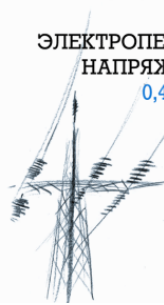


# **СПРАВОЧНИК**

ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
И РЕКОНСТРУКЦИИ  
ЛИНИЙ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ  
НАПЯЖЕНИЕМ

0,4 – 750 кВ



Ефим Гологорский

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

«ЭНАС»

2007

## **Гологорский Е.**

Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4—750 кВ / Е. Гологорский — «ЭНАС», 2007

Систематизированы материалы по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4—750 кВ. Изложены сведения по основным материалам, комплектующим изделиям, трансформаторным подстанциям, распределительным устройствам, строительно-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.

© Гологорский Е., 2007

© ЭНАС, 2007

# Содержание

Предисловие	5
Термины и определения	7
Раздел 1	10
1.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	10
1.1.1. Бетон и железобетон	10
1.1.2. Арматура и стальной прокат	12
1.1.3. Лесные материалы	15
1.2. СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОД ОПОРЫ ВЛ	17
1.2.1. Фундаменты	17
1.2.2. Анкерные плиты и балки	21
1.2.3. Опорные плиты и подпятники	22
1.2.4. Ригели	23
1.2.5. Сваи	23
1.2.6. Стойки опор	24
1.3. ОПОРЫ ВЛ	26
1.3.1. Железобетонные опоры	26
1.3.2. Стальные опоры	30
1.3.3. Деревянные опоры	35
Конец ознакомительного фрагмента.	37

# **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, строительно-монтажным 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 инжиниринговый центр», ЗАО «Оргэнергострой», ОПТЭН ЛИМИТЕД, Самарского и Московского заводов «Электро-

щит», 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. Погосеву 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 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 соединений 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, КТПП) 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
Столовая (мачтовая) трансформаторная подстанция	Открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или на опорах ВЛ на высоте, не требующей ограждения подстанции
Сопротивление 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 нижней 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 строительно-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, м³:		Лес круглый	
тяжелый	1800–2500	лиственных	
легкий	400–1800	пород, м³:	
Гравий, м³:		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 строительный, м³	1500–1650
глиняный	3500–3900	Щебень	1400–1800
силикатный	3500–3700	из естественного	
Лес круглый хвойных		камня, м³	
пород, м³:		Шпалы	75
сосна	670–760	пропитанные, шт.	
ель	450–520	Войлок	150–250
Лес пиленный, м³:		строительный, м²	
хвойных пород	600	Вата минеральная, м³	75–150
лиственных пород	850		

##### 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 контролируемыми показателями качества бетона являются: класс по прочности на сжатие В, класс по прочности на осевое напряжение В<sub>с</sub>, 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 В<sub>с</sub> 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 (МПа·10<sup>-1</sup>), 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 кг/м<sup>3</sup> и принимается в пределах 200 до 5000.

По объемной массе в сухом состоянии бетон подразделяется на особо тяжелый – более 2500 кг/м<sup>3</sup>, тяжелый – от 1800 до 2500 кг/м<sup>3</sup>, легкий – от 500 до 1800 кг/м<sup>3</sup>, особо легкий – до 500 кг/м<sup>3</sup>.

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 <sup>3</sup> 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	10ГТ
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/мм<sup>2</sup>.
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
С235	Ст3кп2	С375	12Г2С
С245	Ст3пс5, Ст3сп5	С375Д	12Г2СД
С255	Ст3Гпс, Ст3Гсп	С390	14Г2АФ
С275	Ст3пс	С390Д	14Г2АФД
С285	Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп	С390К	15Г2АФДпс
С345	12Г2С, 09Г2С	С440	16Г2АФ
С345Д	12Г2СД, 09Г2СД	С440Д	16Г2АФД
С345К	10ХНДП	С590	12Г2СМФ
		С590К	12Н2МФА10

