58
ПСБ-220-1	I–IV	АС 300/39; АС 400/51	350–270	20,5	17,5	СК 22.1-2.1	3,8	0,43
ПБ 220-12	I–IV	АС 300/39; АС 400/51	435–320	26,0	21,2	СК 26.2-1.1	5,03	2,54
1,2ПБ-220-1	I–IV	АС 240/32	325–200	22,5–25,0	14,5–16,5	СК 26.3-2.1	2,2	0,26–0,39
3ПСБ-220-3	I–II	АС 400/51	230–200	24,5	15,5	СК 26.3-2.1	2,2	0,36
1,2ПСБ-220-1	I–IV	АС 240/32; АС 400/51	355–250	20,5	17,5	СК22.12-1.1	3,48	0,42
1ПБ-220-2	I–III	АС 240/32; АС 400/51	325–275	24,0–25,0	15,5–16,5	СК 26.3-2.1	4,15	0,68–0,81
<i>Анкерно-угловые</i>								
УБ 220-1	I–IV	АС 300/39; АС 400/51	–	22,5	14,5	СК 26.1-6.1	5,03	1,64; 1,83**
УБ 220-3		АС 300/39; АС 400/51		22,7	14,5	СК 26.1-4.1	2,52	1,81
УСБ 220-1				26,2	18,2	СК 26.1-4.1	2,52	1,93
УБ 220-7	I–IV	АС 300/39;	–	15,8	10,5	СЦ 20.1-1.1	3,09	0,85
УБ 220-9		АС 400/51		15,8	10,5	СЦ 20.1-1.1	6,18	1,77
УСБ 220-3				19,9	12,7	СЦ 20.1-1.1	3,66	0,87
УСБ 220-5				19,9	12,7	СЦ 20.1-1.1	7,36	1,87
1,2УБ-220-1	I–IV	АС 240/32;	–	15,5	9,0	СК 22.2-1.1	6,95	0,19
1,2УБ-220-1 (исп. 03)		АС 400/51		17,5	11,0	СК 22.3-2.1	13,9	0,46
1,2УБ-220-3				22,5	14,5	СК 22.3-2.1	2,2	1,7
1,2УБ-220-5				16,0	10,0	СЦ 20.1-2.1	3,09	0,58
1,2 УБ-220-5 (исп. 07)				16,0	10,0	СЦ 20.2-4.1	7,36	1,06
1,2УБ-220-7				19,4	12,2	СЦ 20.2-3.1	3,68	0,74
1,2УБ-220-7 (исп. 03)				19,4	12,2	СЦ 20.2-3.1	7,36	1,38
1,2УСБ-220-1			–	19,3	13,0	СК 22.2-2.1	4,47	0,8
1,2УСБ-220-1 (исп. 02)				19,3	13,0	СК 22.2-2.1	4,47	1,03
<i>Промежуточно-угловая</i>								
ПУСБ-220-1	I–IV	АС 300/39; АС 400/51	200	24,0	13,5	СК 26.1-6.1	2,52	0,45

* Применяется только в I и II районах по гололеду.

** Относится к опоре с применением оттяжек.

Таблица 1.33

Железобетонные опоры ВЛ 330 кВ

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м ³	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
ПБ 330-7Н	I–IV	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	450–355	27,0	23,0	СК 26.2-1.1	5,02	1,51
1ПБ330-1	I–IV	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	400–315	27,0	23,0	СК 26.2-1.1	5,03	1,49
<i>Анкерно-угловые трехстоечные</i>								
УБ 330-5	IV	2×АС 400/51	–	15,5	10,8	СЦ 20.2-1.1	11,1	0,86
УБ 330-7	IV	2×АС 400/51	–	21,0	15,5	СЦ 20.2-1.1	11,1	2,8
1,2УБ 330-1	I–IV	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	–	15,2	9,5	СЦ 20.2-5.1	11,04	1,20
1,2УБ 330-1 (исп. 06)	I–IV	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	–	15,2	9,5	СЦ 20.2-5.1	22,08	1,69
1,2УБ 330-3	I–IV	2×АС 240/32	–	17,6	12,7	СЦ 20.2-5.1	11,04	2,35
1,2УБ 330-3 (исп. 03)	I–IV	2×АС 400/51	–	20,7	15,2	СЦ 20.2-5.1	11,04	2,8
1,2УБ 330-5	I–IV	2×АС 240/32	–	22,5	17,8	СК 26.2-2.1	7,55	2,64
1,2УБ 330-5 (исп. 03)	I–IV	2×АС 240/32	–	22,5	17,8	СК 26.2-2.1	7,55	2,91

Таблица 1.34
Железобетонные опоры ВЛ 500 кВ

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м ³	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
1ПБ500-1	II–IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	410–290	27,5–26,0	23,0-21,5	СК 26.2-1.1	5,03	2,19-2,0
ПБ 500-5Н	II–III	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	410–355	27,5	23,0	СК 26.2-1.1	5,03	2,46
ПБ 500-7Н	IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	300	26,0	21,5	СК 26.2-1.1	5,03	2,27
ПБ 500-3	II–IV	3×АС 400/51	450–365	32,4	27,2	СЦ 26.2-1.1	6,75	2,24
<i>Анкерно-угловые</i>								
1,2УБ 500-1	II–IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	–	20,6	15,3	СЦ 20.2-5.1	22,06	2,72
1,2УБ 500-1 (исп. 02)	II–IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	–	20,6	15,3	СЦ 20.2-5.1	29,44	2,98
1,2УБ 500-3	II–IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	–	20,7	15,4	СЦ 20.2-5.1	27,6	3,44
1,2УБ 500-5	II–IV	3×АС 330/43; 3×АС 400/51	–	22,5	17,8	СК 26.2-3.1	7,55	3,30

1.3.2. Стальные опоры

К преимуществам стальных опор относятся:
 возможность создания конструкций на весьма большие механические нагрузки, большое число проводов и большие высоты;
 относительно малая масса и высокая механическая прочность;
 простота заводского изготовления и технологичность сборки на трассах.

Эти преимущества позволяют использовать их для ВЛ всех напряжений, проходящих в тяжелых климатических и географических условиях, а также применять в качестве анкерных и угловых опор на ВЛ от 110 до 500 кВ с железобетонными промежуточными опорами.

Промежуточные опоры ПЛ башенного типа с односторонним расположением проводов применяются для сокращения ширины просеки при прохождении лесных массивов.

Стальные опоры изготавливают как в болтовом исполнении, так и с помощью сварки.

В болтовых конструкциях минимальное расстояние от центра болта до края элемента должно быть не менее 1,25 диаметра отверстия для болта. Применение болтов, имеющих по длине ненарезной части участки с различными диаметрами в соединениях, где болты работают на срез, не допускается.

При сборке опор установка в несовмещенные отверстия болтов меньшего диаметра не допускается, нарезная часть болта не должна находиться в теле соединенных элементов. При установке фундаментов с целью плотной посадки пят опоры на фундаменты допускается установка между пятой опоры и верхней плоскостью фундамента до четырех прокладок общей толщиной до 40 мм. Площадь и конфигурация прокладок определяются проектной организацией.

Для защиты от коррозии сварные секции и детали опор окрашиваются на заводе один или два раза в зависимости от требований заказчика. Более надежная защита опор от коррозии производится путем горячего оцинкования их элементов.

Стальные опоры состоят из следующих основных конструктивных элементов: стойки (или двух стоек), траверс и тросостоек, а опоры с оттяжками имеют еще оттяжки – тросовые или изготовленные из круглой стали.

В случае окончательной сборки опор на пикетах линии элементы опор подбираются комплектами на опору на заводе, связываются пакетами и отгружаются заказчику. Опоры болтовой конструкции экономичны в перевозке, позволяют полнее использовать грузоподъемность транспорта, удобны для оцинковки.

Основным недостатком болтовых опор является увеличение в 1,5–2 раза трудозатрат на сборку опор на трассе линии и в 2,5–3 раза расхода болтов.

С 2004 г. ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»» начал выпуск многогранных металлических опор. Они представляют собой многогранную коническую конструкцию, изготовленную из стального листа. Опора может состоять из одной, двух и более секций (в зависимости от требуемой высоты). Длина секции до 16 м. Однако чаще всего используются секции длиной до 11,5 м, что обусловлено удобством транспортировки железнодорожным и автомобильным транспортом. Соединение секций между собой возможно как фланцевое, так и бесфланцевое (телескопическое). Высота опор до 40 м и более. Толщина стенки от 3 до 12 мм. Диаметр опор до 2 м. В грунт опоры устанавливаются либо непосредственно в пробуренную скважину, либо крепятся на фланцах к железобетонному фундаменту.

Многогранные металлические опоры значительно надежнее бетонных и решетчатых, особенно в сложных гололедно-ветровых условиях. В аварийном режиме многогранная стальная опора выдерживает нагрузки в 2–3 раза больше, чем железобетонная опора.

Малый вес и высокая степень заводской готовности позволяют устанавливать опору без использования специальных дорогостоящих подъемных средств и заливки мощных фундаментов. Резко сокращаются трудозатраты и сроки монтажа, особенно в болотистых грунтах и труднодоступных районах. Монтаж не требует больших площадей, что особенно важно при работе в городских условиях, в горных районах.

Типы стальных опор (рис. 1.2) и их технические характеристики приведены в табл. 1.35—1.41.

Расчеты технических данных для унифицированных стальных опор проведены в соответствии с ПУЭ-6. При проектировании современных ВЛ в соответствии с ПУЭ-7 необходимо проводить перерасчет указанных технических данных.

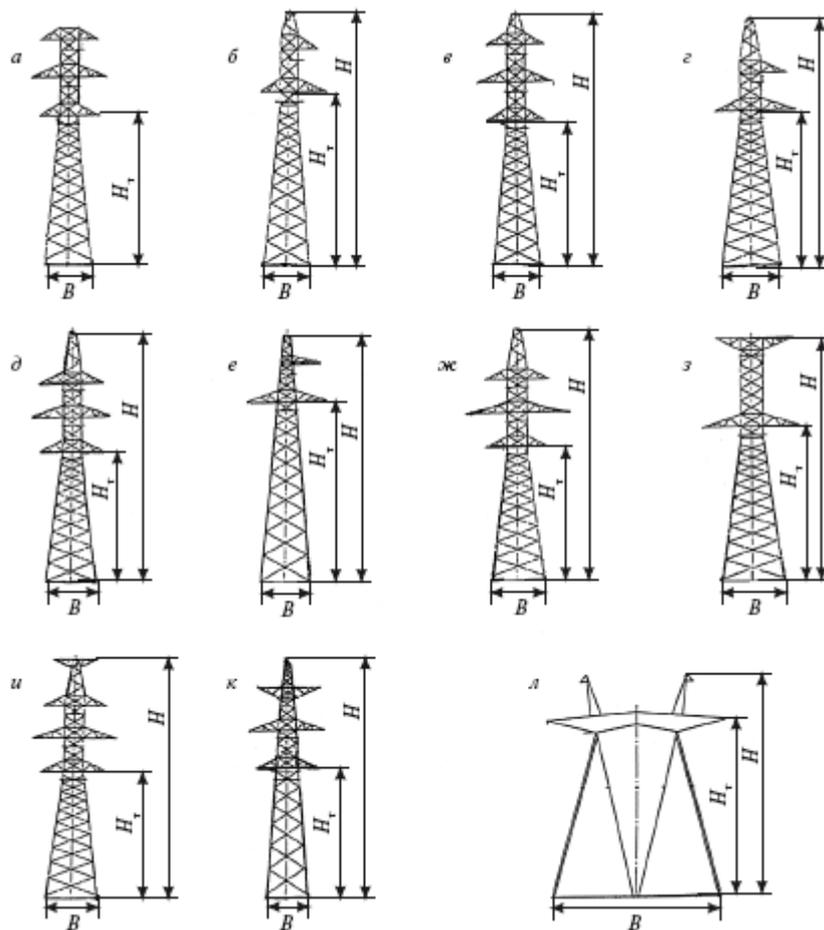


Рис. 1.2. Опоры стальные для линий электропередачи:
a – П35-2В, У35-4; *б* – П110-5В; *в* – П110-6В; *г* – У110-1; *д* – У110-2; *е* – П220-3; *жс* – У220-2; *з* – У220-3; *и* – У330-2т; *к* – П330-2; *л* – ПП750-1, ПП750-3

Таблица 1.35

Стальные опоры ВЛ 35 кВ (см. рис. 1.2)

Опоры	Район по гололеду	Высота до нижней траверсы, м	Масса опоры, т
<i>Промежуточные</i>			
П35-1В*	I-IV	15	1,56
П35-1Вт*	I-IV	15	1,66
П35-1Впт*	I-IV	15	1,75

П35-2В	I-IV	14	1,92
П35-2Вт	I-IV	14	2,02
П35-2Впт	I-IV	14	2,11
<i>Промежуточные для горных районов</i>			
ПС35-4В	III-IV	12	2,08
ПС35-4Вт	III-IV	12	2,20
ПС35-4Впт	III-IV	12	2,33
<i>Анкерно-угловые</i>			
У35-1**	I-IV	10	2,96
У35-1т**	I-IV	10	3,14
У35-1+5	I-IV	15	4,54
У35-1т+5	I-IV	15,5	4,72
У35-2	I-IV	10,5	4,83
У35-2+5	I-IV	15,5	6,59
У35-2т**	I-IV	10,5	5,06
У35-2т+5	I-IV	15,5	6,76
У35-3	I-IV	10	1,63
У35-3+5	I-IV	15	2,29
У35-3+9	I-IV	19	2,81
У35-4	I-IV	10,5	2,79
У35-4+5	I-IV	15,5	3,83
У35-4+9	I-IV	19,5	5,06
<i>Анкерно-угловые одноцепные с малыми сечениями проводов***</i>			
УАП35-1	I-IV	19	3,15
УАП35-2	I-IV	15	2,69
УАП35-3	I-IV	12	2,26
УАП35-4	I-IV	19	3,04
УАП35-5	I-IV	15	2,58
УАП35-6	I-IV	12	2,14

* Применяются также в горных районах.

** Применяются в горных районах с ограничением угла поворота линий.

*** Применяются для перехода через инженерные сооружения.

Таблица 1.36

Стальные опоры ВЛ 110 кВ (см. рис. 1.2)

Опоры	Гололед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина B , м	Масса, т
				полная H	до нижней границы H_1		
<i>Промежуточные</i>							
П110-5В	15–20	АС 70/11–АС 240/32	330–200	28,0	19,0	2,8	2,47
П110-9В	15–20	АС 95/16–АС 240/32	320–215	27,0	19,0	2,8	2,82
П110-2В	5–10	АС 70/11, АС 95/16	380–300	31,0	19,0	2,5	2,74
П110-4В	5–10	АС 70/11–АС 240/32	445–365	31,0	19,0	2,8	3,2
П110-6В	15–20	АС 70/11–АС 240/32	330–200	35,0	19,0	2,8	3,75
1П110-1	5–20	АС 70/11–АС 120/19	420–285	28,4	22,0	2,34	2,21
1П110-3	15–20	АС 70/11	265, 220	28,4	22,0	2,34	1,96
2П110-1	5–20	АС 70/11–АС 240/32*	365–275	28,4	22,0	2,89	2,56
2П110-3	10–20	АС 70/11	315–220	28,4	22,0	2,89	2,30
3П110-1	5–20	АС 70/11–АС 240/32	420–340	30,6	22,0	2,34	2,68
3П110-3	10–20	АС 70/11	330–220	30,6	22,0	2,34	2,32
1П110-2	5–20	АС 70/11	420–220	34,5	22,0	3,34	3,32
1П110-4	5–20	АС 120/19	485–285	34,5	22,0	3,34	3,54
1П110-6	5–20	АС 70/11–АС 240/32	495–340	34,5	22,0	3,34	3,86
3П110-2	5–20	АС 70/11; АС 120/19	420–220 405–280	30,8	22,0	3,35	3,91
2П110-11	5–20	АС 70/11; АС 120/19; АС 240/32	385–225 455–290 510–350	31,3	23,5	6,5; 12,0	2,58
<i>Анкерно-угловые</i>							
У110-1	5–20	АС 70/11–АС 240/32	–	20,7	10,5	4,8	5,04
У110-3	5–20	АС 70/11–АС 150/24	–	19,9	10,5	4,1	3,25
У110-2	5–20	АС 70/11–АС 240/32	–	24,7	10,5	4,8	7,70
У110-4	5–20	АС 70/11–АС 150/24	–	23,9	10,5	4,1	5,26
ІУ 110-1	5–20	АС 120/19	–	19,0	9,0	3,48	2,95
ІУV110-3	5–20	АС 240/32	–	19,0	9,0	3,78	3,78
ІУ 110-2	5–20	АС 120/19	–	22,6	8,6	3,78	4,16
ІУ 110-4	5–20	АС 240/32	–	22,6	8,6	4,08	5,57

* Опоры для проводов АС 240/32 применяются только в III районе по ветру.

Таблица 1.37

Стальные опоры ВЛ 220 кВ (см. рис. 1.2)

Опоры	Гололед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина В, м	Масса, т
				полная Н	до нижней траверсы Н _т		
<i>Промежуточные</i>							
П220-3	5–20	АС 330/39; АС 400/51	520–380	36,0	25,5	5,0	4,70
П220-2	5–20	АС 330/29; АС 400/51	470–345	41,0	22,5	5,4	6,21
П220-5	5–10	АС 330/39; АС 400/51	520–380	36,0	25,5	7,5; 15,0	3,43
ПМ220-5т	5–10	АС 240/32	470	32,7	25,5	15,0; 7,5	3,54
1П220-1	5–20	АС 240/32; АС 400/51	520–360	35,0	25,5	5,9; 12,7	3,43
2П220-7	5–20	АС 240/32; АС 400/51	520–350	35,0	25,5	7,1; 12,7	3,38
3П220-2	5–20	АС 240/32; АС 400/51	525–355	45,0	26,0	6,06	7,12
2П220-1	5–20	АС 240/32; АС 400/51	540–420	37,5	27,5	3,99	4,39
2П220-3	5–20	АС 240/32	550–380	37,5	27,5	3,99	3,91
1П220-2	5–20	АС 240/32	530–360	43,5	26,0	4,39	5,42
2П220-2	5–20	АС 240/32; АС 400/51	490–350	43,5	26,0	6,06	6,73
<i>Ажурно-угловые</i>							
У220-1	5–20	АС 300/39; АС 400/51	–	25,1	10,5	5,2	8,61
У220-3	5–20	АС 300/39; АС 400/51	–	18,6	10,5	5,2	7,25
У220-2	5–20	АС 300/39; АС 400/51	–	31,6	10,5	5,2	14,4
1У220-1	5–20	АС 240/32	–	24,6	11,1	4,8	6,96
1У220-3	5–20	АС 400/51	–	24,6	11,1	5,1	8,53
1У220-2	5–20	АС 240/32	–	29,4	10,4	5,1	10,63
1У220-4	5–20	АС 400/51	–	29,4	10,4	5,4	13,06
1У220-5	5–20	АС 400/51	–	19,1	11,1	5,21	7,28

Таблица 1.38
Стальные опоры ВЛ 330 кВ (см. рис. 1.2)

Опоры	Гололед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина В, м	Масса, т
				полная Н	до нижней траверсы Н _г		
<i>Промежуточные</i>							
П330-3	5–10	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	495–470 495–450	37,7	25,5	5,42	6,15
П330-2	5–20	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	445–325 425–330	43,5	22,5	5,75	10,08
1П330-1	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	505–350	38,5	26,0	4,2	5,21
2П330-1	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	485–390	38,5	26,0	4,2	6,52
1П330-3	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	525–360	39,7	27,0	8,5; 17,0	5,53
2П330-5	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	510–350	39,7	27,0	10,0; 20,5	6,19
3П330-1	15–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	430–340	41,0	26,0	4,2	6,34
3П330-2	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	490–335	49,0	26,0	6,0	10,75
<i>Анкерно-угловые</i>							
У330-1	5–20	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	–	27,0	10,7	6,24	13,15
У330-3	5–20	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	–	19,3	10,7	6,24	10,50
У330-2Т	5–20	2×АС 300/39; 2×АС 400/51	–	33,4	10,7	6,85	22,97
1У330-1	5–20	2×АС 240/32; 2×АС 400/51	–	28,1	11,6	5,7	13,00
1У330-3	5–20	2×АС 400/51	–	21,6	11,6	5,82	11,95
<i>Промежуточные для прохождения лесных массивов*</i>							
ПЛ 330-1	15	2×АС 400/51	420	42,5	25,5	6,456	9,372
ПЛ 330-1-3	15	2×АС 400/51	375	39,5	22,5	6,050	8,497
ПЛ 330-1-4	15	2×АС 400/51	470	46,5	29,5	7,000	10,390

* Технические данные опор ПЛ указаны для II ветрового района в соответствии с ПУЭ-7.

Таблица 1.39

Стальные опоры ВЛ 500 кВ (см. рис. 1.2)

Шифр опоры	Гололед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина В, м	Масса, т
				полная Н	до нижней траверсы Н _г		
<i>Промежуточные</i>							
ПБ-1	10	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	460–425	32,2	27,2	17,4	6,54
ПБ-2	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	460–350	32,2	27,2	17,4	6,71
ПБ-3	10	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	430–420	32,2	27,2	18,4	7,32
ПБ-4	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	450–345	32,2	27,2	18,4	7,76
P2	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	450–315	33,0	27,0	8,0	11,47
P2+5	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	525–395	38,0	32,0	9,05	13,90
P2+10	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	525–395	43,0	37,0	10,9	16,36
ПМО500-1	10	3×АС 330/43	545	46,0	32,0	15,0	6,95
<i>Промежуточно-угловая</i>							
ПУБ-2	10	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	450–345	32,3	27,0	20,8	9,44
<i>Анкерно-угловые</i>							
У2	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	–	24,5	17,0	28,0	15,45
У2+5	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	–	29,5	22,0	28,0	20,76
У2+12	10–20	3×АС 400/51; 3×АС 500/64	–	36,5	29,0	28,0	28,27
УБМ-17	10–20	3×АС 330/43; 3×АС 400/51; 3×АС 500/64	–	22,2	17,0	24,0; 28,0	–
УБМ-22	10–20	3×АС 330/43; 3×АС 400/51; 3×АС 500/64	–	27,2	22,0	28,0	15,18

Таблица 1.40
Стальные опоры ВЛ 750 кВ (см. рис. 1.2)

Опоры	Гололед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина B , м	Масса, т
				полная H	до нижней грани верха H_1		
<i>Промежуточные</i>							
ПП 750-1	10, 15	5×АС 300/39;	450–415	41,0	35,0	33,2	10,95
ПП 750-3	20	5×АС 400/51	425–365	41,0	35,0	33,2	11,32
ПП 750-5	15, 20		465–385	41,0	35,0	33,2	12,49
ПП750-1к+5	10, 15, 20						12,72
ПС 750-1	10, 15	5×АС 300/39;	540–415	41,0	35,0	17,0	19,88
ПС 750-1+5		5×АС 400/51	600–475	46,0	40,0	17,0	23,77
ПС 750-1+10			600–525	51,0	50,0	17,0	27,21
<i>Аксерно-угловые</i>							
УС 750-1	10, 20	5×АС 300/39;	–	29,9	20,0	42,0	29,3
УС 750-1+5		5×АС 400/51		34,9	25,0	42,0	41,7
УС 750-1+10				39,9	30,0	42,0	46,9
УС 750-1+15				44,9	35,0	42,0	54,7
УО 750-1	10, 15, 20	5×АС 300/39;	–	30,3	21,2	44,0	24,91
УО 750-1+5		5×АС 400/51		35,1	26,0	44,0	27,49
УО 750-1+10				39,9	30,8	44,0	29,65

Таблица 1.41
Многогранные опоры

Шифр опоры	Высота опоры, м	Диаметр, мм		Подземная часть, м	Масса, кг
		верхний	нижний		
<i>Промежуточные</i>					
ПМ 10-2	11,2	180	310	2.0	322,1
ПМ 35-2	22,6	200	620	3.0	1247,2
ПМ 110-2	29,0	200	750	4.0	3165,4
<i>Аксерно-угловые</i>					
АМ 10-1	11,8	180	640	3.0	672,2
УАМ 35-6	16,5; 22,6	200	352	3.0	7509,7
УАМ 110-1	15; 18,8	403	465	4.0	5921,0

1.3.3. Деревянные опоры

Древесина для опор должна удовлетворять требованиям ГОСТ 9463—88* и должна быть пропитана заводским способом в соответствии с ГОСТ 20022.6—93 и ГОСТ 20022.5—93*. При этом качество пропитки должно быть подтверждено актом технического контроля завода.

Элементы опор ВЛ 35 кВ и ниже, кроме траверс и приставок, можно изготавливать из ели и пихты. При изготовлении опор с древесины должна быть целиком удалена кора со снятием луба. Элементы опор выполняются как из круглой, так и из пиленой древесины. Диаметр элементов опор должен приниматься по проекту. При этом для основных элементов опор (стоек, подкосов, траверс) диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 16 см для ВЛ от 6 до 35 кВ и 14 см – для ВЛ 0,4 кВ. Диаметр приставок для опор ВЛ от 6 до 35 кВ допускается не менее 18 см, а для опор ВЛ 0,4 кВ – не менее 14 см. Для вспомогательных

элементов опор ВЛ от 6 до 35 кВ диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см, а для ВЛ 0,4 кВ – не менее 12 см.

Горизонтально и наклонно расположенные торцы стоек и приставок рекомендуется защищать от гниения (крышками, пастой и т. п.). Все детали при сборке опор должны быть плотно пригнаны друг к другу. Зазор в местах врубок и стыков не должен превышать 4 мм. Обработку стоек и приставок следует выполнять таким образом, чтобы стык был совершенно плотным, без просветов. Древесина в местах стыков должна быть без сучков и трещин. Зарубы, затесы и отколы должны быть выполнены на глубину не более 10 % диаметра бревна. Рабочие поверхности врубок должны быть выполнены сплошным пропилом (без долбежки).

Правильность врубок и затесов должна проверяться шаблонами. Сплошные щели в стыках рабочих поверхностей не допускаются. Заполнение клиньями щелей или других неплотностей между рабочими поверхностями не допускается. Отклонение от проектных размеров всех деталей собранной деревянной опоры допускается в пределах: по диаметру ± 2 см, по длине 1 см на 1 м. Отрицательный допуск по длине при изготовлении траверс запрещается.

Отверстие для крюка, высверленное в опоре, должно иметь диаметр, равный внутреннему диаметру нарезки крюка, и глубину – 0,75 длины нарезной части крюка. Крюк должен быть ввернут в тело опоры всей нарезной частью плюс 10–15 мм. Отверстия в опорах должны быть просверлены. Прожигание отверстий нагретыми стержнями запрещается.

Бандажи для сопряжения приставок с опорой должны выполняться из мягкой стальной оцинкованной проволоки диаметром не менее 4 мм. Допускается применение неоцинкованной проволоки диаметром от 5 до 6 мм, покрытой асфальтовым лаком. Число витков бандажа зависит от диаметра проволоки и, если нет специальных указаний в проекте, должно быть равно: 12 – при диаметре проволоки 4 мм; 10 – при 5 мм и 8 – при 6 мм. Все витки бандажа должны быть равномерно натянуты и плотно прилегать друг к другу. При обрыве одного витка весь бандаж следует заменить новым. Концы проволоки бандажа необходимо забивать в дерево на глубину 20–25 мм.

Допускается взамен проволочных бандажей применять специальные стяжные (на болтах) хомуты, механическая прочность которых должна быть проверена расчетом. Каждый бандаж (хомут) должен сопрягать не более двух деталей опоры.

Свойства древесины, которые дают возможность применять ее в качестве строительного материала, разделяются на физические и механические. Из физических свойств древесины, применяемой для ВЛ, большое значение имеет влажность.

Влажностью древесины называется отношение массы влаги, содержащейся в дереве, к массе совершенно сухой древесины. Влажность свежесрубленных деревьев хвойных пород – от 54 до 61 %. При уменьшении влажности дерево подвергается усушке, т. е. уменьшается в размерах. Усушка дерева крайне неблагоприятно отражается на деревянных конструкциях, вызывая слабины в соединениях, развинчивание гаек, ослабление бандажей и т. п. Кроме того, при быстром высыхании дерева возможно его расслоение.

Из механических свойств древесины основным является ее прочность. В эксплуатационных условиях элементы деревянных опор могут испытывать растягивающие или сжимающие усилия, работать на изгиб или скалывание.

Повышенная влажность существенно уменьшает прочность дерева. При изменении влажности от 10 до 30 % предел прочности на сжатие уменьшается более, чем в 2 раза. Аналогично, хотя и в меньших размерах, изменяется и прочность на изгиб. Поэтому для возможности сравнения все результаты испытаний древесины приводятся к влажности 15 %.

Для опор ВЛ может применяться древесина по качеству не ниже 3-го сорта. Срок службы деревянных опор зависит от очень многих факторов: породы и качества древесины,

атмосферных условий, характера грунта и прочих, но в среднем для непропитанного леса он составляет: от 15 до 20 лет – для лиственницы, от 4 до 5 лет – для сосны, от 2 до 3 лет – для ели. В отдельных случаях, в зависимости от климатических условий, срок службы может существенно меняться. Поэтому при использовании древесины под опоры большое внимание уделяется ее пропитке антисептиками. Пропитка антисептиками значительно увеличивает срок службы деревянных опор. Применение для деревянных опор непропитанной сосны или ели запрещается. Способность разных пород дерева поддаваться пропитке различна. Лучше всего поддается пропитке сосна. Ель и лиственница плохо поддаются пропитке, особенно их наружные слои.

В качестве пропитки применяются креозотовое, сланцевое масла и высокоэффективные медно-хромомышьяковые (ССА) составы. Пропитка составами ССА практически не оказывает влияния на механические свойства опор. Опоры, пропитанные составами ССА, в отличие от опор, пропитанных креозотом или сланцевым маслом, не имеют запаха и не выделяют пропиточный состав в окружающую среду. Для производства деревянных опор применяется также пропитка дерева антисептиком АСС-1. Он представляет собой водный раствор органического соединения триэтаноламиновой соли сульфированного совтола ПХДС-Т. Этот антисептик более безопасен и обеспечивает срок службы деревянных опор до 40 лет.

При вычислении массы деталей за единицу принимается масса 1 м^3 древесины (850–900 кг).

На ВЛ 0,4 кВ применяются следующие типы деревянных опор: промежуточные (ПН), перекрестные (ПKN), промежуточные повышенные (ППН), анкерные концевые (АКН), угловые анкерные (УАН), угловые промежуточные (УПН) и ответвительные (ОАН).

Марки опоры расшифровываются следующим образом: первые две или три буквы – вид опоры; цифры – типоразмер; последние буквы – материал опоры.

Для нормальных опор из цельных бревен применяются стойки длиной 9,5 и 11 м, а для составных – 9,5; 7,5 и 6,5 м в сочетании с железобетонными приставками длиной 3,25 и 4,25 м и деревянными приставками длиной 3,5 и 4,5 м. Для повышенных цельностоечных опор используются бревна длиной 11 и 13 м, а для составных – 8,5 и 9,5 м в сочетании с деревянными приставками 6,5 и 8,5 м, железобетонными приставками длиной 4,25 м. Конструкции опор рассчитаны для подвески проводов: алюминиевых А16-А70; сталеалюминиевых АС 16-АС 50. Провода на опорах крепят с использованием изоляторов на стальных крюках типа КН или на штырях типа Д.

Основные данные деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для подвески 5–8 и 8-12 проводов приведены в табл. 1.42-1.44, область применения опор – в табл. 1.45.

Таблица 1.42

Одностоечные деревянные опоры ВЛ 0,4 кВ на 5–8 проводов

Опоры	Стойка		Приставка		Объем древесины в изделии, м^3	Объем железобетона, м^3	Масса металла, кг
	длина, м	диаметр отруба, см	длина, м	диаметр отруба, см			
<i>Промежуточные и перекрестные</i>							
ПН-1Д*	9,5	18	–	–	0,36	–	5,46
ПН-3Д; ПKN-3Д	11,0	16	–	–	0,35	–	–
ПН-1ДД;	6,5	14	4,5	20	0,30	–	1,5

ПКА-1ДД							
ПН-2ДД; ПKN-2ДД	7,5	16	4,5	22	0,40	–	1,5
ПН-3ДД; ПKN-3ДД	7,5	16	4,5	22	0,40	–	2,5
ПН-4ДД; ПKN-4ДД	9,5	16	–	–	0,34	0,22	2,5
ПН-1ДБ; ПKN-1ДБ	7,5	14	–	–	0,16	0,10	1,5
ПН-2ДБ; ПKN-2ДБ	7,5	16	–	–	0,20	0,13	1,5
ПН-3ДБ; ПKN-3ДБ	7,5	16	–	–	0,20	0,13	2,5
ПН-4ДБ; ПKN-4ДБ	9,5	16	–	–	0,28	0,10	2,5
<i>Повышенные промежуточные</i>							
ППН-1Д**	11,0	16	–	–	0,38	–	7,25
ППН-1ДБ	8,5	16	–	–	0,24	0,13	1,5
ППН-2ДБ**	8,5	16	–	–	0,26	0,13	9,75
ППН-3ДБ**	9,5	16	–	–	0,30	0,13	9,75
ППН-4ДБ**	9,5	16	–	–	0,30	0,26	11,25
<i>Промежуточные ***</i>							
ПН-4Д	9,5	14	–	–	0,23	–	–
ПН-5Д	8,5	14	–	–	0,20	–	–
ПН-5ДД	6,5	14	3,5	20	0,26	–	2,00
ПН-6ДД	6,5	14	4,5	20	0,31	–	2,00
ПН-5ДБ	6,5	14	–	–	0,14	0,10	2,00
ПН-6ДБ	6,5	14	–	–	0,14	0,13	2,00

* Длина траверсы 1,8 м, сечение 10х8 см.

** Длина траверсы 2,7 м, сечение 10х8 см.

*** Для двух и четырех проводов.

Таблица 1.43

Сложные деревянные опоры ВЛ 0,4 кВ на 5–8 проводов

Опоры	Стойка		Приставка		Длина полкося, м, при диаметре отруба 18 см	Объем древесины в изделии, м ³	Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг
	длина, м	диаметр отруба, см	длина, м	диаметр отруба, см				
<i>Угловые промежуточные и концевые анкерные</i>								
УПН-1Д; АКН-1Д	11,0	22	–	–	9,5	1,01	–	8,12
УПН-2Д; АКН-2Д	9,5	22	–	–	9,5	0,94	–	18,00 22,82
УПН-1ДД; АКН-1ДД	6,5	18	4,5	20	5,5	0,78	–	14,42
УПН-2ДД; АКН-2ДД	7,5	22	4,5	22	6,5	1,03	–	16,68
УПН-3ДД; АКН-3ДД	7,5	18	4,5	20	6,5	0,85	–	16,72
УПН-4ДД; АКН-4ДД	7,5	20	4,5	20	6,5	0,90	0,23	16,96
УПН-5ДД; АКН-5ДД	9,5	22	4,5	20	6,5	1,09	–	17,02
УПН-1ДБ; АКН-1ДБ	7,5	18	–	–	6,5	0,46	0,23	17,34
УПН-2ДБ; АКН-2ДБ	7,5	22	–	–	6,5	0,58	0,29	17,54
УПН-3ДБ; АКН-3ДБ	7,5	18	–	–	6,5	0,46	0,29	17,74
УПН-4ДБ; АКН-4ДБ	7,5	20	–	–	6,5	0,51	0,29	18,58
УПН-5ДБ; АКН-5ДБ	9,5	22	–	–	6,5	0,72	0,26	17,98
<i>Угловые анкерные</i>								
УАН-1Д	11,0	22	–	–	9,5	1,01	–	18,12
УАН-2Д*	9,5	22	–	–	9,5	0,95	–	22,82

УАН-3Д*	9,5	24	–	–	9,5	1,04	–	23,06
УПН-2Д*	9,5	22	–	–	9,5	0,94	–	18,00
УАН-1ДД	6,5	18	4,5	20	5,5	0,78	–	14,42
УАН-2ДД	7,5	22	4,5	22	6,5	1,03	–	16,68
УАН-4ДД	7,5	20	4,5	20	6,5	0,90	–	16,98
УАН-5ДД	9,5	24	4,5	22	6,5	1,22	–	18,12
УАН-6ДД	7,5	24	4,5	22	6,5	1,12	–	16,68
УАН-1ДБ	7,5	18	–	–	6,5	0,46	0,23	17,34
УАН-2ДБ	7,5	22	–	–	6,5	0,58	0,29	17,54
УАН-4ДБ	7,5	20	–	–	6,5	0,51	0,29	18,58
УАН-5ДБ	9,5	24	–	–	6,5	0,81	0,26	19,38
<i>Ответственные анкеры</i>								
ОАН-1Д	11,0	22	–	–	9,5	1,01	–	18,12
ОАН-2Д**	9,5	22	–	–	9,5	0,97	–	28,44
ОАН-1ДД	6,5	18	4,5	20	5,5	0,78	–	14,42
ОАН-2ДД	7,5	22	4,5	22	6,5	1,03	–	16,68
ОАН-3ДД	7,5	18	4,5	20	6,5	0,85	–	16,72
ОАН-4ДД	7,5	20	4,5	20	6,5	0,90	–	16,96
ОАН-5ДД	9,5	22	4,5	20	6,5	1,09	–	17,02
ОАН-1ДБ	7,5	18	–	–	6,5	0,46	0,23	17,34
ОАН-2ДБ	7,5	22	–	–	6,5	0,58	0,29	17,54
ОАН-3ДБ	7,5	18	–	–	6,5	0,46	0,29	17,74
ОАН-4ДБ	7,5	20	–	–	6,5	0,51	0,29	17,58
ОАН-5ДБ	9,5	22	–	–	6,5	0,72	0,26	17,98

* Длина траверсы 2,1 м; сечение 10х8 см. ** Длина траверсы 1,8 м; сечение 10х8 см.
Примечание. Ригели длиной 0,5 м с диаметром отруба 18 см.

Таблица 1.44

Промежуточные деревянные опоры ВЛ 0,4 кВ на 8—12 проводов

Шифр опоры	Стойка		Приставка		Траверса		Объем древесины в изделии, м ³
	длина, м	диаметр отруба, см	длина, м	диаметр отруба, см	длина, м	сечение, см	
ПНг-ДД-7,2	6,5	16	4,5	22	1,5 (2,3)	10×8	0,396 (0,408)
ПНг-ДД-8,1	7,5	18	4,5	22	1,5 (2,3)	10×8	0,474 (0,486)
ПНг-ДД-9,1	8,5	18	4,5	24	1,8 (2,6)	10×8	0,808 (0,822)
ПНг-ДБ-7,2	7,5	16	–	–	1,5 (2,3)	10×8	0,224 (0,236)
ПНг-ДБ-8,1	7,5	18	–	–	1,5 (2,3)	10×8	0,274 (0,286)
ПНг-ДБ-9,1	8,5	18	–	–	1,8 (2,6)	10×8	0,328 (0,342)
ПНг-ДБ-7,9	8,5	18	–	–	1,5 (2,3)	10×8	0,348 (0,372)

Примечание. Цифры в скобках приведены для траверс на шесть штырей; без скобок – для траверс на четыре штыря.

Таблица 1.45

Область применения деревянных опор для совместной подвески проводов ВЛ 0,4 и 6—10 кВ

Опоры	Область применения
Промежуточные ПС-Д; ПС-1Д; ПС-ДБ; ПС-1ДБ; ПСДД; ПС-1ДД*	На прямых участках ВЛ. Допускают присоединение двух вводов в дома электросети 220 В. Составные опоры устанавливаются приставкой в сторону вводов в здания
Промежуточные переходные: ПСП-ДД; ПСП-ДБ (на двух железобетонных приставках)	На пересечениях с инженерными сооружениями
Угловые промежуточные: УС-Д; УС-ДБ; УС-ДД	На углах поворота ВЛ до 90°
Ответвительные: ОС-Д; ОС-ДБ; ОС-ДД	Для ответвлений как раздельно по ВЛ, так и совместно 0,4 и 6–10 кВ
Концевые: КС-Д; КС-ДБ; КС-ДД	На концах линий при изменении количества проводов на ВЛ 0,4 кВ

* Цифра 1 обозначает крюковой профиль расположения проводов ВЛ 0,4 кВ.

Для совместной подвески проводов применяются следующие типы опор: промежуточные (ПС), концевые (КС), ответвительные (ОС), угловые промежуточные (УС) и промежуточные переходные (ПСП).

Опоры изготавливаются из цельных стоек с железобетонными и деревянными приставками. Марки опор, составленные из двух частей, указывают: тип опоры (ПС, КС и т. д.); конструктивное выполнение стойки: Д – из цельного бревна, ДБ – с железобетонной приставкой, ДД – с деревянной приставкой. Промежуточные опоры выполняются одностоечными, а остальные – подкосной конструкции. Конструкции опор допускают подвеску проводов следующих марок: алюминиевых А 25 – А 70, сталеалюминиевых АС 16 – АС 50; стальных однопроволочных ПСТ4; стальных многопроволочных ПС25. Крепление проводов ВЛ 6-10 кВ двойное, траверса – длиной 2,2 м, сечением 10х12 см. Опоры рассчитаны для применения в I–IV районах по ветру и гололеду при температуре воздуха от -40 до +40 °С.

Основные данные промежуточных деревянных опор ВЛ 6-10 кВ приведены в табл. 1.46, а сложных опор – в табл. 1.47.

Таблица 1.46

Промежуточные деревянные опоры ВЛ 6–10 кВ

Опоры	Длина стойки, м, при диаметре отруба 16 см	Объем древесины, м ³		Объем железобетона, м ³	Масса металла, кг	Местность
		в изделии	с учетом усреднения			
П10-1Д	11,0	0,35	0,47	–	–	Ненаселенная
П10-2Д	11,0	0,37	0,49	–	8,48	
П10-4Д*	11,0	0,46	0,52	–	8,48	
П10-4ДД**	8,5	0,41	0,54	–	2,00	
П10-5ДД**	8,5	0,46	0,59	–	10,39	
П10-7ДБ	8,5	0,24	0,36	0,13	2,00	
П10-8ДБ	8,5	0,26	0,38	0,20	10,39	
П10-3Д	11,0	0,37	0,49	–	11,34	Населенная
П10-9ДБ	8,5	0,26	0,38	0,20	13,33	

* Диаметр отруба стойки 18 см. ** Приставка длиной 4,5 м, диаметр отруба 20 см.

Таблица 1.224

Сложные деревянные опоры ВЛ 6–10 кВ

Опоры	Длина, м			Объем, м ³		Масса металла, кг
	стойки диаметром отруба 18 см	подкоса диаметром отруба 8 см	приставка диаметром отруба 22 см	древесины в изделии	железобетона	
<i>Угловые промежуточные</i>						
УП10-1Д; УП10-2Д	11,0	–	–	1,08	–	28,05
УП10-2ДД; УП10-3ДД	8,5	–	4,5	1,21	–	41,13
УП10-3ДБ; УП10-4ДБ	8,5	–	–	0,76	0,29	41,49
<i>Концевые анкерные</i>						
АК10-1Д; АК10-2Д	11,0	–	–	1,24	–	33,06
АК10-2ДД; АК10-3ДД	8,5	–	4,5	1,37	–	45,74
АК10-3ДБ; АК10-4ДБ	8,5	–	–	0,92	0,29	50,15
<i>Угловые анкерные</i>						
УА10-1Д; УА10-2Д	11,0	11,0	–	1,90	–	60,02
УА10-2ДД; УА10-3ДД	8,5	8,5	4,5	2,09	–	79,03
УА10-3ДБ; УА10-4ДБ	8,5	8,5	–	1,41	0,44	78,66
<i>Ответвительные анкерные</i>						
ОА10-1Д; ОА10-2Д	11,0	–	–	1,32	–	44,65
ОА10-2ДД; ОА10-3ДД	8,5	–	4,5	1,45	–	58,11

Примечание. Диаметр отруба траверсы длиной 2,75 м – 18 см (ОА10-1Д 20 см).

Для переходов ВЛ 6–10 кВ через естественные препятствия и инженерные сооружения в сельских районах применяются простые повышенные деревянные опоры типа ПП на деревянных и железобетонных приставках (табл. 1.48).

Переходные опоры ВЛ 6–10 кВ применяются при пересечении: ВЛ напряжением до 10 кВ включительно; ВЛ связи I–III классов; автомобильных и шоссейных дорог I–IV категорий; железных дорог, несудоходных и судоходных рек; трубопроводов и канатных дорог.

Сложные переходные опоры применяются следующих типов: анкерные концевые типа ПАК10 и угловые анкерные типов ПУА10, ПУА20.

Промежуточные опоры выполняются одностоечной конструкции с креплением штыревых изоляторов на крюках, а также на траверсе, установленной на вершине стойки. Опоры с крюками рекомендуется применять в I–II районах по гололеду при условии соблюдения требуемых по нормам расстояний от проводов ВЛ до пересекаемых объектов.

Таблица 1.48

Промежуточные деревянные опоры ВЛ 6–10 кВ для переходов через инженерные сооружения

Шифр опоры	Стойка		Приставка		Объем, м ³		Масса металла, кг
	длина, м	диаметр отруба, см	длина, м	диаметр отруба, см	древесины в изделии	железобетона	
ПП10-1Д	11,0	18,0	6,5–8,5	22	0,343	–	7,28
ПП10-1ДД	11,0	18,0			1,06	11,70	
ПП10-2ДД;	11,0	18,0			1,123	18,98	
ПП10-3ДД	13,0	18,0			0,84	11,70	
ПП10-4ДД	13,0	18,0			0,903	18,98	
ПП10-1ДБ*	11,0	18,0	–	–	0,44	0,26	21,4
ПП10-2ДБ;	11,0	18,0	–	–	0,50	0,26	28,26
ПП10-3ДБ	13,0	18,0	–	–	0,44	0,27	11,26
ПП10-4ДБ	13,0	18,0	–	–	0,50	0,27	17,98
ПП10-5ДБ	11,0	18,0	–	–	0,233	0,13	14,24

* Длина траверсы 2,75 м при диаметре отруба 16 см.

Стойки опор изготавливаются из бревен длиной 11 и 13 м, а приставки – из бревен длиной 6,5 и 8,5 м. Конструкции опор рассчитаны для подвески проводов следующих марок: алюминиевых А35 – А120; сталеалюминиевых АС35 – АС70, стальных многопроволочных ПС25 – ПС50. Крепление проводов на промежуточных и анкерно-угловых переходных опорах осуществляется так же, как и в населенной местности. Основные данные сложных деревянных опор приведены в табл. 1.49.

Для защиты переходов от атмосферных перенапряжений на переходных опорах предусматривается установка разрядников.

Таблица 1.49

Сложные деревянные опоры ВЛ 6—10 кВ для переходов через инженерные сооружения

Опоры	Длина, м, при диаметре отруба 22 см			Объем, м ³		Масса металла, кг
	стойки	подкоса	приставки	древесины в изделии	железобетона	
<i>Концевые анкерные</i>						
ПАК10-1ДД	11,0	–	6,5	2,59	–	51,10
ПАК10-2ДД	11,0	–	8,5	3,07	–	51,10
ПАК10-3ДД	13,0	–	8,5	3,54	–	54,78
ПАК10-1ДБ	11,0	–	–	1,30	1,10	71,99
ПАК10-2ДБ	13,0	–	–	1,77	1,10	75,68
ПАК10-3ДБ	13,0	–	–	1,77	0,54	58,48
<i>Угловые анкерные</i>						
ПУА 10-1ДД	11,0	11,0	6,5	3,08	–	93,16
ПУА 10-2ДД	11,0	11,0	8,5	3,44	–	93,16
ПУА 10-3ДД	13,0	13,0	8,5	4,31	–	105,43
ПУА 10-1ДБ	11,0	11,0	–	2,08	0,84	118,18
ПУА 10-2ДБ	13,0	13,0	–	2,95	0,84	129,44

Примечание. Длина поперечины 3,5 м (ПАК10-3ДБ – 4,5 м) при диаметре отруба 16 см.

1.4. ПРОВОДА И ТРОСЫ

1.4.1. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи

По конструкции провода неизолированные делятся на однопроволочные, состоящие из одной проволоки, и многопроволочные, состоящие из нескольких или даже нескольких десятков проволок.

Однопроволочные провода бывают монометаллические (стальные, медные, алюминиевые) и биметаллические (сталемедные или сталеалюминиевые).

Биметаллические провода имеют однопроволочный стальной сердечник, обеспечивающий проводу необходимую механическую прочность, и сваренную с ним «рубашку» из цветного металла (меди, алюминия). Биметаллическая сталемедная проволока в качестве проводов на ВЛ 0,4 кВ применяется в условиях загрязненной атмосферы.

Согласно ПУЭ на ВЛ до 1 кВ сечение биметаллических проводов по условиям механической прочности должно быть не менее 10 мм².

Многопроволочные провода бывают монометаллические (алюминиевые, медные) и комбинированные (сталеалюминиевые, сталебронзовые). Алюминиевые, медные и сталеалюминиевые провода выпускаются по ГОСТ 839-80* (табл. 1.50). Они состоят из нескольких повивов проволок одного диаметра. В центре сечения провода располагается одна проволока, вокруг нее концентрически – шесть проволок второго повива, затем проволоки третьего повива и т. д. При этом число проволок в каждом повиве увеличивается на шесть по сравнению с предыдущим. Центральная проволока в проводе считается первым повивом.

Таблица 1.50

Марки проводов и их конструкция

Марка провода	Конструкция провода
А	Провод, скрученный из алюминиевых проволок
АКП	Провод марки А, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости
АС	Провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок
АСКС	Провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости

АСКП	Провод марки АС, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости
АСК	Провод марки АС, но стальной сердечник изолирован двумя лентами полиэтилентерефталатной пленки. Многопроволочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными листами должен быть покрыт нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости
АН	Провод, скрученный из проволок нетермообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ
АНКП	Провод марки АН, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости
АЖ	Провод, скрученный из проволок термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ
АЖКП	Провод марки АЖ, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости

При применении стальной оцинкованной проволоки 2-й группы для изготовления провода марки АС в обозначении его марки к букве С добавляют цифру 2.

Примеры условного обозначения:

сталеалюминиевый провод, заполненный нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости, с номинальными сечениями алюминиевой части 450 мм^2 и стального сердечника 56 мм^2 – АСКС450/56 ГОСТ 839—80*;

сталеалюминиевый провод с применением стальной проволоки 2-й группы, с номинальным сечением алюминиевой части 450 мм^2 и стального сердечника 56 мм^2 – АС2 450/56 ГОСТ 839—80*;

провод из алюминиевого термообработанного сплава с номинальным сечением 50 мм^2 – АЖ 50 ГОСТ 839—80*.

Номинальное сечение неизолированных проводов, число проволок и диаметры проводов и проволок приведены в табл. 1.51 и 1.52, а их расчетные параметры – в табл. 1.53—1.56.

Таблица 1.51

Алюминиевые провода

Номинальное сечение проводов, мм ²	Провода марок А и АКП			Провода марок АН, АНКП, АЖ и АЖКП		
	число проволок	номинальный диаметр, мм		число проволок	номинальный диаметр, мм	
		проволок	провода		проволок	провода
10	7	1,35	4,05	—	—	—
16	7	1,70	5,1	7	1,70	5,1
25	7	2,13	6,4	7	2,13	6,4
35	7	2,50	7,5	7	2,50	7,5
50	7	3,00	9,0	7	3,00	9,0
70	7	3,55	10,7	—	—	—
95	7	4,10	12,3	—	—	—
120	19	2,80	14,0	19	2,80	14,0
150	19	3,15	15,8	19	3,15	15,8
185	19	3,50	17,5	19	3,50	17,5
200	19	3,66	18,1	—	—	—
240	19	4,00	20,0	—	—	—
300	37	3,15	22,1	—	—	—
350	37	3,45	24,2	—	—	—
400	37	3,66	25,6	—	—	—
450	37	3,90	27,3	—	—	—
500	37	4,15	29,1	—	—	—
550	61	3,37	30,3	—	—	—
600	61	3,50	31,5	—	—	—
650	61	3,66	32,9	—	—	—
700	61	3,80	34,2	—	—	—

Таблица 1.52

Сталеалюминиевые провода марок АС, АСК, АСКС и АСКП

Номинальное сечение проводов, мм ²	Диаметр провода, мм	Алюминиевая часть провода		Стальной сердечник		Отношение сечения алюминиевой части провода к сечению стального сердечника
		число проволок	номинальный диаметр проволок, мм	число проволок	номинальный диаметр проволок, мм	
10/1,8	4,5	6	1,50	1	1,50	6,00
16/2,7	5,6	6	1,85	1	1,50	6,00
25/4,2	6,9	6	2,30	1	2,30	6,00
35/6,2	8,4	6	2,80	1	2,80	6,00
50/8,0	9,6	6	3,20	1	3,20	6,00

70/11	11,4	6	3,80	1	3,80	6,00
70/72	15,4	18	2,20	19	2,20	0,95
95/16	13,5	6	4,50	1	4,50	6,00
95/141	19,8	24	2,20	37	2,20	0,65
120/19	15,2	26	2,40	7	1,85	6,25
120/27	15,4	30	2,20	7	2,20	4,29
150/19	16,8	24	2,80	7	1,85	7,85
150/24	17,1	26	2,70	7	2,10	6,14
150/34	17,5	30	2,50	7	2,50	4,29
185/24	18,9	24	3,15	7	2,10	7,71
185/29	18,8	26	2,98	7	2,30	6,24
185/43	19,6	30	2,80	7	2,80	4,29
185/128	23,1	54	2,10	37	2,10	1,46
205/27	19,8	24	3,30	7	2,20	7,71
240/32	21,6	24	3,60	7	2,40	7,71
240/39	21,6	26	3,40	7	2,65	6,11
240/56	22,4	30	3,20	7	3,20	4,29
300/39	24,0	24	4,00	7	2,65	7,81
300/48	24,1	26	3,80	7	2,95	6,16
300/66	24,5	30	3,50	19	2,10	4,39
300/67	24,5	30	3,50	7	3,50	4,29
300/204	29,2	54	2,65	37	2,65	1,46
330/30	24,8	48	2,98	7	2,30	11,55
330/43	25,2	54	2,80	7	2,80	7,71
400/18	26,0	42	3,40	7	1,85	20,27
400/22	26,6	76	2,57	7	2,00	17,93
400/51	27,5	54	3,05	7	3,05	7,71
400/64	27,7	26	4,37	7	3,40	6,14
450/56	28,8	54	3,20	7	3,20	7,71
500/26	30,0	42	3,90	7	2,20	18,86
550/71	32,4	54	3,60	7	3,60	7,71
600/72	33,2	54	3,70	19	2,20	8,04

Таблица 1.53

Расчетные параметры проводов марок А и АКП

Номинальное сечение, мм ²	Сечение, мм ²	Диаметр провода, мм	Разрывное усилие провода, Н, не менее	Масса 1 км провода без смазки, кг
10	10,0	4,05	1950	27,4
16	15,9	5,10	3021	43,0
25	24,9	6,40	4500	68,0
35	34,3	7,50	5913	94,0
50	49,5	9,00	8198	135,0
70	69,3	10,70	11 288	189,0
95	92,4	12,30	14 784	252,0
120	117,0	14,00	19 890	321,0
150	148,0	15,80	24 420	406,0
185	182,8	17,50	29 832	502,0
200	200,0	18,10	32 000	549,7
240	238,7	20,00	38 192	655,0
300	288,3	22,10	47 569	794,0
350	345,8	24,20	57 057	952,0
400	389,2	25,60	63 420	1072,0
450	449,1	27,30	71 856	1206,0
500	500,4	29,10	80 000	1378,0
550	544,0	30,30	89 760	1500,0
600	586,8	31,50	95 632	1618,0

Таблица 1.54

Расчетные параметры проводов марок АС, АСК, АСКП, АСКС

Номинальное сечение, мм ²	Сечение алюминия стали, мм ²	Диаметр, мм		Разрывное усилие, Н, не менее	Масса 1 км провода без смазки, кг
		провода	проволоки стального сердечника		
10/1,8	10,6/1,77	4,5	1,5	4089	42,7
16/2,7	16/2,69	5,6	1,85	6220	64,9
25/4,2	24,9/4,15	6,9	2,3	9296	100,3
35/6,2	36,9/6,15	8,4	2,8	13 524	148,0
50/8,0	48,2/8,04	9,6	3,2	17 112	195,0
70/11	68/11,3	11,4	3,8	24 130	276,0

70/72	68,4/72,2	15,4	11,0	96 826	755,0
95/16	95,4/15,9	13,5	4,5	33 369	385,0
95/141	91,2/141	19,8	15,4	180 775	1357,0
120/19	118/18,8	15,2	5,6	41 521	471,0
120/27	114/26,6	15,4	6,6	49 465	528,0
150/19	148/18,8	16,8	5,6	46 307	554,0
150/24	149/24,2	17,1	6,3	52 279	599,0
150/34	147/34,3	17,5	7,5	62 643	675,0
185/24	187/24,2	18,9	6,3	58 075	705,0
185/29	181/29	18,8	6,9	62 055	728,0
185/43	185/43,1	19,6	8,4	77 767	846,0
185/128	187/128	23,1	14,7	183 816	1525,0
205/27	205/26,6	19,8	6,6	63 740	774,0
240/32	244/31,7	21,6	7,2	75 050	921,0
240/39	236/38,6	21,6	8,0	80 895	952,0
240/56	241/56,3	22,4	9,6	98 253	1106,0
300/39	301/38,6	24,0	8,0	90 574	1132,0
300/48	295/47,8	24,1	8,9	100 623	1186,0
300/66	288,5/65,8	24,5	10,5	117 530	1313,0
300/67	288,5/67,3	24,5	10,5	126 270	1323,0
300/204	298/204	29,2	18,6	284 579	2428,0
330/30	335/29,1	24,8	6,9	88 848	1152,0
330/43	332/43,1	25,2	8,4	103 784	1255,0
400/18	381/18,8	26,0	5,6	856 000	1199,0
400/22	394/22	26,6	6,0	95 115	1261,0
400/51	394/51,1	27,5	9,2	120 481	1490,0
400/64	390/63,5	27,7	10,2	129 183	1572,0
450/56	434/56,3	28,8	9,6	131 370	1640,0
500/26	502,0/26,0	30,0	6,6	112 188	1592,0
550/71	549,0/71,2	32,4	10,8	166 164	2076,0
600/72	580,0/72,2	33,2	11,0	183 835	2170,0

Таблица 1.55

Расчетные параметры проводов марок АН, АЖ, АНКП, АЖКП

Номинальное сечение, мм ²	Диаметр провода, мм	Разрывное усилие провода, Н, не менее		Масса 1 км провода без смазки, кг
		АН, АНКП	АЖ, АЖКП	
16	5,1	3550	4658	43
25	6,4	5109	6972	68
35	7,5	7031	9600	94
50	9,0	10 140	13 827	135
120	14,0	23 967	32 685	321
150	15,8	30 331	41 363	406
185	17,5	37 451	51 062	502

Таблица 1.56 Строительная длина проводов ВЛ (ГОСТ 839—80*)

Номинальное сечение токопроводящей части провода, мм ²	Строительная длина, м, не менее, проводов		
	А, АКП	АН, АНКП, АЖ, АЖКП	АС, АСКП, АСКС, АСК
10	–	–	3000
16	4500	4500	3000
25	4000	4000	3000
35	4000	4000	3000
50	3500	3500	3000
70	2500	–	2000
95	2000	–	1500
120	1500	1500	2000
150	1250	1250	2000
185	1000	1000	2000
205	–	–	2000
240	1000	–	2000
300	1000	–	2000
330	–	–	2000
350	1000	–	–
400	1000	–	1500
450	1000	–	1500
500	1000	–	1500
550	1000	–	1200
600	800	–	1200

Примечание. По требованию потребителя допускается изготовление проводов с другими строительными длинами.

Допускаются отрезки в количестве не более 5 % партии (для проводов с проволокой из сплава алюминия не более 10 %) длиной, не менее: 250 м – проводов сечением до 185 мм² включительно; 500 м – проводов сечением выше 185 мм².

В соответствии с ГОСТ 839-80* срок службы должен быть не менее:

45 лет – проводов марок А, АС;

25 лет – проводов марок АКП, АН, АНКП, АЖ, АЖКП, АСКП; 10 лет – проводов марок АСКС, АСК.

Основные нормативные данные по применению проводов приведены в табл. 1.57-1.60, а характеристики медных и алюминиевых полых проводов – в табл. 1.61.

Таблица 1.57

Минимальное допустимое сечение сталеалюминиевых проводов ВЛ по условиям механической прочности

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм ²
ВЛ без пересечений, переходы ВЛ через судоходные реки и каналы, пролеты пересечений ВЛ с инженерными сооружениями (линиями связи, надземными трубопроводами и канатными дорогами), железными дорогами и другими инженерными сооружениями при толщине стенки гололеда, мм:	
10	35
15–20	50
Более 20	70

Таблица 1.58

Наибольший допустимый пролет ВЛ с алюминиевыми, сталеалюминиевыми и стальными проводами и проводами из алюминиевых сплавов малых сечений

Провода	Предельный пролет, м, при толщине стенки гололеда, мм		
	до 10	15	20
<i>Алюминиевые</i>			
A35	140	–	–
A50	160	90	60
A70	190	115	75
A95	215	135	90
A120	270	150	110
<i>Из алюминиевых сплавов</i>			
АН35	210	115	75
АН50	265	155	100
АН70	320	195	130
АН95	380	235	160
АН120	435	270	185
АЖ35	280	175	120
АЖ50	350	220	140
АЖ70	430	270	180
АЖ95	500	330	230
АЖ120	550	370	260
<i>Сталеалюминиевые</i>			
АС 25/4,2	230	–	–
АС 35/6,2	320	200	140
АС 50/8,0	360	240	160
АС 70/11	430	290	200
АС 95/16, АС 95/15	525	410	300
АС 120/19	660	475	350
<i>Стальные</i>			
ПС25	520	220	150

Примечание. Указанные значения предельных пролетов действительны для алюминиевых проводов из проволоки АТ и АТп.

Таблица 1.59

Наименьшее сечение проводов ответвления от ВЛ к вводам

Провод	Наименьшее сечение, мм ² , в пролете	
	до 10 м	от 10 до 25 м
Медный самонесущий	4	6
Стальной, биметаллический	7	12,5
Из алюминия и его сплавов	16	16

Таблица 1.60

Рекомендуемые области применения проводов различных марок

Область применения	Марка провода	Номинальное сечение, мм ²	Отношение сечений алюминиевой части и стального сердечника
Районы с толщиной стенки гололеда: до 20 мм	АС	До 185 240 и более	6–6,25
	АЖ	120–185	–
	АС	До 95 120–400 450 и более	6 4,29–4,39 7,71–8,04
более 20 мм	АС	До 95 120–400 450 и более	6 4,29–4,39 7,71–8,04
Побережье морей, соленых озер, районы засоленных песков, промышленные районы, где сталеалюминиевые провода разрушаются от коррозии*	АСК, АСКС, АСКП	120–300	6,11–6,25
Сети сельскохозяйственного назначения до 110 кВ	А (АН)	50–240	–
	АС (АЖ)	50–185	–

* На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширина прибрежной полосы принимается равной 5 км, а расстояние от химических предприятий – 1,5 км.

Таблица 1.61

Характеристики полых проводов

Марка провода	Расчетное сечение, мм ²	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр по вписанной окружности, мм	Разрывное усилие провода, кН	Длительно допустимая токовая нагрузка, А	Строительная длина, м	Масса провода, кг/км
ПМ-240	237 ± 7,0	30	23,4	88,3	950	600	2110
ПМ-300	295 ± 13,0	35	28,0	109,9	1050	600	2630
ПА-500	494 ± 8,0	45	37,0	70,2	1000	600	1330
ПА-640	655 ± 15,9	59	51,5	93,1	1325	600	1820

Примечание. Марками ПМ обозначены полые медные провода; ПА – полые алюминиевые провода.

1.4.2. Грозозащитные тросы

В качестве грозозащитных тросов на ВЛ применяются стальные канаты.

Наиболее употребительными на ВЛ являются канаты (табл. 1.62) диаметром 8; 9,2 мм по ГОСТ 3062—80*, диаметром 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16 мм по ГОСТ 3063—80*, диаметром 17; 18,5; 21; 22,5 мм по ГОСТ 3064—80*.

Таблица 1.62

Характеристики стальных канатов

Диаметр каната, мм	Площадь сечения всего каната, мм ²	Число и диаметр проволок, мм	Разрывное усилие каната в целом, Н	Маркировочная группа, Н/мм ²	Ориентировочная масса 1 км смазанного каната, кг
8,0	38,01	1×2,8 + 6×2,6	63 950	1860	330,5
9,2	50,45	1×3,2 + 6×3,0	84 550	1860	438,5
10,0	60,35	1×2,2 + 18×2,0	79 800	1470	519,0
11,0	72,95	1×2,4 + 18×2,2	96 100	1470	627,4
13,0	101,72	1×2,8 + 18×2,6	134 000	1470	873,0
14,0	117,9	1×3,0 + 18×2,8	155 000	1470	1050,0
15,0	135,28	1×3,2 + 18×3,0	178 000	1470	1160,0
16,0	153,84	1×3,4 + 18×3,2	202 500	1470	1320,0
17,0	168,17	1×2,6 + 36×2,4	—	2060	1425,0
18,5	197,29	1×2,8 + 36×2,6	—	2060	1685,0
21,0	262,51	1×3,2 + 36×3,0	—	2060	2240,0
22,5	298,52	1×3,4 + 36×3,2	—	2060	2550,0

Стальные канаты диаметром более 11 мм применяются главным образом при сооружении больших переходов через реки, овраги и другие препятствия.

1.4.3. Самонесущие изолированные провода

В последние десятилетия в мире все большее применение в практике строительства воздушных линий электропередачи находят самонесущие изолированные провода. Они применяются при строительстве воздушных линий электропередачи до 1 кВ и 6—110 кВ при температуре от —45 до +50 °С.

Преимущества самонесущих изолированных проводов (СИП):

возможность применения опор действующих проектов и новых опор меньшей высоты; высокая надежность и бесперебойность энергообеспечения потребителей; отсутствие коротких замыканий между проводами фаз, случайных перекрытий; малая вероятность замыкания на землю;

уменьшение расстояния между проводами на опорах и в пролете; уменьшение ширины просеки при строительстве; отсутствие гололедообразования на проводах; общее снижение энергетических потерь в линиях электропередачи;

сокращение трудозатрат при строительстве линий;

сокращение общих эксплуатационных расходов за счет уменьшения объемов аварийно-восстановительных работ.

Провода АМКА и SАХ изготавливаются из термоупрочненного алюминиевого сплава, имеют круглую форму сечения. Все провода, за исключением несущего нулевого провода,

имеют изолированную оболочку из атмосферостойкого полиэтилена с включением газовой сажи для обеспечения длительного срока эксплуатации. Провод SAX покрыт изолирующей оболочкой толщиной не менее 2,3 мм из атмосферостойкого светостабилизированного полиэтилена. Провода АМКА и SAX сохраняют механическую прочность и электрические параметры при температурах окружающей среды от -45 до $+50$ °С, не распространяют горения.

Перечень нормативно-технической документации на проектирование, сооружение и эксплуатацию опытно-промышленных ВЛ 0,38 кВ с самонесущими проводами АМКА и ВЛ 6—20 кВ с проводами SAX включает в себя следующие материалы:

Техническую информацию об изолированных проводах, скрученных в жгут, для ВЛ 0,38 кВ АМКА, и о ВЛ 6—20 кВ с проводами SAX;

Правила устройства опытно-промышленных воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами АМКА и ВЛ 6—20 кВ с проводами SAX;

Руководство по проектированию опытно-промышленных воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ с самонесущими изолированными проводами АМКА и ВЛ 6—20 кВ с проводами SAX;

Рекомендации по монтажу самонесущих изолированных проводов АМКА на ВЛ 0,38 кВ и на ВЛ 6—20 кВ проводов SAX;

Методические указания по эксплуатации опытно-промышленных ВЛ 0,38 кВ с самонесущими изолированными проводами типа АМКА и ВЛ 6—20 кВ с проводами SAX, имеющими изолирующее покрытие (ВЛ от 6 до 20 кВ SAX).

Основные конструктивные параметры проводов типа АМКА и SAX приведены в табл. 1.63 и 1.64.

Таблица 1.63

Конструктивные параметры СИП

Количество проводов и номинальное сечение, мм ²	Эффективный диаметр жгута для расчета ветровых нагрузок, мм	Разрушающая нагрузка провода, кН	Масса жгута, кг/км
1×16 + 25	11	7,4	140
3×16 + 25	20	7,4	270
3×25 + 35	23	10,3	390
3×35 + 50	27	14,2	530
3×50 + 70	31	20,6	700
3×70 + 95	36	27,9	990
3×120 + 95	42	27,9	1510
4×16 + 25	22	7,4	330
4×16 + 35	25	10,3	490

Таблица 1.64

Конструктивные параметры провода SAX

Сечение жилы, мм ²	Номинальный диаметр токопроводящей жилы провода, мм	Номинальный диаметр провода с изоляцией, мм	Разрушающее усилие, кН	Масса провода, кг/км
35	6,9	11,5	10,3	160
50	8,0	12,7	14,2	200
70	9,7	14,3	20,6	270
95	11,3	16,0	27,9	350
120	12,8	17,5	35,3	425
150	14,2	18,9	43,4	510
185	15,7	20,5	54,3	620
240	18,1	22,8	70,6	785

ОАО «Севкабель», Санкт-Петербург, по ТУ 16.к71-268—98 и ПУ ВЛИ до 1 кВ выпускаются самонесущие изолированные провода типа СИП на напряжение 0,6/1 кВ. (табл. 1.65).

СИП выпускаются четырех основных типов исполнения: СИП-1А – все жилы, в том числе несущий трос, имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена;

СИП-1 – все жилы, за исключением неизолированного нулевого несущего троса, имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена;

СИП-2А – все жилы, в том числе несущий трос, имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена;

СИП-2 – все жилы, за исключением нулевого неизолированного несущего троса, имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

Таблица 1.65

Конструктивные параметры СИП

Конструкция провода	Номинальное сечение токопроводящей жилы провода, мм ²	Номинальный диаметр провода с изоляцией, мм	Разрушающее усилие несущего троса, кН, не менее	Масса провода, кг/км	
				СИП-1; СИП-1А	СИП-2; СИП-2А
1×16 + 1×25	16	15	7,4	140	135
3×16 + 1×25	16	22	7,4	270	260
3×25 + 1×35	25	26	10,3	390	380
3×35 + 1×50	35	30	14,2	530	520
3×50 + 1×70	50	35	20,6	700	690
3×70 + 1×95	70	41	27,9	990	960
3×120 + 1×95	120	47	27,9	1510	1460
4×16 + 1×25	16	22	7,4	330	320

Кроме вышеперечисленных ОАО «Севкабель» по ТУ 16.к71-272—98 и ПУ ВЛЗ 6—20 кВ изготавливаются высоковольтные самонесущие изолированные провода на напряжение до 20 кВ – СИП-3 (табл. 1.66).

Таблица 1.66

Конструктивные параметры СИП-3

Сечение жилы, мм ²	Номинальный диаметр токопроводящей жилы провода, мм	Номинальный диаметр провода с изоляцией, мм	Разрушающее усилие несущего троса, кН, не менее	Масса провода, кг/км
1×50	8,0	12,6	14,2	239
1×70	9,7	14,3	20,6	304
1×95	11,3	16,0	27,9	383
1×120	12,8	17,4	35,2	461

РАО «ЕЭС России» для реконструкции существующих и строительства новых линий электропередачи на напряжение до 1 кВ рекомендован самонесущий изолированный провод «Торсада» производства компании «Алкатель» (Франция). Провод «Торсада» состоит из трех изолированных фазных проводников, скрученных вокруг гибкого изолированного несущего нулевого троса. Нулевой трос, как и все фазные проводники, имеет изолирующую оболочку из полиэтилена. Жилы фазных проводов выполнены из алюминия, жила несущего провода – из алюминиевого сплава. Для фазных проводов сечением 25–70 мм² используется несущий провод сечением 54,6 мм²; сечением 95–150 мм² – несущий провод сечением 70 мм². Компания «Алкатель» комплектует СИП всей необходимой подвесной и соединительной арматурой. Провод «Торсада» рекомендуется использовать во всех климатических районах по ветру и гололеду при температуре окружающей среды от –45 до +50 °С; СИП «Торсада» сертифицирован для использования в России.

Технические характеристики СИП «Торсада» приведены в табл. 1.67 и 1.68.

Таблица 1.67

СИП «Торсада»

Конструкция жгута	Диаметр, мм				жгута	Масса жгута, кг/км
	жилы		жилы с изоляцией			
	фазного провода	нулевого провода	фазного провода	нулевого провода		
3×25 + 54,6	5,8	–	8,6	–	24	531
3×25 + 54,6 + 16	5,8	4,6	8,6	7,0	25	600
3×25 + 54,6 + 2×16	5,8	4,6	8,6	7,0	26,5	670
3×35 + 54,6	6,8	–	10,0	–	24,6	641
3×35 + 54,6 + 16	6,8	4,6	10,0	7,0	25,5	710
3×35 + 54,6 + 2×16	6,8	4,6	10,0	7,0	27,5	779
3×50 + 54,6	7,9	–	11,1	–	27	770
3×50 + 54,6 + 16	7,9	4,6	11,1	7,0	28,5	839
3×50 + 54,6 + 2×16	7,9	4,6	11,1	7,0	30	907
3×70 + 54,6	9,7	–	13,3	–	30	985
3×70 + 54,6 + 16	9,7	4,6	13,3	7,0	32,2	1054
3×70 + 54,6 + 2×16	9,7	4,6	13,3	7,0	33	1122
3×70 + 70	9,7	–	13,3	–	32	1034
3×70 + 70 + 16	9,7	4,6	13,3	7,0	33	1103
3×70 + 70 + 2×16	9,7	4,6	13,3	7,0	34	1172
3×150 + 70	13,9	–	17,3	–	40	1749
3×150 + 70 + 16	13,9	4,6	17,3	7,0	41	1817
3×150 + 70 + 2×16	13,9	4,6	17,3	7,0	42	1885

Таблица 1.68

СИП «Торсада» для ответвительных линий электропередачи

Конструкция жгута	Диаметр, мм				Масса жгута, кг/км
	жилы	жилы с изоляцией		жгута	
		min	max		
2×16	4,6	7,0	7,8	14,0	137
2×25	5,8	8,6	9,4	17,2	210
4×16	4,6	7,0	7,8	17,8	274
4×25	5,8	8,6	9,4	20,2	420
2×16 + 2×1,5	4,6	7,0	7,8	16,0	191
4×16 + 2×1,5	4,6	7,0	7,8	19,4	328
2×25 + 2×1,5	5,8	8,6	9,4	19,5	264
4×25 + 2×1,5	5,8	8,6	9,4	21,6	474

1.5. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Линейные изоляторы предназначены для подвески проводов и грозозащитных тросов к опорам линий электропередачи. В зависимости от напряжения линий электропередачи применяются штыревые или подвесные изоляторы, изготовленные из стекла, фарфора или полимеров (рис. 1.3–1.5).

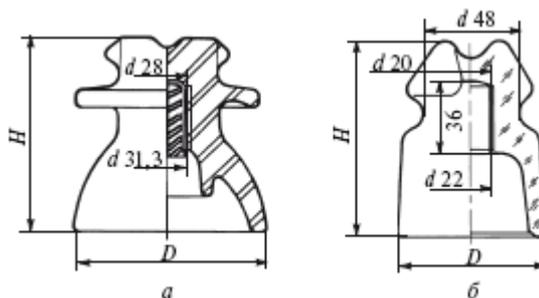


Рис. 1.3. Линейные штыревые изоляторы: *a* – фарфоровый ШФ-10Г; *б* – стеклянный НС 18А

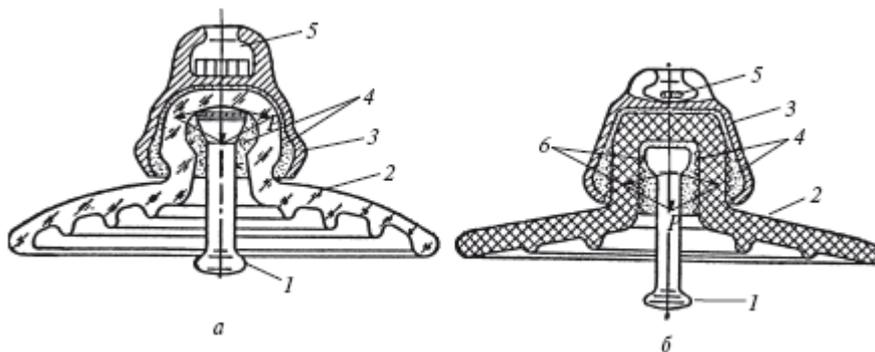


Рис. 1.4. Конструкции подвесных тарельчатых изоляторов: *a* – из закаленного стекла с конусной заделкой деталей; *б* – из фарфора с «арочной» заделкой деталей; *1* – стержень; *2* – изоляционная деталь; *3* – шапка; *4* – цементная заделка; *5* – замок; *6* – герметик

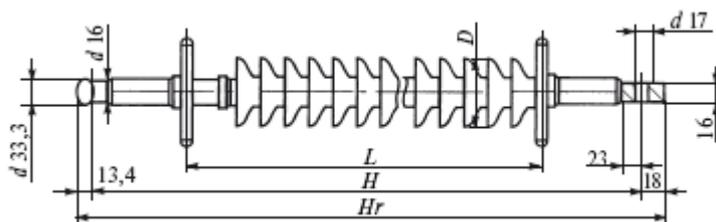


Рис. 1.5. Полимерный изолятор типа ЛК 70/35-АIV

Штыревые изоляторы применяются при напряжении от 0,4 до 6 кВ, при напряжении от 10 до 35 кВ применяются как штыревые, так и подвесные изоляторы.

Изоляторы из закаленного стекла в отличие от фарфоровых не требуют проверки на электрическую прочность перед монтажом. В случае наличия дефекта изолирующая деталь стеклянного изолятора рассыпается на мелкие части, а остаток стеклянного изолятора сохраняет несущую способность, равную не менее 75 % номинальной электромеханической прочности изолятора.

Полимерные изоляторы представляют собой комбинированную конструкцию, состоящую из высокопрочных стержней из стеклопластика с полимерным защитным покрытием, тарелок и металлических наконечников. Стеклопластиковый стержень защищается от внеш-

них воздействий защитной оболочкой, стойкой к ультрафиолетовому излучению и химическим воздействиям. Полимерные изоляторы позволяют заменить целые гирлянды стеклянных и фарфоровых изоляторов. Кроме того, полимерные изоляторы значительно легче, чем гирлянды из стекла и фарфора.

Эксплуатационные характеристики изоляторов зависят от аэродинамических характеристик изолирующей детали («тарелки») изолятора. Хорошее обтекание изолятора способствует уменьшению загрязнения, лучше происходит его самоочистка ветром и дождем и, как следствие, не происходит значительного снижения уровня изоляции гирлянды.

Основные характеристики изолятора – его механическая разрушающая сила, кН, электромеханическая разрушающая сила, кН, а также соотношение длины пути утечки изолятора, мм, к строительной высоте изолятора, мм.

Механическая разрушающая сила – наименьшее значение силы, приложенной к изолятору в определенных условиях, при которой он разрушается.

Электромеханическая разрушающая сила – наименьшее значение силы, приложенной к изолятору в определенных условиях, находящемуся под действием разности электрических потенциалов, при которой он разрушается.

Длина пути утечки изолятора – это кратчайшее расстояние или сумма кратчайших расстояний по контуру наружной изоляционной поверхности между частями, находящимися под разными электрическими потенциалами. От этой величины зависит надежность работы изолятора при загрязнении и увлажнении.

Хранение изоляторов на площадке должно осуществляться под навесом и в таком положении, чтобы избежать скопления воды в полостях изолятора. Технические характеристики изоляторов приведены в табл. 1.69—1.71.

Таблица 1.69

Штыревые изоляторы (см. рис. 1.3)

Изоляторы	Минимальная разрушающая нагрузка на изгиб (срез), кН	Диаметр тарелки D, мм	Строительная высота H, мм	Длина пути утечки, мм	Масса, кг
<i>Фарфоровые</i>					
ТФ 20*	8	70	100	–	0,47
ШФ-10Г**	12,5	140	140	256	1,8
ШФ-10Д**	12,5	160	145	280	1,9
ШФ-15Г**	13,0	156	160	300	2,4
ШФ-20Г**	13,0	175	170; 184	400	3,5
ШФУ-10**	13,0	152	–	–	2,4
ОНШ-20-10-1**	10	355	280	710	23,3
ОНШ-35-20-1**	20	430	400	850	40,4
ОНШ-15-5УХЛ1**	5	175	243	350	6,0
<i>Стеклянные</i>					
ШС-10Д*	13	160	145	280	1,9
НС-18А*	8	75	97	–	0,44

* На напряжение до 1 кВ. ** На напряжение свыше 1 кВ.

Таблица 1.70

Подвесные тарельчатые высоковольтные изоляторы (см. рис. 1.4)

Изоляторы	Механическая разрушающая сила, кН	Диаметр тарелки D, мм	Строительная высота H, мм	Длина пути утечки, мм	Масса, кг
<i>Фарфоровые</i>					
ПФ-70А	70	255	146	303	4,6
ПФ-70Д	70	255	127; 146	303	4,5
СФ70А	70	255	188	303	4,7
ПФД70	70	255	146	400	6,0
ПФ120	120	280	170	303	–
ПФ160А	160	280	173	385	9,0
<i>Стекланые</i>					
ПС40	40	175	100	185	1,7
ПС40А	40	175	110	189	1,7
ПСВ40В	40	255	110	320	3,0
ПСВ70А	70	280	127; 146	442	5,6
ПС70Е	70	255	127; 146	303	3,4
ПС120	120	255	127; 146; 170	320	3,9
ПС120Б	120	255	127; 146; 170	320	3,9
ПС160Д	160	280	146; 170	370	6,0
ПСВ160А (160)	160	320	146; (170)	540; (545)	8,2; (8,5)
ПСВ210А	210	330	170; 195	552	9,4
ПС210В	210	300	170; 195	370	7,1
ПС300В	300	320	195	385; 390	10,0
ПС400Б	400	390	205; 220	475	15
<i>Стекланые, для районов с загрязненной атмосферой</i>					
ПСД 40Е	40	175	100	190	1,7
ПСД 70Е	70	270	127	411	4,6
ПСВ 120Б	120	280; 290	127; 146	442	5,6
ПСВ 160	160	320	170	545	8,5
ПСД 160А	160	350	146	440	7,7
ПСГ 70А	70	270	130	400	5,3
ПСГ 120А	120	300	137	425	7,3
<i>Стекланые специального профиля (сферические или колокольные)</i>					
ПСС 40	40	175	100; 110	195	2,2
ПСС 70Б	70	310	146	310	4,0
ПСС 120Б	120	330	127; 146	330	5,0
ПСС 210Б	210	410	156	410	9,0
ПСК 300А	300	450	180	460	12,4
ПСС/К 70	70	330	127	310	4,0
ПСС/К 120	120	330	146	330	5,0

Таблица 1.71

Полимерные линейные изоляторы для воздушных линий электропередачи (см. рис. 1.5)

Изоляторы	Минимальная механическая сила при растяжении, не менее, кН	Строительная высота H , мм	Длина изоляционной части L , мм	Длина пути утечки, мм	Диаметр изолирующих элементов D , мм	Масса, кг, не более
Стержневые, для районов с I–III степенью загрязненности атмосферы						
ЛК70/35-III	70	592	358	900	90	1,8
ЛК70/110-III	70	1248	1008	2640	90	3,65
ЛК70/220-III	70	2098	1858	4800	90	5,6
ЛК70/330-III	70	2880	2640	6700	90	7,7
ЛК120/35-III	120	597	370	900	90	1,8
ЛК120/110-III	120	1377	2500	1010	90	3,2
ЛК120/220-III	120	2077	4600	1850	90	4,9
ЛК120/330-III	120	2617	5900	2390	90	6,2
ЛК160/220-III	160	2115	1835	4680	110	9,1
ЛК160/330-III	160	2973	2693	7200	110	12,4
ЛК160/500-III	160	3894	3551	9500	110	16,0
ЛК300/330-III	300	2998	2598	6850	130	17,5
ЛК300/500-III	300	3844	3432	9130	130	21,8
ЛК300/500-АII	300	3995	3585	11 100	130/95	22,8
ЛК600/330-III	600	3140	2660	7200	150/120	31,2
Подвесные, для районов с I–IV степенью загрязненности атмосферы						
ЛК70/35-АIV	70	646 678	420	880	80	1,8
ЛК70/110-АIV	70	1246 1278	1020	2260	80	3,3
ЛК70/150АIV	70	1546 1578	1320	2930	80	4,0
ЛК70/220АIV	70	2106 2138	1880	4200	80	5,5
ЛК70/35-БIV	70	646 682	422	880	80	1,8
ЛК70/110-БIV	70	1246 1282	1022	2260	80	3,3
ЛК70/150БIV	70	1546 1582	1322	2930	80	4,0
ЛК70/220БIV	70	2106 2142	1882	4200	80	5,5

<i>Подвесные, для ВЛ 35–330 кВ</i>						
ЛК70/35-BIV	70	646 666	427	880	80	1,8
ЛК70/110-BIV	70	1246 1266	1027	2260	80	3,3
ЛК70/150-BIV	70	1546 1566	1327	2930	80	4,0
ЛК70/220-BIV	70	2106 2126	1887	4200	80	5,5
ЛК70/35-ГIV	70	646 671	429	880	80	1,8
ЛК70/110-ГIV	70	1246 1271	1029	2260	80	3,3
ЛК70/150-ГIV	70	1546 1571	1329	2930	80	4,0
ЛК70/220-ГIV	70	2106 2131	1889	4200	80	5,0
ЛК70/35-AVI	70	670 701	443	1540	80	2,4
ЛК70/110-AVII	70	1328 1359	1102	3900	120	4,9
ЛК70/220-AVII	70	2390 2421	2164	7780	120	8,8
ЛК70/330-IV	70	2868 2900	1162 2642	7600	130	15,0
ЛК70/330-VII	70	2921 2953 1413	1188 2695	9720	130	18,0
<i>Подвесные, для ВЛ 110–220 кВ</i>						
ЛК120/110-AIV	120	1337 1373	1060	2700	115	6,1
ЛК120/150-AIV	120	1673 1709	1356	3500	115	7,1
ЛК120/220-AIV	120	2135 2171	1818	4800	115	9,1

ЛК120/110-БIV	120	1337 1373	1060	2700	115	6,1
ЛК120/150-БIV	120	1673 1709	1356	3500	115	7,1
ЛК120/220-БIV	120	2135 2171	1818	4800	115	9,1
ЛК120/110-ВIV	120	1337 1382	1026	2700	115	6,1
ЛК120/150-ВIV	120	1673 1718	1362	3500	115	7,1
ЛК120/220-ВIV	120	2135 2180	1824	4800	115	9,1
ЛК120/110-ГIV	120	1337 1361	1054	2700	115	6,1
ЛК120/150-ГIV	120	1673 1697	1390	3500	115	7,1
ЛК120/220-ГIV	120	2135 2159	1852	4800	115	9,1
ЛК160/150-АIV	160	1732 1777	1356	3500	115	7,1
ЛК160/220-АIV	160	2194 2239	1818	4800	115	9,1
<i>Подвесные, для ВЛ 330–500 кВ</i>						
ЛК120/330-АIV	120	1463 3029 3065	1146 2712	6140	115	23
ЛК120/500-АIV	120	2009 4121 4157	1692 3804	9000	115	26
ЛК160/330-АIV	160	1521 3156 3201	1145 2780	6140	115	23
ЛК160/500-АIV	160	2068 4249 4294	1692 3873	9000	115	26

При сооружении линий электропередачи с применением проводов SAX используются изоляторы финского производства типа SDI (табл. 1.72).

Таблица 1.72

Изоляторы типа SDI

Изоляторы	Рабочее напряжение, кВ	Разрушающая нагрузка, кН	Длина пути утечки, мм	Масса, кг
<i>Штыревые</i>				
SDI 30	24	12,5	325	2,9
SDI 37	24	12,5	325	3,3
<i>Натяжной полимерный</i>				
SDI 50	24	70	600	1,3

1.6. АРМАТУРА

Арматура применяется на строительстве воздушных линий электропередачи, открытых распределительных устройств подстанций. Она используется для комплектования изолирующих подвесок проводов и грозозащитных тросов, соединений проводов и тросов в пролетах и шлейфах, присоединения проводов к выводам электрических аппаратов, фиксации расщепленных проводов в фазах, защиты проводов от воздействия вибрации и других колебаний.

Арматура должна удовлетворять следующим основным требованиям: обладать достаточной механической прочностью, высококоррозионной стойкостью, минимальными потерями на перемагничивание при прохождении переменного тока и по возможности не иметь источников стриммерных разрядов. Токоведущая арматура не должна обладать электрическим сопротивлением протеканию тока, превышающим сопротивление провода той же длины.

Все типы линейной арматуры и арматуры открытых распределительных устройств подстанций изготавливаются для эксплуатации в умеренно холодном и тропическом климате. Арматура изготавливается в климатическом исполнении УХЛ категории I по ГОСТ 15150—69*.

Для районов прохождения ВЛ в атмосфере промышленных загрязнений с повышенной химической активностью среды, а также районов солончаков и морского побережья применяется арматура в тропическом исполнении с обязательным нанесением защитной смазки ЗЭС (ТУ 38 101474—74) в процессе монтажа линии.

Арматура используется с проводами, изготовленными по ГОСТ 839-80*, и канатами стальными (ГОСТ 3062-80*, ГОСТ 3063-80*, ГОСТ 3064-80*).

1.6.1. Соединения линейной арматуры

В основу стандартизации линейной арматуры положен ГОСТ 11359-75*, который распространяется на линейную арматуру с разрушающими нагрузками, соответствующими следующим значениям, кН, не менее: 20; 40; 70; 100; 120; 160; 210; 250; 300; 350; 400; 450; 530; 600; 750; 900; 1100; 1200; 1350; 1600; 1800; 2400; 2700; 3600.

Все типы соединительной арматуры крепятся подвижно шарнирами трех видов:
шарнир «палец-проушина»;
цепное соединение;
сферический шарнир.

Соединения типа «палец-проушина» и цепное соединение с разрушающими нагрузками от 20 до 3600 кН должны соответствовать значениям, указанным в табл. 1.73 (рис. 1.6).

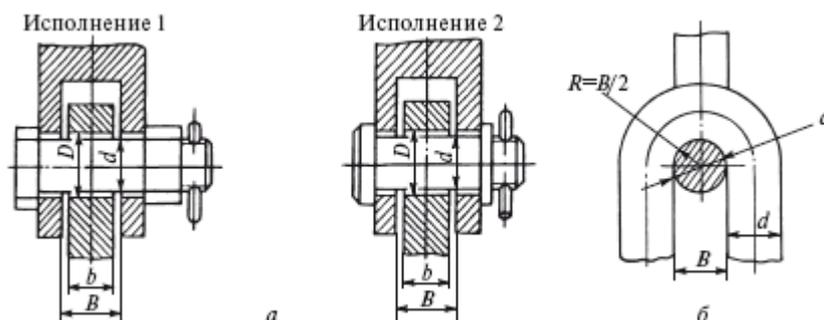


Рис. 1.6. Сопряжение арматуры:

a – шарнирное «палец-проушина»; b – цепное

Таблица 1.73

Шарнирные соединения «палец-проушина» и цепного типа

Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Номинальные размеры соединения, мм			
	шарнирное		цепное	
	$b - d$	$B - D$	B	d
20	10	11	11–12,5	8–9
40	14	15	15–16,5	10–12
70	16	17	17–18,5	14–15

100	18	19	19–21,5	16–18
120	22	23	23–24,5	18–20
160	25	26	26–27,5	20–22
210	28	29	28–30,5	24–26
250	32	34	29–36	26–28
300	36	38	31–40	28–34
350	38	40	35–42	32–38
400	40	42	37–44	34–40
450	40	42	37–44	34–40
530	42	44	39–46	36–42
600	45	47	41–48,5	38–44
750	50	52	43–54	40–46
900	56	58	51–60	48–52
1100	60	62	56–63,5	53–58
1200	65	67	59–68,5	56–60
1350	70	72	63–72	60–66
1600	75	77	68–78,5	65–70
1800	80	83	73–90	70–75
2400	95	98	83–99	80–85
2700	108	111	88–112	85–90
3600	125	128	98–130	95–100

Цепное соединение является наиболее рациональным для соединения элементов в гирлянде. Шарнир такого типа в цепи гирлянды обеспечивает отклонение элементов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и имеет некоторую, хотя и ограниченную, свободу при скручивании элементов (кручение вокруг оси гирлянды).

Шарнир сферического типа применяется чаще всего в соединении изоляторов и в значительно меньшей степени – в цепи гирлянды для соединения ее элементов. Недостатком его является ограниченная возможность отклонения, что связано с особенностью его конструкции.

Соединение типа сферический шарнир и его функциональные размеры указаны в табл. 1.74 (рис. 1.7).

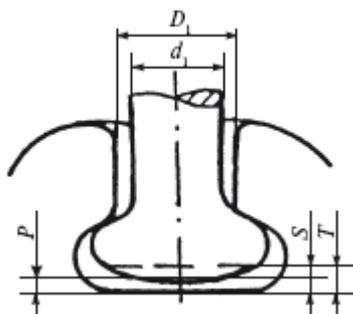


Рис. 1.7. Сферическое шарнирное соединение:

d_1 – диаметр пестика; D_1 – диаметр гнезда; P – зазор между пестиком и дном гнезда; S – размер, определяющий надежность фиксации пестика в гнезде; T – номинальная высота замка

Таблица 1.74

Сферические шарнирные соединения

Условный размер	Размеры, мм					
	d_1	D_1	P		S , не менее	T , не менее
			не менее	не более		
11	11,9 _{-1,1}	12,5 ^{+1,3}	1,4	3,9	0,9	4,8
16	17,0 _{-1,2}	19,2 ^{+1,6}	1,1	4,0	1,5	5,5
20	21,0 _{-1,3}	23,0 ^{+2,1}	1,0	4,5	2,5	7,0
24	25,0 _{-1,4}	27,5 ^{+2,5}	2,5	6,7	2,0	8,7
28	29,0 _{-1,5}	32,0 ^{+2,9}	2,5	7,2	2,8	10,0
32	33,0 _{-1,6}	36,0 ^{+3,3}	3,0	8,2	3,3	11,5

Для предотвращения расцепления сферического соединения линейной арматуры устанавливаются V-образные и W-образные замки (рис. 1.8). Марки замков соответствуют условным размерам сферических шарнирных соединений (табл. 1.75).

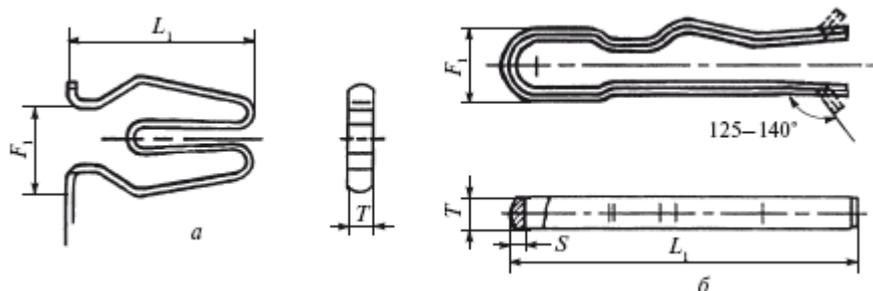


Рис. 1.8. Замки для запираания сферических шарнирных соединений (СШС) изоляторов: *а* – W-образные; *б* – V-образные

Таблица 1.75

Замки типа W- и V-образных сферических шарнирных соединений

Тип замка	Геометрические размеры, мм			
	F_1	L_1	T	S
W-11	15	37	4,8	1,2
V-11	11,9	55	4,8	2,2
W-16	22	50	5,5	1,2
V-16	14,5	65	5,5	3,2
W-20	22	62	7	2
V-20	16,4	80	7	3,2
W-24	22	72	8,7	2
V-24	20	100	8,7	4
W-28	24	83	10	2,2
V-28	22,5	115	10	4,5
W-32	26	96	11,5	2,6
V-32	26	130	11,5	5,2

Пружинные замки изготавливаются из нержавеющей стали или фосфористой бронзы для обеспечения хороших пружинных свойств и их высокой коррозионной стойкости.

1.6.2. Сцепная арматура

Сцепная арматура предназначена для соединения элементов изолирующих подвесок и крепления проводов и грозозащитных тросов к опоре и подразделяется на универсальную и специальную. К специальной сцепной арматуре относятся серьги, ушки и узлы крепления гирлянд к опорам.

Узлы крепления располагаются в гирлянде всегда в определенной последовательности: узел крепления – только в начале гирлянды, а серьги и ушки, как правило, соединяются только с изоляторами.

Конструкции серьги типов СР и СРС представлены на рис. 1.9, их основные размеры даны в табл. 1.76.

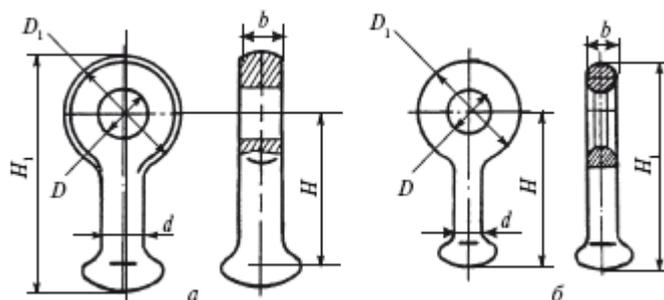


Рис. 1.9. Серьги: *a* – типа СР; *б* – типа СРС

Таблица 1.76

Серьги типов СР и СРС

Марка серьги	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	d	D_1	b	H	H_1		
СР-4-11	15	11	32	14	50	75,1	40	0,12
СРС-7-16	23	17	55	17	65	106	70	0,32
СР-7-16	17	16	42	17	65	99	70	0,30
СР-12-16	23	16	45	22	65	103	120	0,41
СР-16-20	26	20	50	25	70	117	160	0,55
СР-21-20	29	21	52	28	80	127	210	0,65
СР-30-24	38	24	67	36	100	155	300	1,35
СР-40-28	42	28	77	40	120	182	400	1,73
СРС-4-11	17	11	39	11	46,5	75,1	40	0,12
СРС-7-16А	17	17	45	14	64	91,4	70	0,26
СР-40ТВ11	17,5	11,9	40	18	50	79	400	0,15

Ушки предназначены для соединения стержня подвешного изолятора или серьги с другой линейной арматурой. Для запирания стержня изолятора или пестика серьги в гнезде ушки комплектуются W-образными замками.

Ушки для воздушных линий электропередачи выпускаются следующих типов:

У1 – однолапчатые;

У1К – однолапчатые укороченные;

У2 – двухлапчатые;

У2К – двухлапчатые укороченные;

УС – специальные с гнутым пальцем;

УСК – специальные укороченные с гнутым пальцем.

Ушки укороченных типов У1К, У2К служат для комплектования изолирующих подвесок и тросовых креплений без защитной арматуры (разрядных рогов и защитных экранов), что сокращает длину подвески и уменьшает ее массу.

Ушки типов УС и УСК имеют гнутый палец, благодаря чему обеспечивается шарнирное соединение цепного типа со скобами типа СК или арочной подвеской поддерживающего зажима. Ушки типа УС имеют в средней части более тонкое плоское ребро с отверстиями или вырезками для крепления защитных экранов и разрядных рогов.

Конструкция и основные размеры ушек приведены на рис. 1.10– 1.13 и представлены в табл. 1.77—1.80.

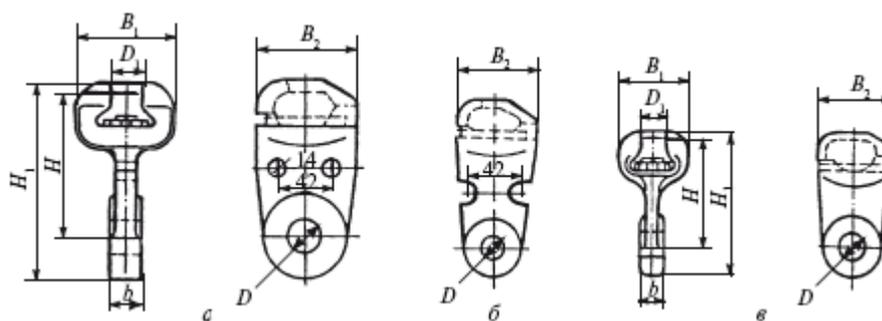


Рис. 1.10. Однолапчатые (а, б) и укороченные (в) ушки типов У1 и У1К

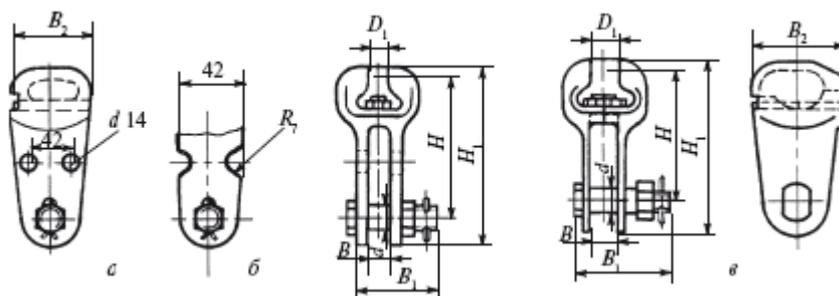


Рис. 1.11. Двухлапчатые (а, б) и укороченные (в) ушки типов У2 и У2К

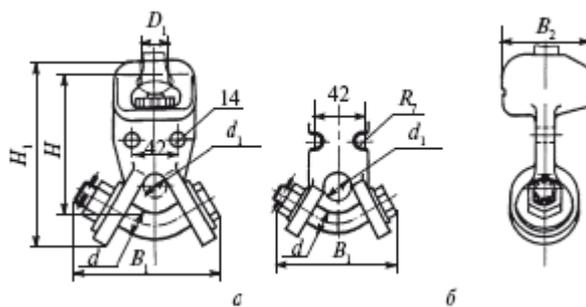


Рис. 1.12. Специальные ушки типа УС

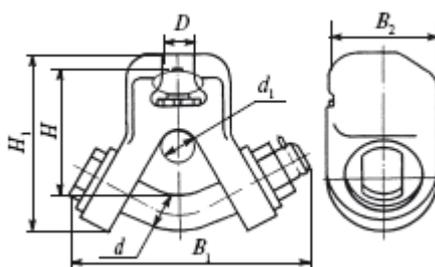


Рис. 1.13. Специальные ушки укороченные типа УСК

Таблица 1.77

Однолапчатые ушки типов У1 и У1К

Марка ушка	См. рис. 1.10	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		D	b	B ₁	B ₂	D ₁	H	H ₁		
У1-4-11	е	15	14	38	40	12,5	68	90	40	0,53
У1-4/7-11/16	е	17	14	38	40	12,5	50	88	40	0,29
У1-7-16	б	17	16	52	58	19,2	96,5	123	70	0,67
У1-12-16	б	23	22	56	62	19,2	102,5	140	120	1,05
У1-16-20	а	26	25	66	75	23,0	113,5	152	160	1,60
У1-21-20	а	29	28	72	78	23,0	130,5	173	210	2,24
У1-30-24	а	38	36	94	94	27,5	150,0	205,5	300	5,04
У1-40-28	а	42	40	112	112	32,0	190,0	225	400	8,13
У1К-7-16	е	17	16	56	58	19,2	77,0	116	70	0,65

Таблица 1.78

Двухлапчатые ушки типов У2 и У2К

Марка ушка	См. рис. 1.11	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		<i>d</i>	<i>B</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>H</i>	<i>H</i> ₁		
У2-7-16	<i>б</i>	16	17	61	58	19,2	95,5	123	70	0,99
У2-12-16	<i>б</i>	22	23	83	62	19,2	102,5	140	120	1,52
У2-16-20	<i>а</i>	25	26	83	75	23,0	113,5	152	160	2,17
У2-21-20	<i>а</i>	28	29	98	79	23,0	131,0	174	210	3,56
У2-30-24	<i>а</i>	36	38	125	94	27,5	150,0	205,5	300	6,43
У2К-7-16	<i>в</i>	16	17	61	58	19,2	77,0	104,5	70	0,98

Таблица 1.79
Специальные ушки типа УС

Марка ушка	См. рис. 1.12	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>D</i> ₁	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>H</i>	<i>H</i> ₁		
УС-7-16	<i>б</i>	18	25	19,2	110	58	104	131	70	1,25
УС-12-16	<i>б</i>	25	25	19,2	122	60	113	151	120	2,0
УС-16-20	<i>а</i>	28	35	23,0	146	72	132	172	160	2,90
УС-21-20	<i>а</i>	28	35	23,0	169	79	145	185	210	4,71
УС-30-24	<i>а</i>	36	35	27,5	198	94	164	215	300	7,50
УС-40-28	<i>а</i>	42	38	32,0	225	112	195	250	400	12,50

Таблица 1.80
Специальные укороченные ушки типа УСК (см. рис. 1.13)

Марка ушка	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>D</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>H</i>	<i>H</i> ₁		
УСК-7-16	18	25	19,2	107	52	104	131	70	1,20
УСК-12-16	25	32	19,2	145	64	113	151	120	2,32
УСК-16-20	28	35	23,0	142	70	132	172	160	3,30
УСК-21-20	28	35	23,0	158	79	145	185	210	4,17
УСК-30-24	36	35	27,5	197	94	164	215	300	7,40
УСК-40-28	42	40	32,0	237	112	195	250	400	11,30

Рекомендации по выбору арматуры при комплектовании изолирующих подвесок приведены в табл. 1.81.

Выбор арматуры других видов производится в зависимости от конструкции изолирующих подвесок (количества цепей изоляторов, числа проводов в фазе, типа изолирующих подвесок и т. п.).

Таблица 1.81

Выбор цепной арматуры в зависимости от типа изолятора

Тип изолятора	Диаметр стержня, мм	Марка соединяемой цепной арматуры					Разрушающая нагрузка арматуры, кН, не менее
		серьга	однолапчатое ушко	двухлапчатое ушко	специальное ушко	специальное укороченное ушко	
ПФ70Д	16	СР-7-16	У1-7-16	У2-7-16	УС-7-16	УСК-7-16	70
ПС 120Б	16	СР-12-16	У1-12-16	У2-12-16	УС-12-16	УСК-12-16	120
ПС 160Д	20	СР-16-20	У1-16-20	У2-16-20	УС-16-20	УСК-16-20	160
ПС 210В	20	СР-21-20	У1-21-20	У2-21-20	УС-21-20	УСК-21-20	210
ПС 300В	24	СР-30-24	У1-30-24	У2-30-24	УС-30-24	УСК-30-24	300
ПС 400	28	СР-40-28	У1-40-28	–	УС-40-28	УСК-40-28	400

Примечание. Серьга СРС-7-16 имеет круглое сечение проушины и предназначена для соединения с V-образным болтом на опоре.

1.6.3. Узлы крепления изолирующих подвесок к опорам

Узлы крепления типов КГП, КГ, КГТ, КГН предназначены для крепления натяжных и поддерживающих изолирующих подвесок к опорам воздушных линий электропередачи и распределительных устройств.

Узлы крепления типа КГП представляют собой усиленный вариант крепления натяжных и поддерживающих изолирующих подвесок. Узлы крепления типа КГ крепятся к опорам через четыре отверстия путем затяжки гаек V-образных болтов. После затяжки гайки фиксируются от самоотвинчивания раскерниванием. Узлы крепления марки КГТ-7-1 предназначены для крепления поддерживающих подвесок грозозащитных тросов к деревянным опорам и имеют разрушающие нагрузки не менее 70 кН. Узлы крепления типа КГН служат для крепления изолирующих подвесок на специальных переходах с большими механическими нагрузками. Они позволяют осуществить привязку к опорам трубчатых и других конструкций.

Узлы крепления изолирующих подвесок и их основные размеры приведены на рис. 1.14—1.16 и в табл. 1.82—1.84.

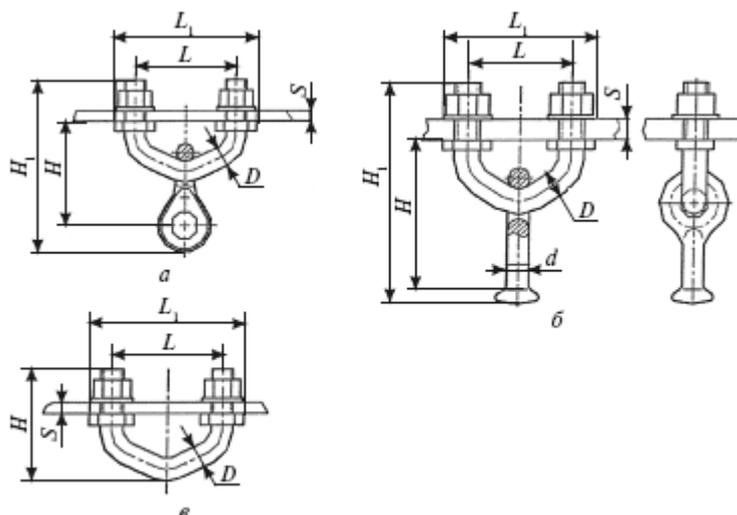


Рис. 1.14. Узлы крепления типа КГП

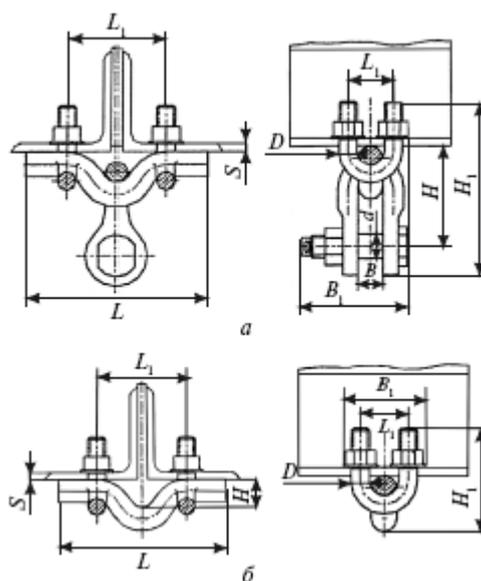


Рис. 1.15. Узлы крепления типа КГ

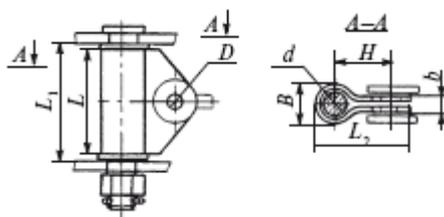


Рис. 1.16. Узлы крепления типа КГН

Таблица 1.82

Узлы крепления типа КГП

Марка узла	См. рис. 1.14	Размеры, мм								Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		D	d	H	H ₁	L	L ₁	S			
								min	max		
КГП-4-1	<i>a</i>	16	14	77	126	80	112	6	8	40	0,64
КГП-4-2	<i>б</i>	16	11,9	87	128	80	112	6	8	40	0,56
КГП-7-1	<i>a</i>	16	16	82	135	80	112	6	8	70	0,8
КГП-7-2Б	<i>б</i>	20	17	115,5	173	80	117	12	16	70	1,12
КГП-7-2В	<i>б</i>	16	17	96	141,4	80	112	6	8	70	0,7
КГП-7-3	<i>в</i>	16	—	80	—	80	112	6	8	70	0,44
КГП-12-1	<i>a</i>	20	22	104	174	80	117	12	16	120	1,72
КГП-16-1	<i>a</i>	24	25	108	183	100	144	12	16	160	2,43
КГП-16-2	<i>a</i>	20	25	109	179	80	117	12	16	160	2,03
КГП-16-3	<i>в</i>	20	—	80	—	80	117	12	16	160	0,81
КГП-21-1	<i>a</i>	27	28	113	194	100	150	12	16	210	3,56
КГП-21-2	<i>a</i>	24	28	113	193	100	144	12	16	210	3,00
КГП-21-3	<i>в</i>	24	—	100	—	100	144	12	16	210	1,22
КГП-30-1	<i>a</i>	27	36	138	224,5	100	150	12	16	300	4,7

Таблица 1.83
Узлы крепления типа КГ

Марка узла	См. рис. 1.15	Размеры, мм											Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		D	d	H	H ₁	L	L ₁	L ₂	B	B ₁	S			
											min	max		
КГ-12-1	a	16	22	92	159	158	85	41	23	95,5	7	20	120	2,15
КГ-12-3	б	16	—	27	90	158	85	41	—	71	7	20	120	1,17
КГ-16-1	a	20	25	99	178	170	95	48	26	107,5	16	26	160	3,36
КГ-21-1	a	20	28	104	188	170	95	48	29	111	16	26	210	4,00
КГ-21-3	б	20	—	29	108	170	95	48	—	85	16	26	210	2,24
КГ-25-1	a	24	32	125	210	175	100	55	34	125,5	16	20	250	5,51
КГ-25-3	б	24	—	35	117	175	100	55	—	99	16	20	250	3,17
КГ-30-1	a	24	36	140	237,5	200	118	60	38	133	16	30	300	6,82
КГ-30-3	б	24	—	40	135	200	118	60	—	104	16	30	300	3,86
КГ-40-1	a	30	40	146	254	240	138	70	42	151	16	30	400	11,50
КГ-40-3	б	30	—	46	148	240	138	70	—	126	16	30	400	6,42

Таблица 1.84
Узлы крепления типа КГН (см. рис. 1.16)

Марка узла	Размеры, мм								Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	D	b	B	H	L	L ₁	L ₂		
КГН-7-5	32	17	16	46	60	105	120	106	70	3,07
КГН-12-5	40	23	22	58	70	140	160	129	120	5,20
КГН-16-5	40	26	25	68	70	140	160	137	160	5,22
КГН-21-5	50	29	28	76	85	160	180	158	210	10,10
КГН-25-5	53	34	32	79	90	160	180	170	250	11,12
КГН-30-5	56	33	36	90	100	180	180	185	300	15,60
КГН-35-5	60	40	38	94	105	180	200	197	350	19,7
КГН-45-5	70	42	40	104	115	200	200	217	450	23,6
КГН-45/30-1А	56	42	40	—	115	190	242	—	450	10,0
КГН-53-5	70	44	42	108	120	200	220	224	530	24,6
КГН-60-5	75	47	45	113	125	200	220	242	600	29,0

Марка узла	Размеры, мм								Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	D	b	B	H	L	L_1	L_2		
КГН-75-5	85	52	50	127	140	230	250	269	750	41,30
КГН-90-5	90	58	56	132	145	230	250	286	900	47,00

1.6.4. Скобы

Скобы относятся к универсальной соединительной арматуре и предназначаются для перехода с шарнирного цепного соединения на соединение типа «палец-проушина», изменения расположения оси шарнирности, соединения арматуры, рассчитанной на разные нагрузки.

Скобы могут быть применены в любой комбинации с другими типами соединительной арматуры, в начале или в конце, что и определяет их полную универсальность.

Скобы выпускаются следующих типов: СК, СКД – с цепным шарниром; СКТ – трехлапчатые плоские.

Скобы типов СК и СКД с одной стороны имеют двухлапчатую проушину, а с другой стороны обеспечивают шарнирное цепное соединение. Скобы типа СК позволяют осуществлять переход со скобы одного ряда нагрузок на скобы соседнего (большого или меньшего) ряда нагрузок через цепное соединение.

Скобы удлиненные типа СКД имеют увеличенную строительную высоту. Применение их в изолирующих подвесках рекомендуется только в исключительных случаях, когда скобы нормальной длины применить невозможно. Обозначения и основные размеры скоб приведены на рис. 1.17 и в табл. 1.85 и 1.86.

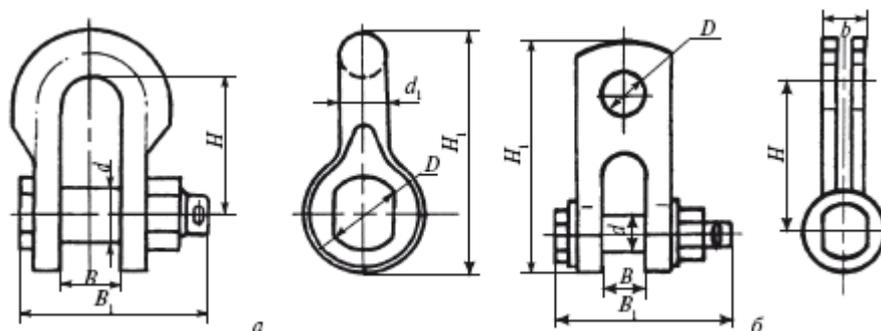


Рис. 1.17. Скобы для комплектования гирлянд изоляторов и тросовых креплений: *a* – типа СК и СКД; *б* – трехлапчатая типа СКТ

Таблица 1.85

Скобы типов СК и СКД (см. рис. 1.17, а)

Марка скобы	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	d	d_1	B	B_1	H	H_1		
СК-4-1	34	14	10	15	56	45	72	40	0,2
СК-7-1А	42	16	14	17	66	50	84	70	0,38
СК-12-1А	52	22	18	23	93	65	108	120	0,91
СК-16-1А	52	25	20	26	103	70	115	160	1,22
СК-21-1А	62	28	24	29	108	75	129	210	1,82
СК-25-1А	66	32	26	34	120	90	148	250	2,33
СК-30-1А	73	36	28	38	130	100	163	300	2,97
СК-35-1А	78	38	32	40	130	100	170	350	3,23
СК-45-1А	88	40	34	42	140	100	178	450	5,0
СК-53-1А	92	42	36	44	162	110	191	530	5,89
СК-60-1А	97	45	38	47	162	125	210,5	600	6,44
СК-75-1А	116	50	40	52	182	125	222	750	10,91
СК-90-1А	120	56	48	58	195	150	257	900	12,22
СК-110-1А	130	60	53	62	215	150	267	1100	16,43
СК-120-1	145	65	60	67	225	180	312,5	1200	21,65
СК-135-1	154	70	60	72	230	180	317	1350	23,2
СК-180-1	176	80	70	83	270	220	378	1800	35,9
СК-240-1	205	95	85	98	312	250	437,5	2400	59,3
СК-270-1	188	108	85	111	355	270	449	2700	69,0
СК-300-1	256	125	95	128	403	320	543	3600	111,7
СКД10-1	42	18	16	19	83	80	116	100	0,68
СКД12-1	52	22	18	23	93	82	125	120	1,16
СКД16-1	52	25	20	26	103	105	150	160	1,36
СКД21-1	62	28	24	29	108	115	169	210	2,00
СКД30-1	73	36	28	38	125	120	183	300	3,10
СКД45-1	88	40	34	42	140	170	247	450	6,03

Таблица 1.86
Скобы типа СКТ (см. рис. 1.17, б)

СКТ-4-1	15	14	14	15	71	50	82	40	0,24
СКТ-7-1	17	16	16	17	76	60	95	70	0,46
СКТ-12-1	23	22	22	23	98	70	120	120	0,93
СКТ-16-1	26	25	25	26	108	80	135	160	1,52
СКТ-21-1	29	28	28	29	113	90	150,5	210	1,96
СКТ-25-1	34	32	32	34	130	90	160	250	2,67
СКТ-30-1	38	36	36	38	150	110	185	300	3,53
СКТ-35-1	40	38	38	40	170	110	190	350	4,60
СКТ-45-1	42	40	40	42	190	120	210	450	6,52
СКТ-53-1	44	42	42	44	202	130	225	530	7,43
СКТ-60-1	47	45	45	47	202	150	255	600	9,52
СКТ-75-1	52	50	50	52	232	150	265	750	13,72
СКТ-90-1	58	56	56	58	275	180	310,5	900	19,29
СКТ-110-1	62	60	60	62	305	190	330	1100	23,53

1.6.5. Промежуточные звенья

Промежуточные звенья предназначены для увеличения и регулирования длины подвески, перехода от одного вида соединения к другому, изменения расположения оси шарнирности соединения арматуры, рассчитанной на разные нагрузки.

Промежуточные звенья для воздушных линий электропередачи позволяют осуществить: удлинение изолирующих подвесок (звенья типов ПР, 2ПР, ПРТ); изменение плоскости шарнирности (звенья типа ПРВ); регулировку длин изолирующих подвесок (звенья типов ПРР, ПТР); удобный монтаж (звенья типа ПТМ); переход соединения арматуры с различными разрушающими нагрузками (звенья типа ПРТ, ПРС).

Общие виды и основные размеры промежуточных звеньев даны на рис. 1.18 и 1.19 и в табл. 1.87-1.92.

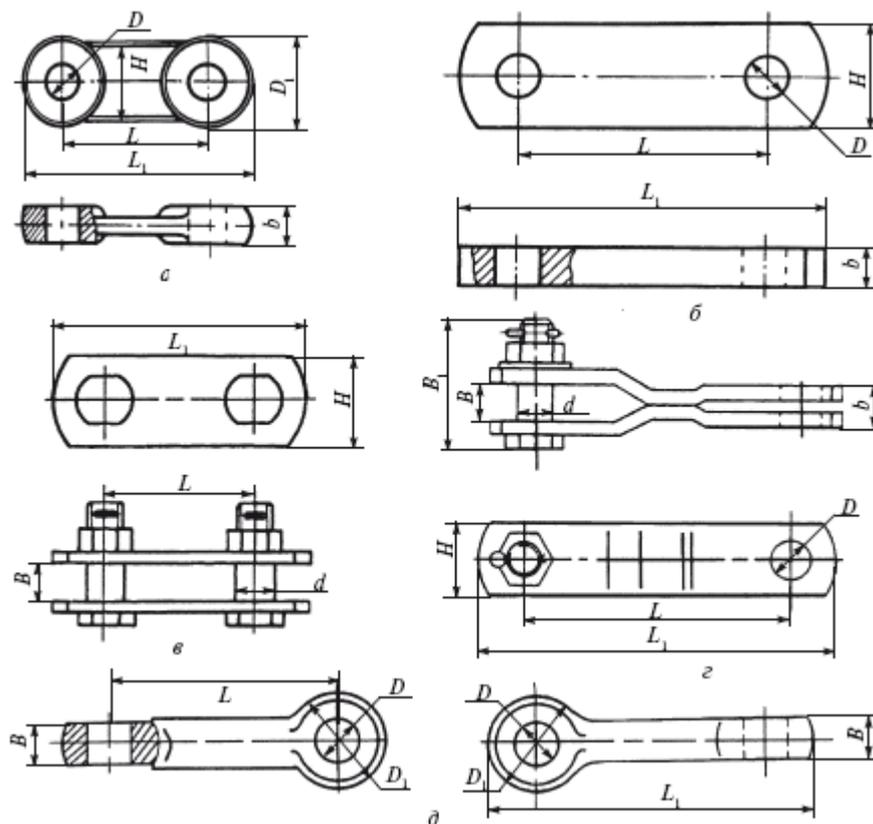


Рис. 1.18. Промежуточные сцепные звенья:
а и *б* – прямые типа ПР; *в* – двойные типа 2ПР; *г* – трехлапчатые типа ПРТ; *д* – вывернутые типа ПРВ

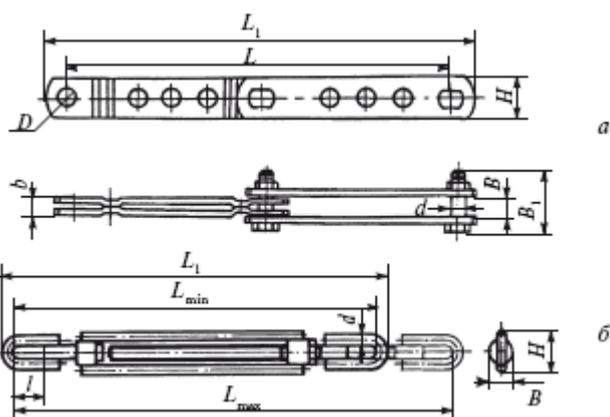


Рис. 1.19. Промежуточные звенья регулируемые: *а* – типа ПРР; *б* – ПТР (талрепы)

Таблица 1.87

Промежуточные звенья типа ПР

Марка звена	См. рис. 1.18	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		d	D_1	b	H	L	L_1		
ПР-4-1	<i>a</i>	15	30	14	22	45	75	40	0,064
ПР-7-6		17	42	16	40	70	112	70	0,44
ПР-10-6-В		19	40	18	38	130	170	100	0,45
ПР-12-6		23	51	22	50	85	136	120	0,94
ПР-16-6		26	56	25	55	100	156	160	1,36
ПР-21-6	<i>б</i>	29	–	28	60	105	163	210	1,75
ПР-25-6		34	–	32	65	110	174	250	2,35
ПР-30-6		38	–	36	70	130	200	300	3,24
ПР-35-6		40	–	38	75	140	216	350	4,00
ПР-45-6		42	–	40	85	150	236	450	5,30
ПР-53-6		44	–	42	90	165	259	530	6,38
ПР-60-6		47	–	45	95	185	292	600	8,90
ПР-75-6		52	–	50	105	195	313	750	11,60
ПР-90-6		58	–	56	115	215	344	900	14,87
ПР-110-6		62	–	60	130	240	380	1100	20,00
ПР-120-6		67	–	65	150	260	420	1200	29,6
ПР-270-1	<i>a</i>	111	250	108	108	500	750	1200	60,7

Таблица 1.88

Промежуточные звенья двойные типа 2ПР (см. рис. 1.18, в)

Марка звена	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	B	H	L	L_1		
2ПР-4-1	14	15	30	50	81	40	0,31
2ПР-7-1	16	17	36	50	90	70	0,49
2ПР-12-1	22	23	50	85	145	120	1,25
2ПР-16-1	25	26	60	100	170	160	1,87
2ПР-21-1	28	29	56	105	175	210	2,73
2ПР-25-1	32	34	63	110	190	250	3,68
2ПР-30-1	36	38	70	130	210	300	5,31
2ПР-35-1	38	40	75	140	230	350	6,27
2ПР-45-1	40	42	80	150	250	450	7,67
2ПР-53-1	42	44	85	165	265	530	9,20
2ПР-60-1	45	47	95	185	305	600	11,90
2ПР-75-1	50	52	110	195	325	750	16,40
2ПР-90-1	56	58	120	215	365	900	21,00
2ПР-110-1	60	62	140	245	420	1100	27,60

Таблица 1.89

Промежуточные звенья трехлапчатые типа ПРТ (см. рис. 1.18, г)

Марка звена	Размеры, мм								Разрушающая нагрузка, кН, не более	Масса, кг
	d	D	b	B	B_1	H	L	L_1		
ПРТ-4-1	14	15	14	15	—	30	65	101	40	0,30
ПРТ-7-1	16	17	16	17	61	30	70	110	70	0,462
ПРТ-12-1	22	23	22	23	78	50	100	160	120	1,145
ПРТ-16-1	25	26	25	26	83	60	110	180	160	1,430
ПРТ-21-1	28	29	28	29	98	56	115	185	210	2,30
ПРТ-25-1	32	34	32	34	110	63	135	215	250	3,27
ПРТ-30-1	36	38	36	38	120	70	140	220	300	4,20
ПРТ-35-1	38	40	38	40	125	75	150	240	350	5,37
ПРТ-45-1	40	42	40	42	130	85	160	260	450	7,21
ПРТ-53-1	42	44	42	44	—	85	165	265	530	8,00
ПРТ-60-1	45	47	45	47	142	95	185	305	600	9,78
ПРТ-75-1	50	52	50	52	162	110	195	325	750	12,90
ПРТ-90-1	56	58	56	58	175	120	220	370	900	17,04
ПРТ-110-1	60	62	60	62	195	140	245	425	1100	22,30

Промежуточные звенья вывернутые типа ПРВ состоят из круглого стержня, имеющего на концах однолапчатые проушины, которые повернуты на 90° относительно друг друга. Звенья промежуточные регулируемые типа ПРР состоят из четырех пластин, которые попарно образуют двухлапчатую и однолапчатую части звена. В пластинах на различном расстоянии выполнены отверстия, что позволяет с помощью перестановки пальцев в отверстиях изменять длину звена и за счет этого менять длину изолирующей подвески. Звено комплектуется двумя пальцами с резьбовыми концами, гайками и шплинтами.

Таблица 1.90

Промежуточные звенья вывернутые типа ПРВ (см. рис. 1.18, д)

Марка звена	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	D_1	B	L	L_1		
ПРВ-4-1	15	30	14	85	115	40	0,13
ПРВ-7-1	17	40	16	130	170	70	0,41
ПРВ-10-1	19	40	18	130	170	100	0,45
ПРВ-12-1	23	48	22	140	188	120	0,74
ПРВ-16-1	26	52	25	150	202	160	0,91
ПРВ-21-1	29	60	28	150	210	210	1,30
ПРВ-25-1	34	66	32	200	266	250	2,00
ПРВ-30-1	38	72	36	200	272	300	2,50
ПРВ-35-1	40	80	38	250	330	350	3,6
ПРВ-45-1	42	86	40	250	336	450	4,10
ПРВ-53-1	44	95	42	250	345	530	5,40
ПРВ-60-1	47	100	45	250	345	600	6,50
ПРВ-75-1	52	110	50	250	360	750	8,20
ПРВ-90-1	58	120	56	300	420	900	11,20
ПРВ-110-1	62	135	60	300	435	1100	15,00
ПРВ-120-1	67	145	65	300	445	1200	16,0
ПРВ-135-1	72	160	70	350	510	13 500	20,4
ПРВ-270-1	111	250	108	500	750	27 000	60,7

Таблица 1.91

Промежуточные регулируемые звенья типа ПРР (см. рис. 1.19, а)

Марка звена	Размеры, мм							Регулируемая длина L , мм		Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	D	b	B	B_1	H	L_1	min	max		
ПРР-4-1	14	15	14	15	56	30	476	300	440	40	0,95
ПРР-7-1	16	17	16	17	61	36	530	305	490	70	1,91
ПРР-12-1	22	23	22	23	78	45	610	350	550	120	3,69
ПРР-12-11	22	23	22	23	78	45	550	305	490	120	3,38
ПРР-16-1	25	26	25	26	83	60	620	350	550	160	5,0
ПРР-16-1А	25	26	25	26	83	60	560	305	490	160	4,6
ПРР-21-1	28	29	28	29	98	56	820	475	750	210	8,76

ПРР-25-1	32	34	32	34	110	63	830	475	750	250	10,9
ПРР-30-1	36	38	36	38	120	70	830	475	750	300	14,65
ПРР-35-1	38	40	38	40	125	75	1040	600	950	350	20,51
ПРР-45-1	40	42	40	42	130	80	1050	600	950	450	23,00
ПРР-53-1	42	44	42	44	137	85	1050	600	950	530	26,68
ПРР-60-1	45	47	45	47	142	95	1070	600	950	600	31,65
ПРР-75-1	50	52	50	52	162	110	1280	750	1150	750	48,2
ПРР-90-1	56	58	56	58	175	120	1550	835	1400	900	62,75
ПРР-120-1	65	67	65	67	195	180	1630	900	1450	1200	102,4
ПРР-135-1	70	72	70	72	215	180	1630	900	1450	1350	123,70
ПРР-160-1	75	77	75	77	240	200	1650	900	1450	1600	167,60
ПРР-180-1	80	83	80	83	240	200	1650	900	1450	1800	169,6

Промежуточные звенья типа ПТР – талрепы имеют плавную регулировку длины за счет винтовой нарезки на подвижных деталях. После доведения длины изолирующих подвесок до нужного размера винты талрепа фиксируются от поворота контргайками.

Таблица 1.92

Промежуточные звенья ПТР (талрепы) с бесступенчатой регулировкой длины (см. рис. 1.19, б)

Марка звена	Размеры, мм					Регулируемая длина L , мм		Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	B	H	l	L_1	min			
						max			
ПТР-7-1	14	34	62	45	618	590	827	70	2,95
ПТР-10-1	16	34	68	45	618	586	819	100	3,91
ПТР-12-1	18	45	81	55	700	664	935	120	5,63
ПТР-16-1	20	45	85	55	738	698	963	160	7,18
ПТР-21-1	24	45	93	65	802	754	1015	210	9,49
ПТР-25-1	26	56	108	70	854	802	1100	250	13,75
ПТР-30-1	28	56	112	75	913	857	1161	300	17,33
ПТР-60-2	38	75	151	120	1195	1119	1460	600	40,58

Промежуточные звенья двойного типа 2ПРР, служащие для увеличения и регулирования длины подвески, состоят из одинаковых пластин по типу 2ПР с тремя отверстиями посередине.

Промежуточные монтажные звенья типа ПТМ относятся к специальным типам арматуры, которые включаются в состав поддерживающих и натяжных изолирующих подвесок

для обеспечения удобства монтажа и эксплуатации. Конструкция и основные размеры этих звеньев представлены на рис. 1.20 и в табл. 1.93.

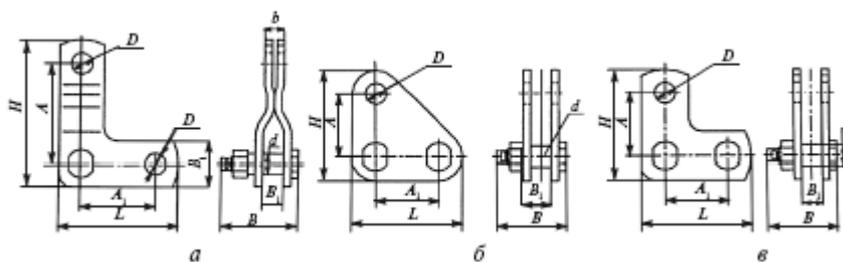


Рис. 1.20. Звенья промежуточные монтажные типа ПМТ

Таблица 1.93

Звенья промежуточные монтажные типа ПМТ

Марка звена	См. рис. 1.20	Размеры, мм										Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		A	A ₁	B ₂	B ₁	B	b	D	d	L	H		
ПТМ-4-1	a	75	50	34	15	56	14	15	14	84	109	40	0,34
ПТМ-7-2	a	80	60	36	17	61	16	17	16	97	117	70	0,7
ПТМ-7-3	б	50	50	—	17	61	—	17	16	88	88	70	0,7
ПТМ-7-3А	в	50	50	36	17	61	—	17	16	86	86	70	0,63
ПТМ-12-2	a	100	80	52	23	78	22	23	22	132	152	120	1,8
ПТМ-12-3	б	70	70	—	—	—	—	—	—	122	122	120	1,8
ПТМ-12-3А	в	70	70	52	—	—	—	—	—	122	122	120	1,7
ПТМ-16-2	a	110	90	64	26	83	25	26	25	154	174	160	2,2
ПТМ-16-3	б	80	80	—	26	83	—	—	—	144	144	160	2,4
ПТМ-16-3А	в	80	80	64	26	83	—	—	—	144	144	160	2,34
ПТМ-21-2	a	115	90	60	29	93	28	29	28	153	178	210	2,6
ПТМ-21-3	б	80	80	—	29	93	—	29	28	146	146	210	3,08
ПТМ-21-3А	в	80	80	60	29	93	—	29	28	140	140	210	2,87
ПТМ-25-2	a	135	100	72	34	110	32	34	32	172	207	250	4,9

ПТМ-25-3	б	95	95	—	34	110	—	34	32	167	167	250	5,03
ПТМ-25-3А	в	95	95	72	34	110	—	34	32	167	167	250	4,83
ПТМ-30-2	a	140	100	72	38	120	36	38	36	172	212	300	6,7
ПТМ-30-3	б	100	100	—	38	120	—	38	36	172	172	300	6,72
ПТМ-30-3А	в	100	100	72	38	120	—	38	36	172	172	300	6,02
ПТМ-35-2	a	150	110	80	40	125	38	40	38	190	230	350	8,1
ПТМ-45-2	a	160	120	90	42	130	40	42	40	210	250	450	9,9
ПТМ-53-2	a	165	120	96	44	137	42	44	42	216	261	530	11,8
ПТМ-60-2	a	185	140	110	47	142	45	47	45	250	295	600	15,4
ПТМ-75-2	a	195	150	120	52	162	50	52	50	270	315	750	20,5
ПТМ-90-2	a	220	170	140	58	175	56	58	56	310	360	900	27,3
ПТМ-110-2	a	245	200	165	62	195	60	62	60	365	410	1100	37,0
ПТМ-120-1	a	300	250	180	67	195	65	67	65	430	480	1200	44,3
ПТМ-135-1	a	320	270	180	72	215	70	72	70	450	500	1350	47,4
ПТМ-160-1	a	340	290	200	77	245	75	77	75	490	540	1600	73,8
ПТМ-180-1	a	360	310	200	83	250	80	83	80	510	560	1800	81,1

1.6.6. Коромысла

Коромысла являются промежуточными элементами при комплектации двухцепных или многоцепных изолирующих подвесок, позволяющих обеспечивать равномерное распределение нагрузок между отдельными цепями изоляторов посредством их шарнирного соединения. Коромысла применяются также для присоединения к одноцепным изолирующим подвескам двух, трех и более проводов фазы.

Расстояние между точками крепления цепей изоляторов должно быть не менее 400 мм для изоляторов, имеющих диаметр изолирующей части до 300 мм, и не менее 450 мм для изоляторов, имеющих диаметр изолирующей части до 370 мм.

Конструкция и основные параметры универсальных коромысел типа 2КУ и 3КУ для комплектования двухцепных и трехцепных изолирующих подвесок и крепления двух проводов фазы к изолирующим подвескам приведены на рис. 1.21 и в табл. 1.94 и 1.95.

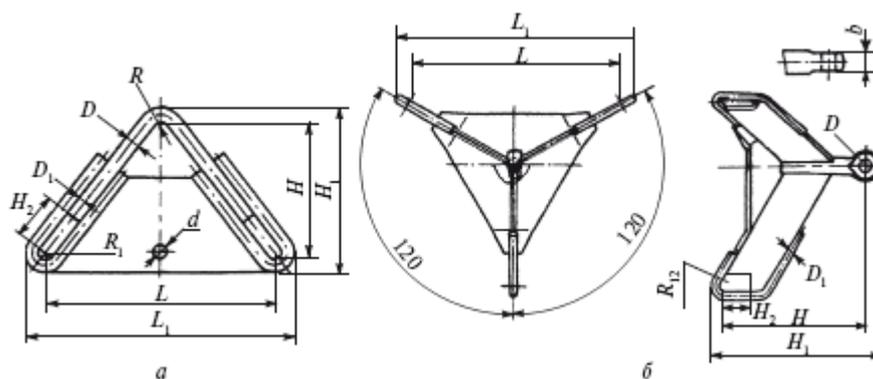


Рис. 1.21. Универсальные коромысла типа КУ для изолирующих подвесок и крепления проводов к изолирующим подвескам: *а* – двухплечевые типа 2КУ; *б* – трехплечевые типа 3КУ

Таблица 1.94

Универсальные коромысла для крепления двух проводов фазы к изолирующим подвескам двухплечевые типа 2КУ (см. рис. 1.21, *а*)

Марка коромысла	Размеры, мм										Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	d	D	D_1	R	R_1	H	H_1	H_2	L	L_1		
2КУ-12-1	23	20	14	10	10	190	224	93	400	450	120	4,8
2КУ-12-2	30	20	14	10	10	315	359	110	600	648	120	9,8
2КУ-25-2	34	28	20	15	15	370	418	100	600	670	250	16,5
2КУ-30-1	34	28	20	15	15	213	261	94	450	518	300	8,2
2КУ-30-2	38	32	20	20	16,5	256	308	101	500	573	300	13,0
2КУ-45-1	42	36	24	20	18	183	243	100	400	484	450	10,42
2КУ-45-2	42	36	24	20	18	268	328	100	450	534	450	14,0
2КУ-60-1	47	42	28	20	21	360	430	110	600	698	600	28,8
2КУ-60-2	38	42	28	20	21	250	330	111	450	548	600	17,0
2КУ-60-3	47	42	28	20	21	220	290	111	400	456	600	13,9
2КУ-75-1	52	42	32	25	21,5	270	344	100	400	507	750	15,8
2КУ-75-2	52	42	32	25	21,5	270	344	100	550	657	750	22,0
2КУ-90-1	38	48	34	29	25	352	434	119	600	710	900	31,8
2КУ-120-1	–	60	38	35	23,5	396	494	118,5	400	524	1200	29,8
2КУ-120-2	67	56	38	30	29	640	734	120	1100	1234	1200	100,6
2КУ-135-1	–	60	40	36	26	396	494	155	600	732	1350	44,3
2КУ-180-1	–	70	48	40	28	412	530	132	600	752	1800	67,3
2КУ-270-1	–	85	60	55	38	590	735	185	600	792	2700	129,53

Таблица 1.95

Трехплечевые коромысла типа ЗКУ (см. рис. 1.21, б)

Марка коромысла	Размеры, мм								Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	D_1	b	H	H_1	H_2	L	L_1		
ЗКУ-16-1	26	14	25	280	320	70	400	460	160	9,0
ЗКУ-30-1	38	18	36	290	344	68	400	452	300	15,3
ЗКУ-45-1	42	22	40	330	395	70	400	460	450	20,2
ЗКУ-60-1	47	24	45	350	430	90	400	471	600	26,2
ЗКУ-135-1	60	36	–	485	625	120	400	500	1350	68,0
ЗКУ-180-1	70	40	–	555	730	120	600	710	1800	143,0

Конструкция и основные параметры двухцепных двухреберных коромысел типа 2КД с одной точкой крепления, двухцепных и трех-цепных двухреберных коромысел с двумя точками крепления типа 2КД2 и 3КД2 представлены на рис. 1.22 и в табл. 1.96-1.98, а трех-цепных балансирных 3КБ и однорреберных типа К2 приведены на рис. 1.23 и в табл. 1.99 и 1.100.

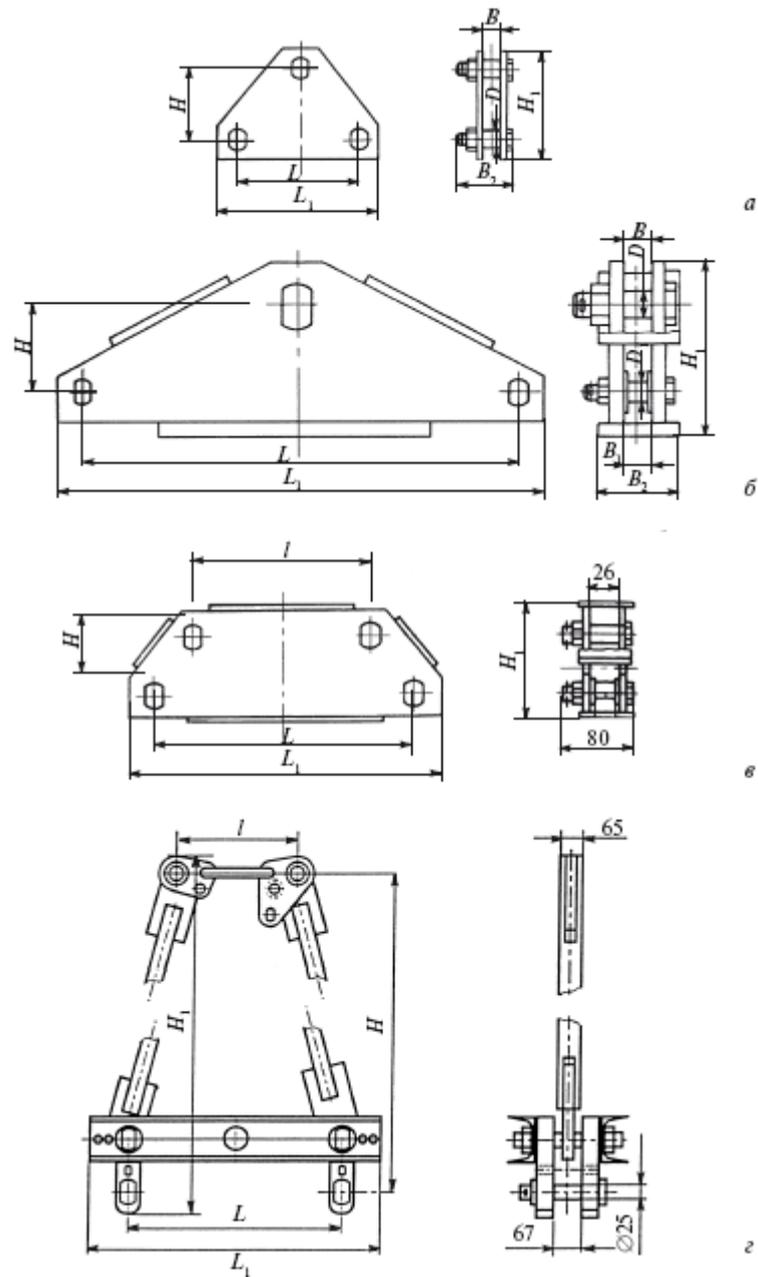


Рис. 1.22. Коромысла двухцепные двухреберные с одной и двумя точками крепления:
a – 2КД-25; *б* – 2КД-12; *в* – 2КД2-30; *г* – 2КД2-240-1/3

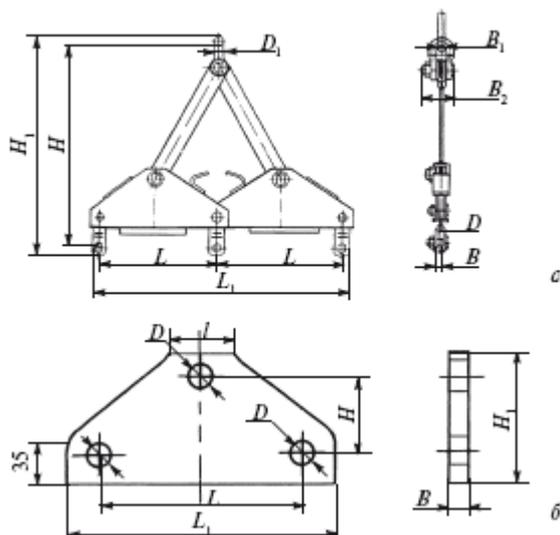


Рис. 1.23. Коромысло трех-цепное балансирующее типа ЗКБ с одной точкой крепления (а) и однорезберное типа К2 для крепления двух проводов фазы к подвескам (б)

Таблица 1.96

Двухцепные двухреберные коромысла типа 2КД (см. рис. 1.22, а и б)

Марка коромысла	Размеры, мм									Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	D_1	B	B_1	B_2	H	H_1	L	L_1		
2КД-7-1С	16	—	17	—	61	70	110	120	160	70	1,46
2КД-12-1С	22	—	23	—	83	175	235	800	860	120	21,7
2КД-12-2С	22	16	23	17	67	70	142	800	850	120	20,9
2КД-16-2А	25	22	26	23	88	105	170	400	460	160	7,8
2КД-21-1	28	—	29	—	98	50	185	330	400	210	9,65
2КД-25-2	32	—	34	—	105	108	204	200	290	250	10,2
2КД-30-4	36	—	38	—	120	60	175	460	540	300	19,3
2КД-40-3	40	—	42	—	130	60	195	280	380	400	16,8

Таблица 1.97

Двухцепные двухреберные коромысла типа 2КД2 с двумя точками крепления (см. рис. 1.22, в и г)

Марка коромысла	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	H	H_1	l	L	L_1		
2КД2-30-1	80	180	450	800	880	300	24,3
2КД2-240-1	2760	2958	600	2700	3065	2158	429,0
2КД2-240-2	2953	3143	600	1200	1565	2158	375,0
2КД2-240-3	2825	3015	960	2700	3065	2158	436,0

Таблица 1.98

Трехцепные двухреберные коромысла типа 3КД2 с двумя точками крепления

Марка коромысла	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
ЗКД2-40-1	400	38
ЗКД2-60-1	600	56
ЗКД2-90-3	900	91
ЗКД2-120-1	1200	213
ЗКД2-180-2	1800	263

Таблица 1.99

Трехцепные балансирные коромысла типа ЗКБ с одной точкой крепления (см. рис. 1.23, а)

Марка коромысла	Размеры, мм									Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	D	D_1	B	B_1	B_2	H	H_1	L	L_1		
ЗКБ-21-1	18	26	19	34	110	665	716	400	860	210	25,8
ЗКБ-40-1	22	34	23	42	142	750	814	450	960	400	61,2
ЗКБ-45-1	25	36	26	44	162	753	819	450	960	450	65,8
ЗКБ-60-1	28	40	29	48	182	780	850	450	970	600	90,8
ЗКБ-90-1	–	48	–	58	180	1225	1299	900	900	900	212,0
ЗКБ-90-2	36	48	38	58	180	850	938	450	1000	900	108,0
ЗКБ-120-1	–	60	–	72	225	1230	1330	900	1910	1200	278,0
ЗКБ-120-3	36	60	42	72	210	940	1050	600	1300	1200	188,0
ЗКБ-180-2	–	70	–	82	265	1830	1937	1350	2870	1800	650,0
ЗКБ-180-4	–	70	–	82	265	1305	1428,5	900	1940	1800	429,0
ЗКБ-270-1	–	85	–	–	–	2111	–	1350	–	2700	945,0

Таблица 1.100

Однорезберные коромысла типа К2 для крепления двух проводов (см. рис. 1.23, б)

Марка коромысла	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	D	B	H	H_1	L	L_1		
К2-7-1С	17	16	70	110	120	160	70	1,5
К2-12-2	23	22	60	110	150	195	120	2,5

К специальным относятся коромысла типа КЛ. Они предназначены для объединения всех цепей изоляторов после их монтажа и обеспечивают надежную работу линии при обрыве одной цепи в двух-, трехцепной и т. д. изолирующей подвеске, не допуская падения проводов на землю. Основные параметры подвесок типа КЛ приведены в табл. 1.101.

Таблица 1.101

Коромысла лучевые для объединения двух—восьми цепей натяжной изолирующей подвески проводов

Марка коромысла	Соединяется с арматурой	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
2КЛ-12/16-1	ПРР-12-1, ПРР-16-1, 2ПРР-12-2, 2ПРР-16-2	60	14,6
2КЛ-21-1	ПРР-21-1, 2ПРР-21-2	210	25,2
3КЛ-21-3	ПРР-16-1, ПРР-21-1, ПРР-30-1, 2ПРР-16-2	90	48,9
4КЛ-21-1	2ПРР-21-2, 2ПРР-30-2, ПРР-21-1, 2ПРР-21-2	60	74,6
4КЛ-21-2	ПРР-12-1.2, ПРР-12-2	60	74,6
5КЛ-12/21-1	ПРР-12-1, 2ПРР-12-2, ПРР-16-1, 2ПРР-16-2, ПРР-21-1, 2ПРР-21-2	60	53,1
5КЛ-40-1	ПРР-45-1	190	149
8КЛ-16-2	ПРР-16-1, 2ПРР-16-2	75	156,6

1.6.7. Поддерживающая арматура

В состав поддерживающей арматуры входят поддерживающие глухие зажимы для одного и более проводов, многороликовые подвесы и опорные зажимы.

Поддерживающие зажимы предназначены для подвески и закрепления проводов воздушных линий электропередачи и грозозащитных тросов к поддерживающим гирляндам на промежуточных опорах, а также для крепления грозозащитных тросов непосредственно к промежуточным опорам. Зажимы выпускаются типов ПГ, ПГН, ПГУ.

Поддерживающие зажимы состоят из лодочки, зажимного устройства и подвески, через которые зажимы соединяются с изолирующей подвеской (кроме ПГ-1-11, ПГ-2-10, ПГ-3-10). Лодочка поддерживающего зажима присоединяется к поддерживающей гирлянде через подвеску с шарнирами. Для фиксации проводов в лодочке во избежание проскальзывания их при неравномерных нагрузках на провода в смежных пролетах в лодочке поддерживающего зажима монтируется зажимное устройство.

Конструктивное исполнение элементов поддерживающего зажима может быть различным в зависимости от его назначения. По своему назначению поддерживающие зажимы подразделяются следующие на группы типов:

ПГ и ПГН – для одного провода в фазе (рис. 1.24, табл. 1.102 и 1.103);

2ПГН, 3ПГН, 4ПГН – для двух, трех и четырех проводов в фазе (табл. 1.104);

ПГН-5-4, 3ПГН2-5-1 и 3ПГН2-5-4 – для районов с частым гололедом (табл. 1.105);

ПГУ, 2ПГУ, 3ПГУ – для промежуточно-угловых опор (рис. 1.25, табл. 1.106).

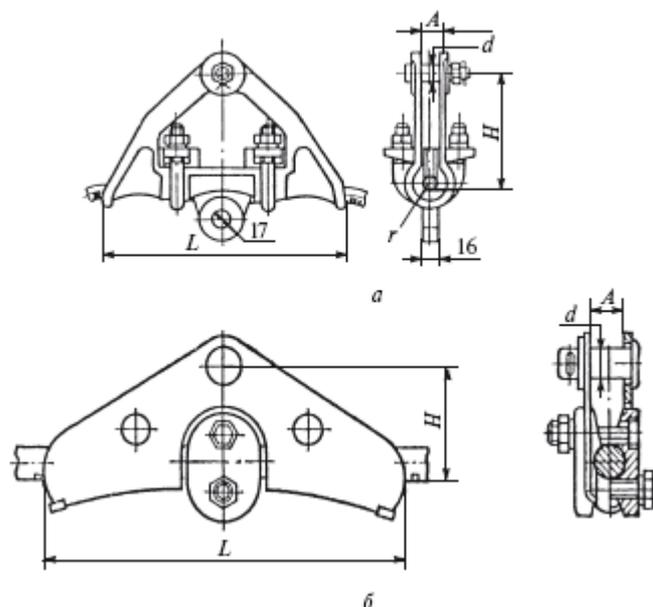


Рис. 1.24. Поддерживающие зажимы:
a – для подвески грозозащитных тросов на промежуточных опорах типа ПГ; *б* – глухие типа ПГН для проводов

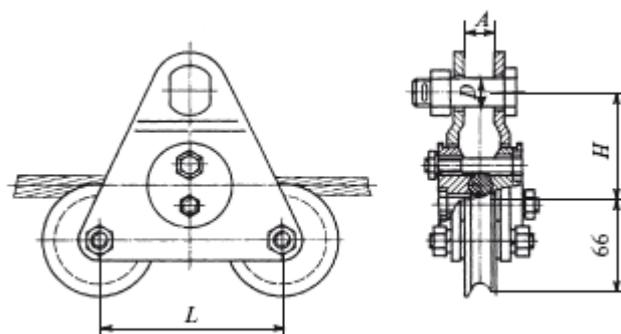


Рис. 1.25. Поддерживающий зажим типа ПГУ для промежуточно-угловых опор
 Гнезда сферического шарнирного соединения зажимов типа ПГ и ПГН имеют условный размер 17 мм.

Если при подвеске грозозащитных тросов осуществляется заземление, то при этом используются зажимы марок ПГ-1-11, ПГ-3-10, ПГ-2-11Д с лапкой, к которой болтом крепится заземляющий зажим ЗПС.

Таблица 1.102

Поддерживающие зажимы типа ПГ (см. рис. 1.24, *a*)

Марка зажима	Диаметр, мм		Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	проводов по ГОСТ 839–80*	канатов по ГОСТ 3062–80* 3063–80* 3064–80*	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>d</i>	<i>r</i>		
ПГ-1	5,6–11,4	–	89	85	–	–	–	6	0,38
ПГ-1-11	–	11,0–13,0	240	112	17	16	8,5	60	3,7
ПГ-3-10	15,4–19,8	21,5	300	128	23	22	11,5	60	5,0
ПГ-2-10	–	8,0–13,0	240	17	–	–	–	30	1,94
ПГ-2-11А	6,9–8,4	–	192	89	–	16	–	25	0,90
ПГ-2-11Б	9,6–11,4	11,0–11,5	192	89	–	16	–	25	0,90
ПГ-2-11Д	–	7,8–11,0	190	89	–	16	–	25	0,94
ПГ-3-12	13,5–19,6	–	220	100	–	–	–	30	1,35

Таблица 1.103

Поддерживающие зажимы типа ПГН (см. рис. 1.24, б)

Марка зажима	Размеры, мм				Диаметры проводов и канатов, мм	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>d</i>			
ПГН-1-5	192	93	17	16	6,4–9,0	25	0,7
ПГН-2-6	192	92	17	16	9,2–12,6	25	0,7
ПГН-3-5	220	99	20	16	13,5–19,6	25	1,1
ПГН-2-6А	190	436	17	16	9,2–12,6	25	0,94
ПГН-5-6	290	–	–	–	21,6–33,2	60	5,0
ПГН-6-6	300	54	–	–	33,9–37,5	100	5,8

Таблица 1.104

Поддерживающие зажимы типа 2ПГН, 3ПГН и 4ПГН для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов диаметром 21,6–33,2 мм

Марка зажима	Число проводов в фазе	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
2ПГН-5-7	2	120	19,2
2ПГН-5-10	2	200	26,3
2ПГН-5-13	2	120	15,38
3ПГН-5-7	3	180	27,3
3ПГН-5-13	3	180	20,4
3ПГН-5-14	3	300	28,0
4ПГН-5-2А	4	300	56,3
4ПГН2-5-2А	4	300	69,2

В районах с частым образованием гололеда и в районах с повышенными нагрузками, где при низких температурах требуется увеличенный запас прочности, применяются зажимы типа ПГН-5-4, а также зажимы для двух и более проводов, разработанные на базе этих зажимов.

Таблица 1.105

Зажимы типа ПГН для районов с частыми гололедами и районов с повышенной нагрузкой

Марка зажима	Число проводов в фазе	Диаметр алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, мм	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
ПГН-5-4	1	21,6–33,2	100	7,0
ЗПГН2-5-1	3*	21,6–33,2	300	61,5
ЗПГН2-5-4	3*	21,6–33,2	300	47,64

* С двумя точками крепления.

При монтаже проводов на промежуточно-угловых опорах для подвески проводов к гирляндам изоляторов применяются поддерживающие роликовые зажимы типа ПГУ, снабженные роликами, по которым производится раскатка и визирование проводов, что позволяет упростить монтаж алюминиевых и сталеалюминиевых проводов. Эти зажимы позволяют исключить из процесса сложную операцию по перекладке проводов из раскаточных роликов в зажимы с опусканием их на землю и подъемом на опоры.

В щелях зажима имеется одно или два окна, через которые на проводе, лежащем в роликах зажима, устанавливаются зажимные планки, стягиваемые двумя болтами и используемые при монтаже как раскаточные роликовые подвесы. Зажимы ПГУ применяются для монтажа проводов линий электропередачи всех классов напряжения.

В зависимости от диаметра монтируемого провода зажимы комплектуются соответствующими плашками.

Таблица 1.106

Поддерживающие зажимы для промежуточно-угловых опор типа ПГУ (см. рис. 1.25)

Марка зажима	Диаметр алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, мм	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		L	H	A	D		
ПГУ-2-1	8,4–21,6	150	–	19,2	–	50	3,44
ПГУ-2-2	8,4–15,4	135	67	17,0	16	60	1,88
ПГУ-2-3	12,3–15,4	135	77	23,0	22	120	2,80
ПГУ-5-1	18,8–37,7	400	160	–	–	100	13,8
2ПГУ-5-1	18,8–37,7	400	–	–	–	200	40,1
ЗПГУ-5-1	18,8–37,7	400	–	–	–	300	61,0

Многороликовые поддерживающие подвесы применяются для подвески стальных канатов и сталеалюминиевых проводов на промежуточных опорах больших переходов. Конструкция подвеса обеспечивает самоустановку роликов по дуге. При подвешивании сталеалюминиевых проводов в роликовых подвесах на провода надевается защитная муфта-протектор, которая фиксируется опрессовыванием.

Характеристика многороликовых подвесов приведена в табл. 1.107.

Таблица 1.107

Многороликовые подвесы

Марка подвеса	Диаметр, мм		Длина подвесов, мм	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
	сталеалюминиевых проводов	стальных канатов по ГОСТ 3063–80*			
П4Р-12-1	11,5–18,5	11,5–18,5	1520	120	87,0
П6Р-30-1	24,1–37,5	23,5–27,0	2240	300	203,0
ПРР-45-1	24,1–37,5	23,5–27,0	2240	450	224,0
2П6Р-30-1	24,1–37,5	23,5–27,0	2240	420	489,0
2П6Р-30-2А	24,1–37,5	23,5–27,0	2240	660	510,0
3П6Р-30-1	24,1–37,5	23,5–31,0	2240	420	703,8
3П6Р-30-2А	24,1–37,5	23,5–27,0	2240	900	725,7
3П6Р-30-3	24,1–37,5	23,5–27,0	5040	1320	1594,2
4П6Р-90-2	24,0	23,5–31,0	4500	900	1570,0
4П6Р-90-3	24,0–37,5	23,5–31,0	5040	1320	1778,0
5П6Р-150-1	37,5	–	4640	1500	2540,0

1.6.8. Защитная арматура

Защитная арматура предназначена для защиты изолирующих подвесов, изоляторов, проводов, грозозащитных тросов от электрических и механических повреждений. К защитной арматуре относятся: кольца и экраны защитные; узлы крепления экранов; рога разрядные; гасители вибрации; балласты; муфты предохранительные и защитные; распорки.

Специальные распорки предназначены для обводки шлейфа на анкерно-угловых опорах; для соединения трубы узла крепления экранов с проводами фазы; для обеспечения постоянства воздушных промежутков между проводами, между фазой и стойкой опоры и между проводами фазы.

Плашки и захваты распорок изготавливаются из алюминиевого сплава, остальные детали – из стали. Марки распорок и их основные данные приведены в табл. 1.108 и 1.109.

Таблица 1.108

Специальные распорки для обводки шлейфов

Марка распорки	Диаметр провода, мм	Расстояние между проводами, мм		Масса, кг
		по горизонтали	по вертикали	
РС-2-400	21,6–26,6	400	–	58,2
РС-3-400	27,5–30,6	400	–	58,9
ЗРС-2-400	21,6–26,6	400	346	91,0
ЗРС-3-400	27,5–30,6	400	346	91,7
ЗРС-4-400	31,5–37,7	400	346	90,3
ЗРС-4-600	37,5	600	520	190,75

Таблица 1.109

Специальные распорки для комплектации натяжных изолирующих подвесок

Марка распорки	Диаметр провода, мм	Расстояние между проводами, мм		Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		по горизонтали	по вертикали		
PC-6-400	59/51,5	400	—	1,96	3,84
2PC-4-2	37,5	685	—	1,96	3,17
3PC-5-400	45,0	400	400	1,96	3,3
4PC-400-1	59/51,5	400	400	2,0	7,44
4PC-2-925-A	21,6–26,6	925	925	2,45	8,00
4PC-3-400	27,5–30,6	400	400	2,0	4,73
4PC-3-600	27,5–30,6	600	600	2,45	6,0
4PC-3-925-A	27,5–30,6	925	925	2,45	7,6
4PC-4-600	31,5–37,5	600	600	2,45	6,0
4PC-2-925	21,6–26,6	925	925	2,45	8,0
4PC-3-925	27,5–30,6	925	925	2,45	7,6

Дистанционные распорки предназначены для удержания на заданном расстоянии проводов фазы воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств. Распорки выпускаются типов РГ, ЗРГ, 4РГ, 5РГ.

Глухие распорки типа РГ выпускаются типоразмеров 1, 2, 3, 4, 5, 6 и отличаются только диаметром губок, т. е. диапазоном диаметров проводов, монтируемых в распорке, и длинами распорок (300, 400, 485, 500, 600).

Для установки в шлейфах в целях уменьшения их раскачивания применяются дистанционные утяжеленные распорки типа РУ. Утяжеленные глухие распорки типа РУ выпускаются только с расстоянием 400 мм между проводами. Для утяжеления этих распорок на их тяги надеваются три литых груза. Технические данные распорок типа РГ приведены в табл. 1.110.

Таблица 1.110

Дистанционные распорки типа РГ

Марка распорки	Марка провода по ГОСТ 839–80*		Диаметр провода, мм	Диаметр плашек, мм	Расстояние между проводами, мм	Масса, кг
	А и АКП	АС, АСКС, АСКП, АСК				
РГ-1-300	—	120/19–	17,1–	20	300	0,624
РГ-1-400	—	185/24	19,8		400	0,964
РГ-1-500	—				500	1,114
РГ-2-300	—	240/32–	21,6–	25	300	1,6
РГ-2-400	—	400/22	26,6		400	1,8
РГ-2-485	—				485	2,0
РГ-2-500	—				500	2,0
РГ-2-600	—				600	2,0

РГ-3-400 РГ-3-500 РГ-3-600	–	400/51– 500/64	27,5– 30,6	30	400 500 600	1,8 2,0 2,2
РГ-4-400 РГ-4-500 РГ-4-600 РГ-Н-650	600 650 700 750	500/336– 750/93	31,5– 37,7	36	400 500 600 650	1,8 2,0 2,2 2,3
3РГ-3-400 3РГ-5-1А	–	–	27,5– 30,6 45/37	30 46	400 400	3,4 4,55
4РГ-3-400 4РГ-3-400А 4РГ-3-600	500, 550 –	400/64; 400/93, 500/27; 500/64 450/56; 300/204	27,5– 30,6	30	400 400 600	4,97 6,04 7,41
5РГ-2-400	–	185/128; 240/32 240/39; 240/56 300/39; 300/48 300/66; 330/30 330/43; 400/22	21,6– 26,6	25	400	7,1
5РГ-3-400	–	300/204; 400/51 400/64; 400/93 450/56; 500/27 500/64	27,5– 30,6	30	400	7,1
5РГ-4-600	–	500/336	37,5	36	600	14,81

Балласты (рис. 1.26) применяются для предотвращения изменения весовых и ветровых нагрузок на подвеску промежуточных опор, расположенных во впадине, при прохождении ВЛ по пересеченной местности. Для предотвращения этого к поддерживающему зажиму подвешиваются компенсирующие грузы – балласты, масса которых определяется расчетом. Технические характеристики балластов приведены в табл. 1.111.

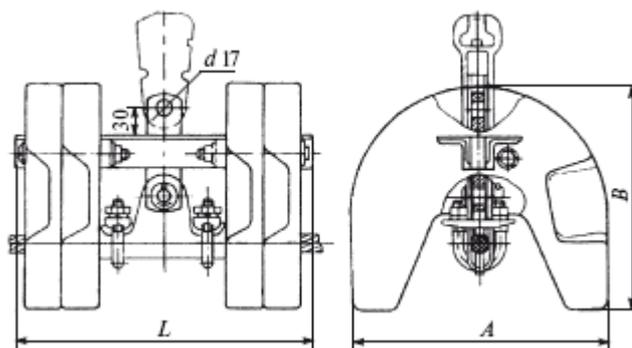


Рис. 1.26. Балласты к поддерживающим зажимам для одного провода

Таблица 1.111
Балласты

Марка балласта	Размеры, мм			Степень регулировки массы балласта, кг	К зажимам марок	Масса, кг
	A	B	L			
БЛ-100-1	400	310	320	100, 50	ПГ-1-11, ПГН-1-5, ПГН-2-6, ПГН-3-5	103,0
БЛ-200-1	400	310	480	200, 150, 100, 50	ПГ-1-11, ПГН-1-5, ПГН-2-6, ПГН-3-5	205,0
БЛ-400-1	425	400	732	400–100*	ПГН-1-5, ПГН-2-6, ПГН-3-5	411,0
БЛ-400-2	425	378	732	400–100*	–	412,5
БЛ-400-5	425	400	732	400–100*	ПГН-5-3	415,6
2БЛ-800-3	540	485	858	800–400*	2ПГН-5-7	815,0
3БЛ-1400-1	540	485	1322	1400–800*	3ПГН-5-7, 2ПГН-5-7	1422,0
3БЛ-1400-4	540	485	1775	1400–100*	3ПГН-5-4	1430,0
4БЛ-1000-1	–	–	1690	1000–100*	4 ПГН-5-2А	1030,0
5БЛ-500-3А	–	–	1026	500–100*	–	597

* Регулировка массы балласта через каждые 100 кг.

Предохранительные муфты типа МПР (рис. 1.27) предназначены для защиты провода от повреждения при соприкосновении с арматурой. Технические данные муфт МПР приведены в табл. 1.112.

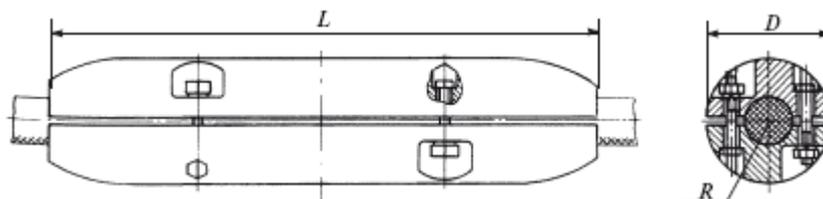


Рис. 1.27. Предохранительные муфты типа МПР

Таблица 1.112

Предохранительные муфты типа МПР

Марка муфты	Марка провода по ГОСТ 839–80*		Диаметр, мм	Размеры, мм			Масса, кг
	А, АКП	АС, АСКС, АКП, АСК		D	L	R	
МПР-240-1	–	240/56	22,4	78	625	11,5	4,1
МПР-400-1	400, 500	400/22, 400/51	25,6–27,5	85	625	14,0	4,8
МПР-500-1	–	500/64	30,6	85	625	16,0	4,5
МПР-500-2	–	500	37,5	92	625	19,0	5,0
МПР-600-1	650	600/72	32,9–33,2	90	400	17,5	3,4
МПР-1000-3	–	1000	51,9	120	400	27,0	5,1
МПР-1200-1	–	1200/67	45; 46,5	110	400	24,0	4,4

Защитные муфты типа МЗ (рис. 1.28) предназначены для защиты алюминиевых и сталеалюминиевых проводов от повреждения в многороликовых подвесах. Технические данные этих муфт приведены в табл. 1.113.

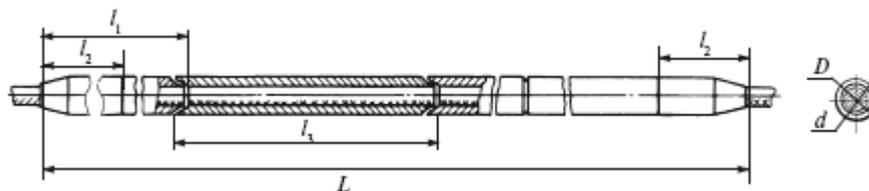


Рис. 1.28. Защитные муфты типа МЗ

Таблица 1.113

Защитные муфты типа МЗ

Марка муфты	Марка провода по ГОСТ 839–80* АС, АСКС, АКП, АСК	Размеры, мм					Матрица опрессования	Масса, кг	
		D	d	L	l ₁	l ₂			l ₃
МЗ-24-1	185/128, 240/56	40	24	5030	425	100	310	МШ-34,6	11,22
МЗ-25-1	300/39, 300/66	48	28	5900	425	100	310	МШ-41,6	21,0
МЗ-30-1	300/204, 400/93	48	32	5000	425	100	310	МШ-41,6	15,45
МЗ-40-1	500/336	60	40	5900	425	100	310	МШ-52	25,5
МЗ-55-1	1000/645	75	55	5900	–	–	–	МШ-65	33,2

Примечание. При монтаже опрессовываются первое и последнее звенья муфты шестигранными матрицами на участке, равном 100 мм.

Гасители вибрации устанавливаются на проводах и тросах линий электропередачи для защиты проводов от вибрации и предупреждения их повреждения от усталости, вызываемой вибрацией. Для установки на проводах ВЛ применяются гасители типа ГВН, ГПГ и ГПС (рис. 1.29), в табл. 1.114–1.116 приведены их технические характеристики. Гасители вибрации всех типов снабжены плашками с пониженными магнитными потерями. Марка гасителя выбирается в зависимости от типа провода, длины пролета и тяжения. Для неметаллических оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос диаметром 24 мм, применяются гасители вибрации типа ГВ 0,4/0,8/0,1-27.

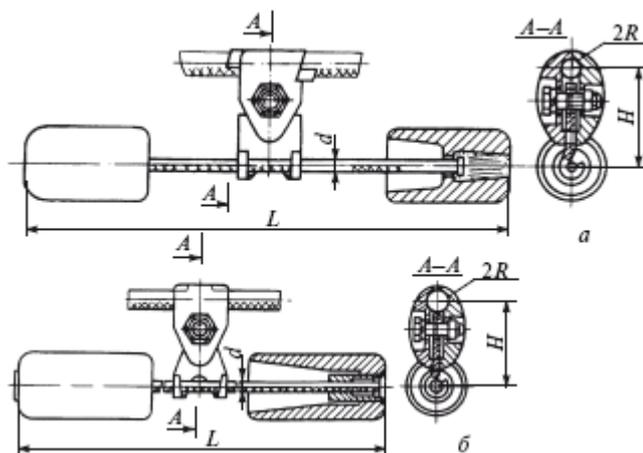


Рис. 1.29. Гасители вибрации:
а – типа ГВН и ГПГ с глухим креплением на проводе;
б – типа ГПС, сбрасывающийся для перехода

Таблица 1.114

Гасители вибрации типа ГВН с глухим креплением на проводе (см. рис. 1.29, *а*)

Марка гасителя вибрации	Марка и сечение провода по ГОСТ 839–80*		Расчетная площадь сечения всех проволок каната, мм ²		Размеры, мм				Марка гасителя типа ГПГ для возможной замены	Масса, кг	
	Ан АКП	АС, АСКС, АСКП и АСК	по ГОСТ 3062–80*	по ГОСТ 3063–80*	<i>L</i>	<i>d</i>	2 <i>R</i>	<i>H</i>		груза	гасителя
ГВН-2-9	–	–	38,01 50,45 57,33	48,64	300	9,1	9	68	ГПГ-0,8-9,1-300/10	0,8	2,24
ГВН-2-13	70	70/11, 95/16	–	–	350	9,1	13	69	ГПГ-0,8-9,1-350/13	0,8	2,29
ГВН-3-12	95	–	80,61	72,95	400	11,0	12	71	ГПГ-1,6-11-400/13	1,6	3,98
ГВН-3-13	–	–	–	101,72	450	11,0	13	72	ГПГ-1,6-11-450/13	1,6	4,02
ГВН-3-17	120, 150, 185	70/72, 120/19, 120/27, 150/19, 150/24, 150/34	–	–	450	11,0	17	75	ГПГ-1,6-11-450/16	1,6	4,04
ГВН-4-14	–	–	–	–	–	11	14	–	ГПГ-2,4-11-450/13	2,4	5,6
ГВН-4-22	–	–	–	–	–	11	22	–	ГПГ-2,4-11-500/20	2,4	5,7
ГВН-5-25	–	–	–	–	–	13	25	–	ГПГ-3,2-13-550/23	3,2	7,7
ГВН-5-30	–	–	–	–	–	13	30	–	ГПГ-3,2-13-550/31	3,2	7,8
ГВН-5-34	–	–	–	–	–	13	34	–	ГПГ-3,2-13-600/35	3,2	7,8
ГВН-5-38	–	–	–	–	–	13	38	–	ГПГ-3,2-13-650/38	3,2	7,9

Таблица 1.115

Гасители вибрации типа ГПГ с глухим креплением на проводе (см. рис. 1.29, *а*)

Марка гасителя вибрации	Диаметр провода, мм	Размеры, мм				Масса, кг
		d	$2R$	L	H	
ГПГ-0,8-9,1-300/10	9,0–11,0	9,1	10	300	69	2,32
ГПГ-0,8-9,1-300/13	11,1–14,0	9,1	13	300	69	2,34
ГПГ-0,8-9,1-350/13	11,1–14,0	9,1	13	350	69	2,37
ГПГ-0,8-9,1-350/16	14,1–17,0	9,1	16	350	72	2,39
ГПГ-0,8-9,1-400/13	11,1–14,0	9,1	13	400	69	2,39
ГПГ-1,6-11-350/10	9,0–11,0	11	10	350	72	4,23
ГПГ-1,6-11-350/13	11,1–14,0	11	13	350	72	4,25
ГПГ-1,6-11-400/13	11,1–14,0	11	13	400	72	4,28
ГПГ-1,6-11-400/16	14,1–17,0	11	16	400	75	4,30
ГПГ-1,6-11-400/20	17,1–20,0	11	20	400	78	4,32
ГПГ-1,6-11-450/13	11,1–14,0	11	13	450	72	4,31
ГПГ-1,6-11-450/16	14,1–17,0	11	16	450	75	4,33
ГПГ-1,6-11-450/23	20,1–26,0	11	23	450	93	4,51
ГПГ-1,6-11-450/31	26,1–32,0	11	31	450	98	4,57
ГПГ-1,6-11-450/35	32,1–35,0	11	35	450	98	4,57
ГПГ-1,6-11-500/13	11,1–14,0	11	13	500	72	4,34
ГПГ-1,6-11-500/20	17,1–20,0	11	20	500	78	4,38
ГПГ-1,6-11-550/16	14,1–17,0	11	16	550	75	4,39
ГПГ-1,6-11-550/20	17,1–20,0	11	20	550	78	4,41
ГПГ-1,6-13-350/13	11,1–14,0	13	13	350	84	4,39
ГПГ-1,6-13-400/16	14,1–17,0	13	16	400	87	4,45
ГПГ-1,6-13-400/20	17,1–20,0	13	20	400	90	4,47
ГПГ-1,6-13-450/20	17,1–20,0	13	20	400	90	4,51
ГПГ-1,6-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	93	4,67
ГПГ-2,4-11-400/13	11,1–14,0	11	13	400	72	5,88
ГПГ-2,4-11-450/13	11,1–14,0	11	13	450	72	5,91
ГПГ-2,4-11-450/16	14,1–17,0	11	16	450	75	5,93
ГПГ-2,4-11-500/13	11,1–14,0	11	13	500	72	5,94
ГПГ-2,4-11-500/16	14,1–17,0	11	16	500	75	5,96
ГПГ-2,4-11-500/20	17,1–20,0	11	20	500	78	5,98
ГПГ-2,4-11-550/20	17,1–20,0	11	20	550	78	6,01
ГПГ-2,4-11-550/23	20,1–26,0	11	23	550	93	6,17
ГПГ-2,4-11-600/23	20,1–26,0	11	23	600	93	6,2

ГПГ-2,4-13-400/20	17,1–20,0	13	20	400	90	6,07
ГПГ-2,4-13-450/13	11,1–14,0	13	13	450	90	6,07
ГПГ-2,4-13-450/20	17,1–20,0	13	20	450	90	6,11
ГПГ-2,4-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	93	6,27
ГПГ-2,4-13-450/31	26,1–32,0	13	31	450	97	6,33
ГПГ-2,4-13-500/13	11,1–14,0	13	13	500	84	6,12
ГПГ-2,4-13-500/16	14,1–17,0	13	16	500	87	6,14
ГПГ-2,4-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	6,16
ГПГ-2,4-13-500/23	20,1–26,0	13	23	500	93	6,32
ГПГ-2,4-13-500/31	26,1–32,0	13	31	500	97	6,38
ГПГ-2,4-13-500/35	32,1–35,0	13	35	500	98	6,38
ГПГ-2,4-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	6,20
ГПГ-2,4-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	93	6,36
ГПГ-2,4-13-600/23	20,1–26,0	13	23	600	93	6,41
ГПГ-3,2-13-450/16	14,1–17,0	13	16	450	87	7,69
ГПГ-3,2-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	93	7,87
ГПГ-2,4-13-450/31	26,1–32,0	13	31	450	97	7,93
ГПГ-3,2-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	7,76
ГПГ-3,2-13-500/35	32,1–35,0	13	35	500	98	7,98
ГПГ-3,2-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	7,80
ГПГ-3,2-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	93	7,96
ГПГ-3,2-13-550/31	26,1–32,0	13	31	550	97	8,0
ГПГ-3,2-13-600/23	20,1–26,0	13	23	600	93	8,01
ГПГ-3,2-13-600/31	26,1–32,0	13	31	600	97	8,07
ГПГ-3,2-13-600/35	32,1–35,0	13	35	600	98	8,07
ГПГ-3,2-13-650/35	32,1–35,0	13	35	650	98	8,11
ГПГ-3,2-13-650/38	35,1–38,0	13	38	650	100	8,19
ГПГ-4,0-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	9,36
ГПГ-4,0-13-500/23	20,1–26,0	13	23	500	93	9,52
ГПГ-4,0-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	9,4
ГПГ-4,0-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	93	9,56
ГПГ-4,0-13-550/31	26,1–32,0	13	31	550	97	9,62
ГПГ-4,0-13-600/31	26,1–32,0	13	31	600	97	9,67
ГПГ-4,0-13-600/35	32,1–35,0	13	35	600	98	9,67

Таблица 1.116

Сбрасывающиеся гасители вибрации типа ГПС (см. рис. 1.29, б)

ГПС-0,8-9,1-300/10	9,0–11,0	9,1	10	300	86	2,47
ГПС-0,8-9,1-300/13	11,1–14,0	9,1	13	300	86	2,48
ГПС-0,8-9,1-350/13	11,1–14,0	9,1	13	350	86	2,51
ГПС-0,8-9,1-350/16	14,1–17,0	9,1	16	350	86	2,52
ГПС-0,8-9,1-400/13	11,1–14,0	9,1	13	400	86	2,53
ГПС-1,6-11-350/10	9,0–11,0	11	10	350	90	4,43
ГПС-1,6-11-350/13	11,1–14,0	11	13	350	90	4,44
ГПС-1,6-11-400/13	11,1–14,0	11	13	400	90	4,46
ГПС-1,6-11-400/16	14,1–17,0	11	16	400	90	4,47
ГПС-1,6-11-400/20	17,1–20,0	11	20	400	90	4,49
ГПС-1,6-11-450/13	11,1–14,0	11	13	450	90	4,48
ГПС-1,6-11-450/16	14,1–17,0	11	16	450	90	4,49
ГПС-1,6-11-450/23	20,1–26,0	11	24	450	97	4,74
ГПС-1,6-11-450/31	26,1–32,0	11	31	450	97	4,77
ГПС-1,6-11-450/35	32,1–35,0	11	35	450	97	4,79
ГПС-1,6-11-500/13	11,1–14,0	11	13	500	90	4,51
ГПС-1,6-11-500/20	17,1–20,0	11	20	500	90	4,54
ГПС-1,6-11-550/16	14,1–17,0	11	16	550	90	4,55
ГПС-1,6-11-550/20	17,1–20,0	11	20	550	90	4,57
ГПС-1,6-13-350/13	11,1–14,0	13	13	350	90	4,48
ГПС-1,6-13-400/16	14,1–17,0	13	16	400	90	4,53
ГПС-1,6-13-400/20	17,1–20,0	13	20	400	90	4,55
ГПС-1,6-13-450/20	17,1–20,0	13	20	450	90	4,59
ГПС-1,6-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	97	4,72
ГПС-2,4-11-400/13	11,1–14,0	11	13	400	90	6,07
ГПС-2,4-11-450/13	11,1–14,0	11	13	450	90	6,10
ГПС-2,4-11-450/16	14,1–17,0	11	16	450	90	6,11
ГПС-2,4-11-500/13	11,1–14,0	11	13	500	90	6,13
ГПС-2,4-11-500/16	14,1–17,0	11	16	500	90	6,14
ГПС-2,4-11-500/20	17,1–20,0	11	20	500	90	6,16
ГПС-2,4-11-550/20	17,1–20,0	11	20	550	90	6,19
ГПС-2,4-11-550/23	20,1–26,0	11	23	550	97	6,42
ГПС-2,4-11-600/23	20,1–26,0	11	23	600	97	6,45
ГПС-2,4-13-400/20	17,1–20,0	13	20	400	90	6,15

ГПС-2,4-13-450/13	11,1–14,0	13	13	450	90	6,16
ГПС-2,4-13-450/20	17,1–20,0	13	20	450	90	6,19
ГПС-2,4-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	97	6,42
ГПС-2,4-13-450/31	26,1–32,0	13	31	450	97	6,45
ГПС-2,4-13-500/13	11,1–14,0	13	13	500	90	6,21
ГПС-2,4-13-500/16	14,1–17,0	13	16	500	90	6,22
ГПС-2,4-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	6,24
ГПС-2,4-13-500/23	20,1–26,0	13	23	500	97	6,44
ГПС-2,4-13-500/31	26,1–32,0	13	31	500	97	6,50
ГПС-2,4-13-500/35	32,1–35,0	13	35	500	97	6,52
ГПС-2,4-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	6,28
ГПС-2,4-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	97	6,51
ГПС-2,4-13-600/23	20,1–26,0	13	23	600	97	6,58
ГПС-3,2-13-450/16	14,1–17,0	13	16	450	90	7,77
ГПС-3,2-13-450/23	20,1–26,0	13	23	450	97	8,02
ГПС-3,2-13-450/31	26,1–32,0	13	31	450	97	8,05
ГПС-3,2-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	7,88
ГПС-3,2-13-500/35	32,1–35,0	13	35	500	90	8,12
ГПС-3,2-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	7,88
ГПС-3,2-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	97	8,11
ГПС-3,2-13-550/31	26,1–32,0	13	31	550	97	8,14
ГПС-3,2-13-600/23	20,1–26,0	13	23	600	97	8,16
ГПС-3,2-13-600/31	26,1–32,0	13	31	600	97	8,19
ГПС-3,2-13-600/35	32,1–35,0	13	35	600	97	8,21
ГПС-3,2-13-650/35	32,1–35,0	13	35	650	97	8,21
ГПС-3,2-13-650/38	35,1–38,0	13	38	650	97	8,27
ГПС-4,0-13-500/20	17,1–20,0	13	20	500	90	9,44
ГПС-4,0-13-500/23	20,1–26,0	13	23	500	97	9,67
ГПС-4,0-13-550/20	17,1–20,0	13	20	550	90	9,48
ГПС-4,0-13-550/23	20,1–26,0	13	23	550	97	9,71
ГПС-4,0-13-550/31	26,1–32,0	13	31	550	97	9,74
ГПС-4,0-13-600/31	26,1–32,0	13	31	600	97	9,74
ГПС-4,0-13-600/35	32,1–35,0	13	35	600	97	9,81

Провода ВЛ напряжением 6—10 кВ, смонтированные на подвесных изоляторах, защищаются от вибрации путем установки гасителей вибрации петлевого типа (рис. 1.30 и табл. 1.117). Роль гасителя выполняет петля, выполненная из отрезка провода той же марки, что и основной провод, смонтированный на линии. Конструкция такого гасителя вибрации обеспечивает надежную работу проводов сечением от 25 до 95 мм².

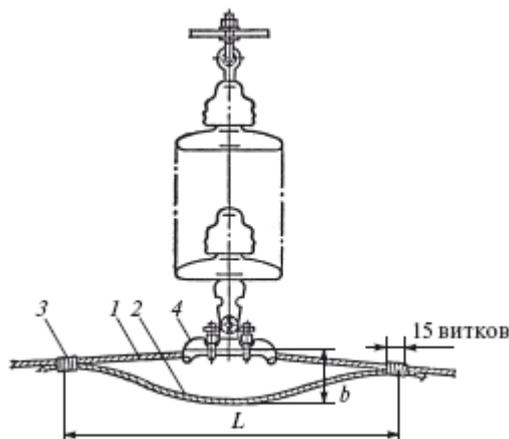


Рис. 1.30. Гаситель вибрации петлевого типа:

1 – основной провод; 2 – петля из провода; 3 – проволочная вязка на концах петли; 4 – поддерживающий зажим

Таблица 1.117

Петлевые гасители вибрации для проводов ВЛ 6—10 кВ (см. рис. 1.30)

Марка провода	Размеры, м		Диаметр вязальной проволоки, мм	Длина вязальной проволоки, м	Масса петлевого гасителя, кг
	L	b			
АС 25/4,2	1,0	0,15	2,3	0,7	0,11
АС 35/6,2	1	0,15	2,8	0,9	0,16
АС 50/8,0	1,15	0,15	3,2	1,0	0,24
АС 70/11	1,35	0,2	3,5	1,1	0,46
А 35	1,0	0,15	2,5	0,9	0,1
А 50	1,0	0,15	3,0	1,0	0,14
А 70	1,15	0,15	3,55	1,0	0,23
А 95	1,35	0,2	4,10	1,1	0,42

Защитные спиральные протекторы предназначены для защиты проводов марки АС от вибрации и изготавливаются следующих модификаций:

ПЗС-Б_{пр}-01 – для защиты проводов от вибрации в местах выхода провода из лодочки поддерживающего зажима;

ПЗС-Б_{пр}-11 – для защиты провода от вибрации и повышенных раздавливающих нагрузок в местах установки гасителей вибрации;

ПЗС-Б_{пр}-31 – для защиты проводов от вибрации в местах выхода провода из соединительного зажима типа САС, СОАС и т. п.

Маркировка зажима указывает: П – протектор; З – защитный; Э_{пр} – диаметр провода; две последние цифры (01) – модификация зажима.

Протектор представляет собой комплект отдельных спиралей или склеенных прядей, навиваемых на поверхность провода в месте установки зажима, гасителя, ролика. Основные параметры защитных спиральных протекторов представлены в табл. 1.118.

Таблица 1.118

Защитные протекторы ПЗС

Марка зажима	Марка провода	Диаметр проволоки протектора, мм	Длина протектора L_p , мм	Масса, кг
ПЗС-21,6-01	АС 240/39	3,2	2200	3,0
ПЗС-21,6-11		3,2	500	0,76
ПЗС-21,6-31	АС 240/32	3,8	2200	3,8
ПЗС-22,4-01	АС 240/56	3,2	2200	3,2
ПЗС-22,4-11		3,2	500	0,7
ПЗС-22,4-31		3,8	2200	3,8
ПЗС-24,1-01	АС 300/39	3,2	2300	3,6
ПЗС-24,1-11		3,2	500	0,8
ПЗС-24,1-31	АС 300/48	3,8	2300	4,2
ПЗС-24,5-01	АС 300/67	3,2	2300	3,7
ПЗС-24,5-11		3,2	500	0,9
ПЗС-24,5-31		3,8	2300	4,3
ПЗС-25,2-01	АС 330/43	3,2	2300	3,8
ПЗС-25,2-11		3,2	500	0,9
ПЗС-25,2-31		3,8	2300	4,5
ПЗС-27,5-01	АС 400/51	2,8	2300	3,5
ПЗС-27,5-11		2,8	500	0,8
ПЗС-27,5-31		3,8	2300	4,9

1.6.9. Натяжная арматура

Натяжение проводов и крепление их к анкерно-угловым опорам осуществляется с помощью натяжных зажимов различной конструкции, размеры и механическая прочность которых должны соответствовать размерам и механической прочности натягиваемого провода или каната.

Зажимы воспринимают нагрузку от тяжения проводов (канатов) в нормальном режиме при воздействии на них ветра и гололеда. Зажимы должны обеспечивать прочность заделки проводов (канатов) не ниже 90 % расчетной прочности проводов (канатов) на разрыв, а также надежный электрический контакт.

В зависимости от конструкции и способа монтажа натяжные зажимы подразделяются на клиновые, болтовые, заклинивающиеся и прессуемые. Они могут быть съемные и несъемные. Для алюминиевых проводов сечением от 16 до 95 мм² применяются простые клиновые зажимы типа НК (рис. 1.31, а и табл. 1.119).

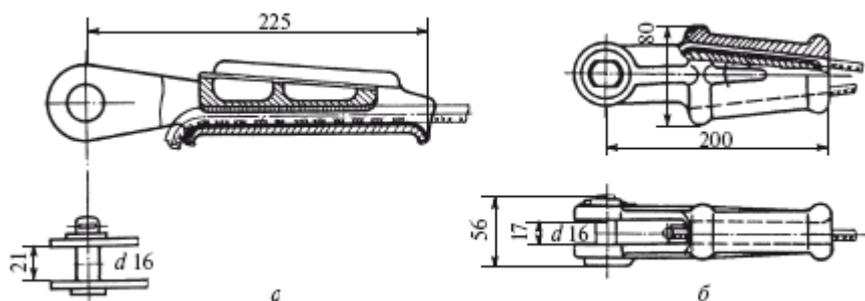


Рис. 1.31. Клиновые зажимы: *а* – НК-1-1; *б* – НКК-1-1Б

Таблица 1.119

Клиновой зажим марки НК-1-1

Марка зажима	Номер клина	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
НК-1-1*	1	А 16, А 25	43,9	1
	2	А 25, А 50		
	3	А 70, А 95		

* Соединяется с ушками У1-7-16 и У1К-7-16.

Для крепления сталеалюминиевых проводов сечением от 10 до 50 мм² и стальных канатов сечением от 25 до 86 мм² применяются натяжные зажимы «клин-коуш» типа НКК (рис. 1.31, *б* и табл. 1.120).

Таблица 1.224

Натяжной зажим типа НКК

Марка зажима	Номер клина	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Диаметр каната, мм			Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
			по ГОСТ 3062–80*	по ГОСТ 3063–80*	по ГОСТ 3071–88*		
НКК-1-1Б*	1	АС 10/1,8 АС 16/2,7 АС 25/4,2 АС 35/6,2 АС 50/8,0	–	–	–	60	0,80
	2	–	6,8–9,2	6,6–9,1	–	–	0,78
НКК-2-1**	–	–	–	11,0	13,5 15,5	120	3,10

* Соединяется с ушками У1-7-16 и У1К-7-16.

** Соединяется с ушком У1-12-16.

Натяжные зажимы типов НБ и НЗ (рис. 1.32 и табл. 1.121) предназначены для крепления алюминиевых и сталеалюминиевых проводов сечением от 70 до 300 мм² и выпускаются болтовыми марок НБ-2-6А и НБ-3-6Б и заклинивающимися марки НЗ-2-7. Рабочее положение зажима – болтовым хвостиком в сторону провода шлейфа, а раструбом в сторону пролета. Для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов болтовой зажим НБ-3-6Б поставляется с алюминиевой прокладкой, уложенной вдоль желоба корпуса зажима.

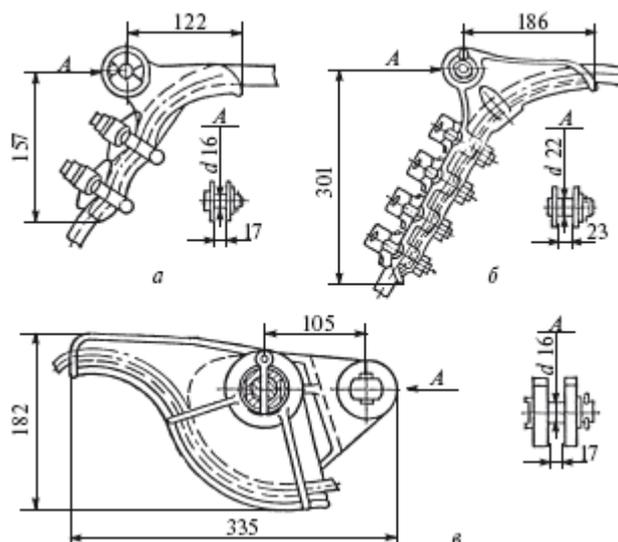


Рис. 1.32. Натяжные разъемные зажимы: *а* – НБ-2-6А; *б* – НБ-3-6Б; *в* – НЗ-2-7

Для проводов А 150 – А 300 зажим НБ-3-6Б комплектуется ушком У1-12-16.

Таблица 1.121

Натяжные разъемные зажимы типов НБ и НЗ

Марка зажима	Провода по ГОСТ 839–80*	Разрушающая нагрузка кН, не менее	Масса, кг
НБ-2-6А	А 95, А 120, А 150, АС 70/11, АС 95/16, АС 120/19	57	1,1
НБ-3-6Б	А 150, А 185, А 240, А 300, АС 150/19, АС 150/24, АС 150/34, АС 85/29, АС 85/43, АС 205/27, АС 240/32, АС 240/39	88,2	4,7
НЗ-2-7	А 120, А 150, АС 70/11, АС 95/16, АС 120/19, АС 120/27, АС 150/19, АС 150/24	57	1,67

Для натяжения сталеалюминиевых проводов сечением 240 мм² и больше на линиях электропередачи напряжением 220 кВ и выше применяются натяжные прессуемые зажимы типа НАС, состоящие из алюминиевого корпуса и анкера с проушиной, изготовленные из стали (рис. 1.33 и табл. 1.122). В хвостовике зажима на длине 100 мм опрессовывается провод, уходящий в шлейф. Конструкция зажимов этого типа такова, что при опрессовывании зажима плоскость расположения проушины может быть выбрана любой, в зависимости от условий комплектования изолирующей подвески и направления провода, уходящего в шлейф.

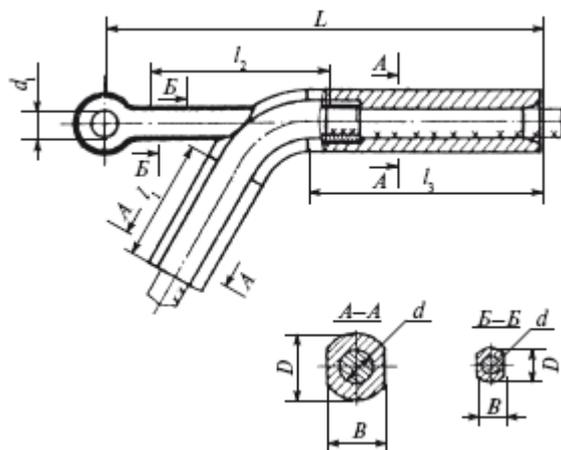


Рис. 1.33. Натяжные прессуемые зажимы типа НАС

Таблица 1.222

Натяжные прессуемые зажимы типа НАС для сталеалюминиевых проводов (см. рис. 1.33)

Марка зажима	Марка провода	Деталь зажима	Матрица для опрессовки	Размеры, мм							Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг	
				d	D	B	d_1	l_1	l_2	l_3			L
НАС-240-1	АС 185/24	Корпус	А-44	25	52	44	—	100	185	—	350	84,431	2,18
	АС 185/29	Анкер	С-22	9	28	22	23	—	—	115	—		
	АС 205/27 АС 240/32	Корпус Анкер	А-44 С-23	25 9	52 28	44 22	— 23	100 —	185 —	— 115	350 —		
НАС-240-2	АС 240/39	Корпус	А-44	25	52	44	—	100	185	—	350	91,007	2,16
	АС 185/43	Анкер	С-23	10	28	22	23	—	—	115	—		
НАС-330-1	АС 240/56	Корпус	А-44	28	54	44	—	110	195	—	360	116,757	2,23
	АС 300/39	Анкер	С-23	10	28	22	23	—	—	115	—		
		Корпус	А-46	28	54	44	—	110	195	—	360		
	АС 300/48 АС 330/43	Анкер	С-22	10	28	22	23	—	—	115	—		
		Корпус	А-46	28	54	44	—	110	195	—	360		
НАС-330-2	АС 330/30	Корпус	А-46	28	54	44	—	110	195	—	360	99,954	2,25
		Анкер	С-23	9	28	22	23	—	—	115	—		
НАС-300-1	АС 300/66	Корпус	А-46	28	52	44	—	110	195	—	385	142,054	2,69
	АС 300/67	Анкер	С-27	11,5	32	26,5	26	—	—	135	—		
НАС-400-1	АС 400/18	Корпус	А-50	31,5	58	50	—	120	225	—	400	107,004	2,66
	АС 400/22	Анкер	С-23	9	28	22	23	—	—	125	—		
НАС-450-1	АС 400/51	Корпус	А-50	31,1	58	50	—	120	225	—	415	147,791	3,18
	АС 400/64 АС 450/56	Анкер	С-27	11,5	32	26,5	26	—	—	135	—		
		Корпус	А-50	31,5	58	50	—	120	225	—	425		
НАС-500-1	АС 500/26	Корпус	А-50	31,5	58	50	26	120	225	—	425	126,616	2,88
	АС 500/27	Анкер	С-23	9	28	22	—	—	—	145	—		

Для оконцевания и натяжения стальных канатов сечением от 50 до 500 мм², используемых на линиях электропередачи в качестве грозозащитных тросов, применяются натяжные прессуемые зажимы типа НС (рис. 1.34 и табл. 1.123). Зажим НС изготавливается из стали. Он состоит из трубки с отверстием для каната и стальной дугообразной скобы, приваренной к концу трубки. Для выполнения заземления грозозащитного троса конец его пропускается через трубку корпуса зажима НС и отгибается в нужном направлении. Зажим опрессовывается, а на конце троса опрессовыванием монтируется заземляющий зажим типа ЗПС (рис. 1.35 и табл. 1.124). Зажим ЗПС с помощью болта через проушину закрепляется за мета ллоконструкции анкерно-угловой опоры.

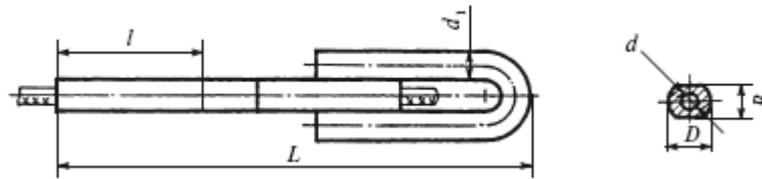


Рис. 1.34. Натяжные прессуемые зажимы типа НС для стальных канатов

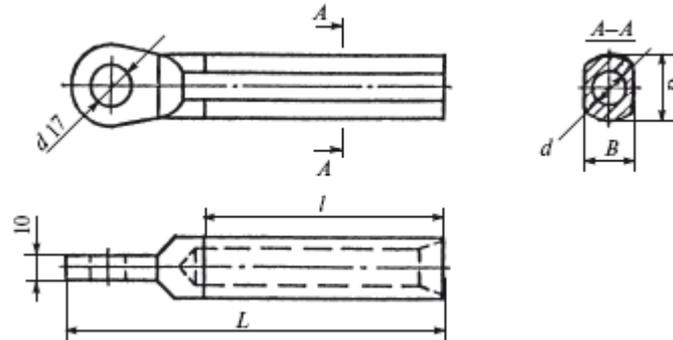


Рис. 1.35. Заземляющий прессуемый зажим типа ЗПС для присоединения к опоре заземляющих концов грозозащитного троса

Таблица 1.123

Натяжные прессуемые зажимы типа НС для стальных канатов (см. рис. 1.34)

Марка зажима	Диаметр, мм, стальных канатов по ГОСТ 3062–80*, 3063–80*, 3064–80*	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса, кг
		d	D	B	d_1	l	L		
НС-50-3	9,1 9,2 9,2 9,8	10	25	19	18	120	285	90,375	1,2

НС-70-3	11,0 11,5 11,5	13,0	30	23	20	150	320	126,250	1,68
НС-100-3	12,5 13,0	13,5	34	28	24	165	355	136,875	2,61
НС-108-1	–	–	–	–	26	–	405	–	3,35
НС-120-3	14,0 14,0	14,5	36	29	26	190	405	169,375	3,4
НС-140-3	15,0 15,5	16,0	36	29	26	190	405	178,125	3,4
НС-150-3	16,0	17,0	42	32	28	210	435	202,500	4,52
НС-170-3	17,0	18,0	42	34	28	210	435	228,750	4,52
НС-220-3	18,5 19,0	20	48	38	34	240	485	286,250	6,74
НС-230-3	20,0	21,0	48	38	34	240	485	284,375	6,79
НС-260-3	21,0	22,0	53	40	34	280	530	327,500	8,01
НС-300-3	22,5	23,5	53	43	36	280	540	371,875	8,65

Таблица 1.124

Заземляющие прессуемые зажимы типа ЗПС для стальных канатов (см. рис. 1.35)

Марка зажима	Диаметр, мм, стальных канатов по ГОСТ 3062–80*, 3063–80*, 3064–80*	Размеры, мм					Масса, кг
		<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>l</i>	<i>L</i>	
ЗПС-35-3	7,8	8,5	20	14	40	102	0,276
ЗПС-50-3	9,1; 9,2; 9,8	10,0	25	14	50	111	0,337
ЗПС-70-3	11,0; 11,5	13,0	30	19	60	125	0,489
ЗПС-100-3	12,5; 13,0	13,5	34	23	70	137	0,69
ЗПС-120-3	14,0	14,5	36	29	80	148	0,84
ЗПС-140-3	15,0; 15,5	16	36	29	100	168	0,94
ЗПС-150-3	16,0	17	42	32	100	171	1,30
ЗПС-170-3	17,0	18	42	34	120	191	1,45
ЗПС-220-3	18,5; 19,0	20	48	38	125	199	1,985
ЗПС-230-3	20,0	21	48	39	130	204	2,0
ЗПС-260-3	21,0	22	53	40	135	211	2,59
ЗПС-300-3	22,5	23	53	43	140	216	2,63
ЗПС-340-3	24,0	25	56	45	145	223	3,0
ЗПС-420-3	27,0	28,5	65	51	150	232	4,27

Натяжные зажимы типа ТРАС используются при осуществлении транспозиции сталеалюминиевых проводов на опоре. По конструкции зажимы типа ТРАС аналогичны зажимам типа НАС и с теми же анкерами, но корпус зажима имеет расточку с другой стороны, так как вывод провода в шлейф осуществляется в сторону пролета.

Для монтажа сталеалюминиевых проводов повышенной прочности используются натяжные прессуемые зажимы типа НАСУС, по конструкции аналогичные зажимам типа НАС.

Натяжные прессуемые зажимы применяются при монтаже стальных канатов по ГОСТ 3062-80*, ГОСТ 3063-80*, ГОСТ 3064-80* сечением от 48 до 298 мм². Зажимы типа НС изготавливаются из стали и предназначены для крепления грозозащитных тросов, оттяжек опор, а также стальных проводов на специальных переходах. Конструкция этих зажимов проста в производстве, удобна при монтаже и надежна в эксплуатации.

Для анкерного крепления проводов марки АС сечением от 70 до 400 мм² и тросов марки С к опорам воздушных линий электропередачи применяются натяжные спиральные зажимы типа НС- $D_{\text{пр}}$ -01 (НС – натяжной спиральный зажим; $D_{\text{пр}}$ – номинальный диаметр провода, мм; две последние цифры (01) – модификация зажима).

В состав зажима входят коуш литой и силовая спираль из проволоки. Силовая спираль представляет собой U-образную прядь спиралей, проклеенную компаундом. Силовая спираль навивается на провод. Прочность заделки провода в натяжном спиральном зажиме составляет не менее 95 % прочности провода. На внутреннюю поверхность пряди наносится абразив.

Натяжные спиральные зажимы надежно сохраняют провода от повреждения за счет распределения сдавливающего усилия по всей длине зажима. Технические характеристики натяжных зажимов НС приведены в табл. 1.125.

Таблица 1.125

Натяжные спиральные зажимы типа НС- $D_{\text{пр}}$ -01*

Марка зажима	Марка провода, троса	Длина силовой спирали, мм	Марка коуша	Масса, кг
НС-11,4-01	АС 70/11	800	К-70	1,4
НС-13,5-01	АС 95/16	900	К-70	1,7
НС-15,2-01	АС 120/19	1100	К-70	2,8
НС-15,4-01	АС 120/27	1100	К-70	2,8
НС-16,8-01	АС 150/19	1200	К-120	3,1
НС-17,1-01	АС 150/24	1200	К-120	3,1
НС-17,5-01	АС 150/34	1200	К-120	3,1
НС-18,8-01	АС 185/29	1250	К-120	3,2
НС-18,9-01	АС 185/24	1250	К-120	3,2
НС-19,6-01	АС 185/43	1300	К-120	3,2
НС-19,8-01	АС 205/27	1350	К-120	3,35
НС-21,6/7,2-01	АС 240/32	1350	К-120	3,5
НС-21,6/8,0-01	АС 240/39	1350	К-120	3,5
НС-22,4-01	АС 240/56	1350	К-120	3,5
НС-24,0-01	АС 300/39	1350	К-120	3,5
НС-24,1-01	АС 300/48	1350	К-120	3,5
НС-24,5-01	АС 300/67	1350	К-120	3,5
НС-24,8-01	АС 330/30	1400	К-120	3,7
НС-25,2-01	АС 330/43	1400	К-120	3,7
НС-26,0-01	АС 400/18	1450	К-120	3,9
НС-26,6-01	АС 400/22	1450	К-120	3,9
НС-27,5-01	АС 400/51	1450	К-120	4,2
НС-9,1-01	С 50	870	К-70	2,4
НС-11,0-01	С 70	950	К-120	2,9
НС-15,4/11,0-01	АС 70/72	950	К-120	3,2

* Могут использоваться взамен натяжных зажимов типа НБ; НЗ; НС; НАС; НАСУС.

1.6.10. Соединительная арматура

Соединительная арматура предназначена для соединения проводов и канатов воздушных линий электропередачи. К соединительной арматуре относятся: овальные, плашечные, прессуемые, клыковые, петлевые и заземляющие зажимы. По назначению соединительные зажимы подразделяются на две группы:

- 1) воспринимающие токовую нагрузку и механическое тяжение по проводам;
- 2) воспринимающие только токовую нагрузку (петлевые, заземляющие).

По способу монтажа зажимы делятся на прессуемые, овальные – монтируемые обжатием; овальные – монтируемые скручиванием; клыковые – используемые в качестве «сжимов», и плашечные – стягиваемые болтами.

Соединения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов сечением от 10 до 185 мм² в пролетах выполняются с помощью соединительных овальных зажимов типа СОАС, монтируемых скручиванием (рис. 1.36 и табл. 1.126). Зажимы изготавливаются из алюминиевых трубок заданной длины, концы которых разбортовываются для обеспечения удобства заведения в трубку концов соединяемых проводов врасплет. Соединительный зажим СОАС-185 для проводов сечением 185 мм² комплектуется дополнительно вкладышем в виде полосы, имеющей двояковогнутое сечение.

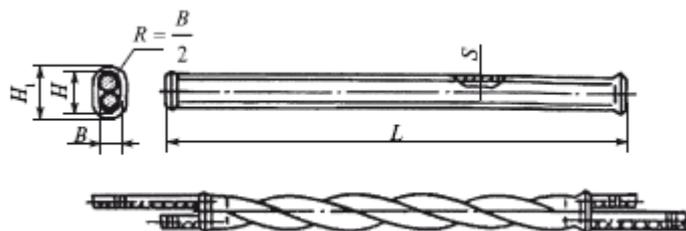


Рис. 1.36. Соединительный овальный зажим типа СОАС для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

Соединение стальных канатов в пролетах выполняется с помощью прессуемых зажимов типа СВС, представляющих собой короткую стальную трубку, внутренний диаметр которой обеспечивает возможность одновременного ввода в нее навстречу друг другу концов соединяемых проводов. При относительно тонкой стенке стальной трубки за счет одновременного опрессования концов соединяемых тросов с проволоками, наложенными врасплет, достигается высокая механическая прочность и надежность соединения.

Надежность соединения достигается за счет применения приспособления МИ-189А для проводов сечением до 35 мм², для проводов сечением от 50 до 185 мм² применяется приспособление МИ-230А.

Таблица 1.126

Соединительные овальные зажимы типа СОАС (см. рис. 1.36)

Марка зажима	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Размеры, мм					Прочность заделки провода, кН	Масса, кг
		<i>B</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>L</i>		
СОАС-10-3	АС 10/1,8	5,0	–	10,6	–	200	3,68	0,026
СОАС-16-3	А 16 АС 16/2,7	6,25	–	12,5	–	250	2,719 5,598	0,045
СОАС-25-3	А 25 АС 25/4,2	7,5	1,7	15,2	21,6	250	3,910 8,366	0,05
СОАС-35-3	А 35 АС 35/6,2	9,2	2,1	19,0	27,4	330	5,322 12,172	0,13
СОАС-50-3	А 50 АС 50/8,0	10,5	2,3	22,0	31,0	400	7,378 15,401	0,16
СОАС-70-3	А 70 АС 70/11	12,5	2,6	20,0	35,4	450	10,159 21,717	0,23
СОАС-95-3	А 95 А 120 А 95/16 АЖС 70/39	15,0	2,6	31,0	41,0	750	13,151 17,661 30,032 58,500	0,465
СОАС-120-3	А 120 АС 120/19 АС 120/27	17,0	3,1	35,0	46,0	900	21,712 37,369 44,378	0,76
СОАС-150/3	АС 150/19 АС 150/24 АС 150/34	19,0	3,1	39,0	50,0	1000	41,676 47,051 56,379	0,92
СОАС-185/3*	А 185 АС 185/24 АС 185/29 АС 185/43	21,0	3,4	43,0	55,0	1000	26,849 52,268 55,850 69,990	1,21

* Комплектуется вкладышем.

Для соединения между собой сталеалюминиевых проводов применяются соединительные прессуемые зажимы типа САС (рис. 1.37 и табл. 1.127). Корпус зажима изготавливается из труб специального профиля. Сердечник, предназначенный для соединения стальной части проводов, имеет профиль, аналогичный профилю корпуса.

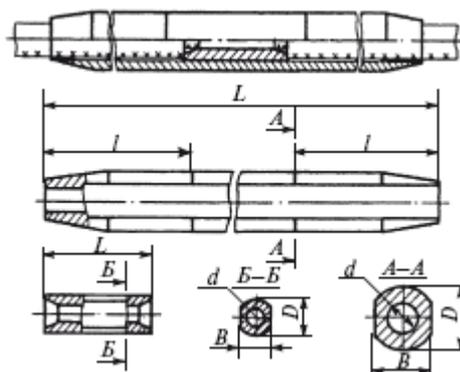


Рис. 1.37. Соединительный прессуемый зажим типа САС для сталеалюминиевых проводов

Таблица 1.127

Соединительные прессуемые зажимы типа САС для сталеалюминиевых проводов (см. рис. 1.37)

Марка зажима	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Деталь зажима	Матрица опрессования	Размеры, мм					Прочность заделки провода, кН	Масса, кг
				<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>l</i>	<i>L</i>		
САС-240-1	АС 185/24	Корпус	А-44	25	52	44	215	540	52,7	2,325
	АС 185/29	Сердечник	С-21	11,5	26	20	–	80	55,8	
	АС 205/27								57,3	
	АС 240/32								67,5	
САС-240-2	АС 240/39	Корпус	А-44	25	52	44	215	540	69,9	2,338
	АС 185/43	Сердечник	С-22	14,5	28	22	–	80	72,8	
САС-240-3	АС 240/56	Корпус	А-44	25	52	44	215	540	88,4	2,318
		Сердечник	С-23	16,5	28	23	–	80		
САС-330-1	АС 300/39	Корпус	А-44	28	54	44	230	580	81,5	2,438
	АС 300/48	Сердечник	С-22	14,5	28	22	–	80	90,5	
	АС 330/43								93,4	

САС-400-1	АС 330/30	Корпус	А-44	28	54	44	230	580	79,9	2,425
	АС 400/18	Сердечник	С-21	11,5	26	20	–	80	77,0	
	АС 400/22								85,6	
САС-300-1	АС 300/66	Корпус	А-50	28	54	44	230	580	113,6	2,52
	АС 300/67	Сердечник	С-26	18,5	32	26	–	90	105,7	
САС-400-2	АС 400/93	Корпус	А-50	31,5	58	50	275	660	156,3	3,23
		Сердечник	С-27	20	34	28	–	90		
САС-500-1	АС 400/51	Корпус	А-50	31,5	58	50	275	660	108,4	3,118
	АС 400/64	Сердечник	С-23	16,5	28	23	–	80	116,2	
	АС 450/56		С-21						118,2	
САС-500-2	АС 500/26	Корпус	А-56	31,5	58	50	275	660	102,5	3,225
	АС 500/27	Сердечник	С-23	11,5	26	20	–	80	104,13	
САС-500-3	АС 500/64	Корпус	А-56	35	65	56	315	750	133,4	4,22
		Сердечник	С-26	16,5	28	23	–	80	136,06	
САС-600-1	АС 550/71	Корпус	А-66	–	65	–	–	750	152,5	4,324
	АС 600/72	Сердечник	С-26					90	164,81	
САС-650-1	АС 650/79	Корпус	А-44	–	75	–	–	800	189,96	6,625
		Сердечник	С-22					90		
САС-750-1	АС 750 АС 700	–	–	–	75	–	–	800	–	6,7
САС-800-1	АС 800	–	–	–	75	–	–	770	–	6,7
САС-1200-1	АС 650/79	Корпус	МШ-65	–	75	–	–	85	231,4	6,3
		Сердечник	МШ-26							

Для соединения сталеалюминиевых проводов особо усиленной конструкции применяются соединительные прессуемые зажимы типа САСУС (рис. 1.38 и табл. 1.128).

Соединение стальных частей проводов производится методом «врасплет». Опрессование сердечника зажима производят сначала шестигранной, затем круглой матрицей, а опрессование корпуса зажима – круглой.

Для соединения стальных канатов в пролетах используются зажимы соединительные типа СВС, концы канатов в этих зажимах соединяются методом «врасплет», после чего производится опрессование шестигранными матрицами, а затем круглыми.

Зажимы типа СВС обеспечивают прочность заделки канатов не менее 90 % разрывного усилия канатов. Зажимы типа СВС представлены на рис. 1.39, основные данные приведены в табл. 1.129.

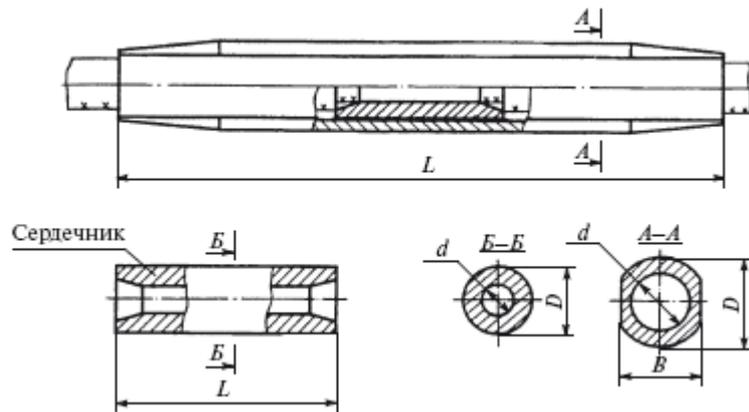


Рис. 1.38. Соединительные прессуемые зажимы типа САСУС для сталеалюминиевых проводов

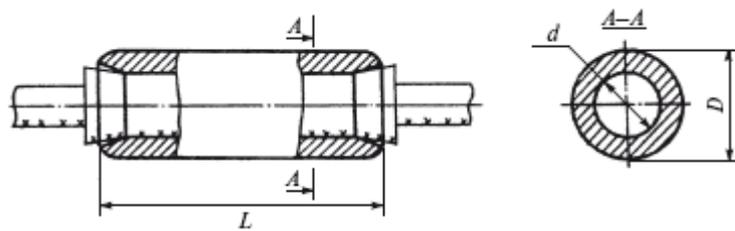


Рис. 1.39. Соединительные зажимы типа СВС для стальных канатов

Таблица 1.128

Соединительные прессуемые зажимы типа САСУС (см. рис. 1.38)

Марка зажима	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Деталь зажима	Матрица опрессования	Размеры, мм				Прочность заделки провода, кН	Масса, кг
				<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>L</i>		
САСУС-70-1	АС 70/72	Корпус Сердечник	А-43	21,0	50	42	370	87,14	1,50
			МШ-2А-19,5	16,5	24	–	70		
САСУС-95-1	АС 95/141	Корпус Сердечник	А-48	29,0	58	47	390	162,69	2,03
			МШ-27 С-27	24,5	32	–	90		
САСУС-185-1	АС 185/128	Корпус Сердечник	А-46	29,0	55	46	510	165,43	2,23
			МШ-27 С-27	24,5	32	–	90		
САСУС-300-1	АС 300/204	Корпус Сердечник	А-56	33,5	65	55	420	256,12	2,75
			МШ-31,2 С-31,5	30,0	38	–	120		
САСУС-500-1	АС 500/336	Корпус Сердечник	А-64	44,0	75	63	600	419,98	5,30
			МШ-41,6 С-42	38,5	50	–	200		

Таблица 1.129

Соединительные прессуемые зажимы типа СВС (см. рис. 1.39)

Марка зажима	Канат стальной		Матрица опрессования	Размеры, мм			Масса, кг
	диаметр, мм	ГОСТ		<i>d</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	
СВС-50-3	9,1	3063–80*	МШ-22,5	14,5	26	80	0,22
	9,2	3062–80*					
СВС-70-3	11,0	3063–80*	МШ-26	17,5	30	85	0,30
СВС-108-1	12,0	–	МШ-34,5	21,5	40	95	0,63
СВС-100-3	13,0	3063–80*	МШ-31,2	21,0	36	90	0,47
СВС-120-3	14,0	3064–80*	МШ-33,8	22,5	40	95	0,64
	14,0	3063–80*	МШ-33,8				
СВС-135-3	15,0	3063–80*	МШ-34,6	24	40	100	0,63
СВС-150-3	16,0	3063–80*	МШ-34,6	25,5	42	110	0,75
СВС-200-3	18,5	3064–80*	МШ-41,1	29,5	48	120	1,05
СВС-260-3	21,0	3064–80*	МШ-48	33,5	56	120	1,40
СВС-300-3	22,5	3064–80*	МШ-52	34,0	60	120	1,70

Выполнение разъемных соединений проводов в шлейфе анкерной опоры из алюминиевых и сталеалюминиевых проводов осуществляется петлевыми переходными зажимами типа ПАС (табл. 1.130). Зажимы (рис. 1.40) состоят из двух алюминиевых контактных лапок, плакированных медью. Лапки зажимов на концах проводов опрессовываются, а между собой соединяются болтами. При переходе с одной марки провода на другую в шлейфах

анкерных опор устанавливаются петлевые переходные прессуемые зажимы типа ПП (табл. 1.131).



Рис. 1.40. Соединительные петлевые переходные зажимы типа ПАС (а) для соединения проводов в шлейфе анкерной опоры и типа ПП (б) для перехода с одной марки провода на другую в шлейфах анкерных опор

Таблица 1.130

Петлевые прессуемые зажимы типа ПАС (см. рис. 1.40, а)

Марка зажима	Марка провода по ГОСТ 839–80*	Диаметр проводов, мм	Матрица опрессования	Размеры, мм			Масса, кг
				<i>L</i>	<i>l</i>	<i>B</i>	
ПАС-120-2	А 120, А 150, АС 70/72, АС 120/19, АС 120/27	14,0–15,8	МШ-19,5	360	80	40	0,58
ПАС-240-2	АС 300, АС 240/32, АС 240/39, АС 240/56	21,6–22,4	МШ-29,4	410	100	60	0,98
ПАС-300-2	А 350, А 400, АС 300/39, АС 300/48, АС 300/66, АС 300/67, АС 330/30, АС 330/43, АС 400/18, АС 400/22	24,0–26,6	А-40,5	420	100	60	1,14
ПАС-400-2	А 450, А 500, А 550, АС 400/51, АС 400/64, АС 400/93, АС 450/56, АС 300/204, АС 500/26, АС 500/27, АС 500/64	27,3–30,6	А-45	460	120	60	1,42
ПАС-602	–	31,5–33,2	А-51	510	140	–	1,96
ПАС-702	–	36,2–37,7	А-57	480	150	–	3,3
ПАС-1200-2	–	46,5	А-59	515	140	–	2,7

Таблица 1.131

Зажимы типа ПШ для перехода с одной марки провода на другую (см. рис. 1.40, б)

Марка зажима	Марки применяемых лапок и аппаратных зажимов	Номинальное сечение проводов, мм ² , по ГОСТ 839–80*		Диаметр проводов, мм	Матрица опрессования	Размеры, мм		Масса, кг
		А, АКП	АС, АСКС, АСКП, АСК			L	I	
ПП-19	ЛПА-185	240	185/24, 185/29, 185/43, 95/141, 205/27	18,8–20,0	А-28	420	90	4,59
ПП-21	ЛПА-240	300	240/32, 240/39, 240/56, 185/128	21,6–23,1	А-31,5	410	100	2,88
ПП-24	ЛПА-185	240	185/24, 185/29, 185/43, 95/141, 205/27	18,8–20,0	А-28	375	90	2,48
ПП-24	ЛПА-240	300	240/32, 240/39, 240/56, 185/128	21,6–23,1	А-31,5	375	100	2,48
ПП-33	ЛПА-240	300	240/32, 240/39, 240/56, 185/128	21,6–23,1	А-31,5	385	100	2,75
ПП-51	ЛПА-120	120 150	70/72, 120/19, 120/27	14,0–15,8	С-23	400	80	3,37
ПП-53	А2А-70-8	–	70/11	11,4	МШ-2А-16,5	355	70	1,36
ПП-54	А2А-95-8	–	95/16	13,5	МШ-2А-18,5	355	70	1,38
ПП-60	ЛПА-120	120, 150	70/72, 120/19, 120/27	14,0–15,8	С-23	395	80	2,64
	ЛПА-400	500	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/64	27,5–30,6	А-45	395	120	2,64
ПП-68	А2А-120-8	–	70/72	15,4	МШ-2А-20,8	354	80	1,10
ПП-70	А4А-120-8	–	70/72	15,4	МШ-2А-20,8	420	80	2,42

Петлевые зажимы типа ППТ для перехода с одного на два провода и типа ППР для перехода с двух проводов на три провода приведены на рис. 1.41 и в табл. 1.132 и 1.133.

На линиях электропередачи 35—110 кВ заземление грозозащитных тросов осуществляется зажимами типа ПС (рис. 1.42, а и табл. 1.134).

Для соединения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов в петлях анкерных опор ВЛ и осуществления отпаек применяются плашечные зажимы типа ПА (рис. 1.42, б и табл. 1.135). Зажимы марки ПА-1-1 применяются также для крепления петли проводов при анкерном креплении на штыревых изоляторах. В соединительных плашечных зажимах провод закрепляется затягиванием плашек болтами. После затягивания болтов между краями желобков плашек и корпуса должен оставаться незначительный зазор. Наличие зазора подтверждает, что зажим выбран правильно. Через несколько дней необходимо дополнительно подтянуть болты, так как из-за деформации проводов давление в контакте несколько ослабевает. При полном затягивании болтов провод прочно закрепляется плашками.

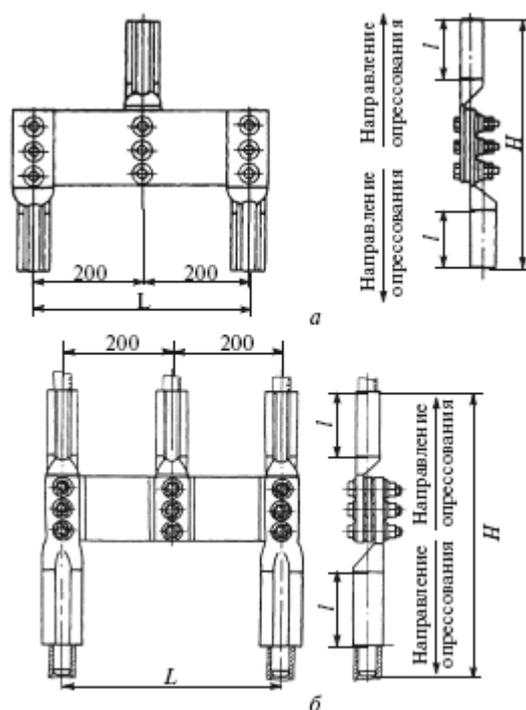


Рис. 1.41. Петлевые зажимы типа ППТ (а) для перехода с одного провода на два провода и типа ППР (б) для перехода с двух проводов на три провода

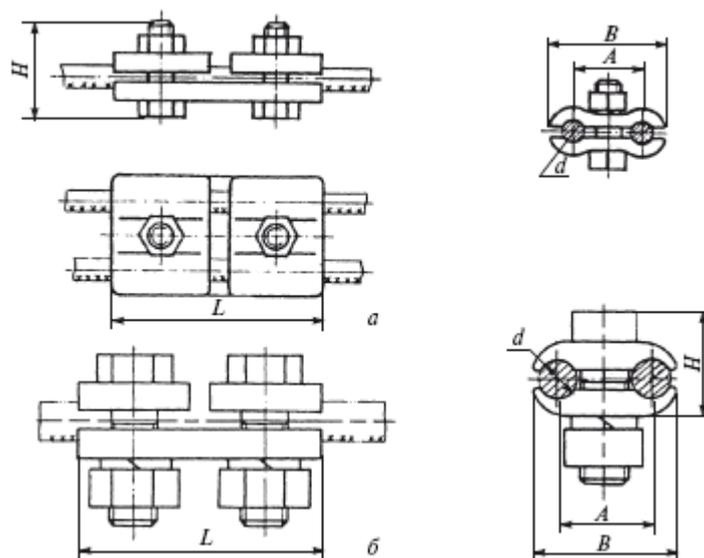


Рис. 1.42. Плашечные контактные зажимы: а – типа ПС; б – типа ПА

Таблица 1.132

Петлевые зажимы типа ППТ для перехода с одного на два провода (см. рис. 1.41, а)

Марка зажима	Марка применяемых лапок	Количество лапок	Марка проводов по ГОСТ 839–80*	Диаметр провода, мм	Матрица опрессования	Размеры, мм		Масса, кг
						<i>l</i>	<i>H</i>	
ППТ-1	ЛПА-300	3	А 400, АС 300/39, АС 300/48	24,0–25,6	А-40,5	100	400	6,6
ППТ-2	ЛПА-400	3	А 500, АС 400/51, АС 400/64, АС 400/93, АС 300/204, АС 500/64	27,5–30,6	А-45	120	450	7,0
ППТ-3	ЛПА-700	1	АС 700/86, АС 500/336	36,2–37,5	А-57	150	460	6,93
ППТ-3	ЛПА-240	2	А 300, АС 240/32, АС 240/39, АС 240/56, АС 185/128	21,6–23,1	А-31,5	100	460	6,93

Таблица 1.133

Петлевые зажимы типа ППР для перехода с двух проводов на три провода (см. рис. 1.41, б)

Марка зажима	Марка применяемых лапок и аппаратных зажимов	Количество лапок	Номинальное сечение проводов, мм ² , по ГОСТ 839–80*		Диаметр проводов, мм	Матрица опрессования	Размеры, мм			Масса, кг
			А, АКП	АС, АСКС, АСКП, АСК			l	L	H	
ППР-1	ЛПА-400	3	500	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/64	27,5–30,6	А-45	120	400	515	14,5
	ЛПМ-650	2		БС 400 по ТУ 16.501.017-74	32,4	А-57	160			
ППР-2	ЛПА-400	3	500	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/64	27,5–30,6	А-45	120	600	515	14,9
	ЛПМ-650	2		БС 400 по ТУ 16.501.017-74	32,4	А-57	160			
ППР-3	А2А-400-2	3	450 500 550	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/26, 500/64	27,3–30,6	А-45	120	400	420	5,57
	А2А-600-2	2	600, 650	550/71, 600/72	31,5–33,2	А-51	140			
ППР-4	А2А-400-2	2	450 500 550	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/26, 500/27, 500/64	27,3–30,6	А-45	120	400	440	7,66
	А2А-700-2	3		700/86, 500/336, 750/93	36,2–37,7	А-57	140			
ППР-5	А2А-700-2	3		700/86, 500/336, 750/93	36,2–37,7	А-57	140	400	440	6,82
	А2А-400-2	2	450 500 550	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/64	27,3–30,6	А-45	120			
ППР-6	ЛПА-400	3	500	400/51, 400/64, 400/93, 450/56, 300/204, 500/27, 500/26, 500/64	27,5–30,6	А-45	120	400	480	9,86
	ЛПА-500	2	–	ПА-500	45/37	А-59	140			
ППР-7	А2А-150-8	3	185	150/19, 150/24, 150/34	16,8–17,5	МШ-24-2	80	400	370	3,58
	А2А-300-2	2	350 400	300/39, 300/48, 300/66, 330/30, 330/43, 300/67, 400/18, 400/22	24,0–26,6	А-40,5	100			
ППР-8	А2А-300-2	3	350 400	300/39, 300/48, 300/66, 300/67, 330/30, 330/43, 400/18, 400/22	24,0–26,6	А-40,5	100	400	400	5,27
	А2А-600-2	2	600 650	550/71, 600/72	31,5–33,2	А-51	140			
ППР-9	А2А-300-2	3	350	300/39, 300/48, 300/66, 330/30, 330/43, 300/67	24,0–26,6	А-40,5	100	400	–	6,52
	А2А-700-2	2	400	400/18, 400/22, 700/86, 500/336, 750/93	36,2–37,7	А-57	140			

Таблица 1.134

Соединительные пласечные зажимы типа ПС (см. рис. 1.42, а)

Марка зажима	Диаметр проводов и канатов, мм	Размеры, мм					Масса, кг
		<i>d</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	
ПС-1-1	5,5–8,6	8	28	48	36	70	0,373
ПС-2-1	9,1–12,0	12	34	58	36	70	0,42
ПС-3-1	12,5–14,0	12	34	58	42	92	0,75

Таблица 1.135

Соединительные пласечные зажимы типа ПА (см. рис. 1.42, б)

Марка зажима	Диаметр проводов, мм, по ГОСТ 839–80*	Размеры, мм					Масса, кг
		<i>d</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	
ПА-1-1	5,1–9,0	8	20	30	36	52	0,12
ПА-2-2	9,6–11,4	12	30	46	47	82	0,35
ПА-3-2	12,3–14,0	15	37	56	64	96	0,70
ПА-4-1	15,4–20,0	18	40	62	79	112	0,93
ПА-5-1	20,2–24,8	22	45	72	84	124	1,11
ПА-6-1	24,8–30,6	29	52	90	84	194	2,04

Для крепления стальных канатов, применяемых на линиях электропередачи в качестве грозозащитных тросов и оттяжек опор, применяются клыковые зажимы типа КС (рис. 1.43 и табл. 1.136).

Зажимы используются в качестве «сжимов» в комплекте с коушами, блоками или специальными роликами. В зависимости от необходимой прочности заделки каната применяется различное количество клыковых зажимов. Их преимущество перед прессуемыми зажимами – это разборное крепление, т. е. монтаж без применения прессов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.