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 уголка, кг	Номер уголка	Размеры, мм		Масса 1 м уголка, 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
						8	9,65
2,8	28	3	1,27	9	90	6	8,33
3,2	32	3	1,46			7	9,64
		4	1,91			8	10,93
3,5	35	3	1,62			9	12,20
		4	2,10	10	100	6,5	10,06
4	40	3	1,85			7	10,79
		4	2,42			8	12,25
4,5	45	3	2,08			10	15,10
		4	2,73			12	17,90
		5	3,37			14	20,63
5	50	3	2,32			16	23,30
		4	3,05	11	110	7	11,89
		5	3,77			8	13,50
5,6	56	4	3,44	12,5	125	8	15,46
		5	4,25			9	17,30
6,3	63	4	3,90			10	19,10
		5	4,81			12	22,68
		6	5,72			14	26,20
7	70	4,5	4,87			16	29,65
		5	5,38	14	140	9	19,41
		6	6,39			10	21,45
		7	7,39			12	27,00
		8	8,37	16	160	10	24,67
7,5	75	5	5,8			11	27,00
		6	6,89			12	28,35
		7	7,96			14	33,35
		8	9,02			16	38,52
		9	10,07			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						
	больш полки	меньш полки				больш полки	меньш полки							
2,5/1,6	25	16	3	0,91	9/5,6	90	56	5,5 6 8	6,17 6,7 8,77					
3,2/2	32	20	3 4	1,17 1,52	10/6,3	100	63	6 7	7,653 8,7					
4/2,5	40	25	3 4	1,48 1,94						11/7	110	70	6,5 8	8,98 10,93
4,5/2,8	45	28	3	1,68	12,5/8	125	80	7 8 10	11,04 12,58 15,47					
5,6/3,6	56	36	4 5	2,81 3,46						14/9	140	90	8 10	14,13 17,46
6,3/4	63	40	4 5 6 8	3,17 3,91 4,63 6,03										
7/4,5	70	45	5	4,39	18/11	180	110	10 12	22,2 26,4					
7,5/5	75	50	5 6 8	4,79 5,59 7,43						20/12,5	200	125	11 12 14 16	27,37 29,74 34,43 39,07
8/5	80	50	5 6	4,99 5,92										

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	7,85	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 противогнильными 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/м³	Пределы прочности, МПа				
		вдоль волокон				поперек волокон
		Растяжение	Сжатие	Статический изгиб	Скалывание радиальное	Статический изгиб
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, м³, 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, м³, 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, м³, 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

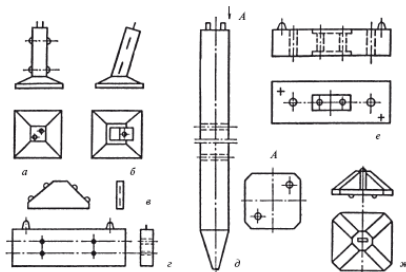
Конструкция фундаментов выбирается в соответствии с типом опоры, действующей на фундамент нагрузкой, а также характеристикой грунта, в который будет заделан фундамент.

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 получаются сочетанием грибовидного 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 подножники 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, м³	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, м³	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, м³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
<i>Прямые</i>						
Ф1-А	3,2	1,5х1,5	3,0	1,0	293	2,50
Ф2-А	3,2	1,8х1,8	3,0	1,2	311	3,00
<i>Наслоенные</i>						
Ф3-АМ	3,1	2,1х2,1	3,0	1,70	385	4,30
Ф3-А-350	3,4				556	
Ф4-АМ	3,1	2,4х2,4	3,0	2,00	469	6,00
Ф4-А-48	3,4				654	
Ф4-А-350	3,4				654	
Ф5-АМ	3,1	2,7х2,7	3,00	2,50	587	6,25
Ф5-А-48	3,4				650	
Ф5-А-350	3,4				764	
Ф6-АМ	3,1	2,0х3,0	3,0	2,70	792	6,90
Ф6-А-48	3,4				900	
Ф6-А-350	3,4				1014	
<i>Наслоенные для особо слабых и особо нагруженных грунтов</i>						
ФС1-А	3,4	4,2х3,0	3,0	4,22	1327	10,60
ФС1-А-48					1334	
ФС1-А-350					1448	
ФС2-А	3,4	4,2х3,0	3,2	4,64	1407	11,60
ФС2-А-48					1414	
ФС2-А-350					1530	
<i>Модернизированные</i>						
Ф3-А5М	3,115	2,1х2,1	3,0	1,80	325	4,50
Ф3-А5	3,4				377	
Ф5-А5М	3,115	2,7х2,7	3,0	2,50	428	6,25
Ф5-А5-48	3,4				489	
Ф6А5М	3,115	2,0х3,0	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, м³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
<i>Составные</i>						
ФПС5-А	5,16	2,7х2,7	4,8	2,77	814	—
ФПС5-А-48				2,77	821	
ФПС5-А-350				4,50	935	
ФСП1-А	5,16	3,0х4,2	4,8	4,92	1486	—
ФСП1-А-48					1493	
ФСП1-А-350		3,0х5,2			1508	
ФСП2-А	5,16	3,0х4,2	4,8	4,92	1566	—
ФСП2-А-48		3,0х5,2			1573	
ФСП2-А-350		3,0х5,2			1687	
ФПБ-5-А	5,2	2,7х2,7	4,95	2,82	806	—

Таблица 1.20  
**Фундаменты малозаглубленные высотой 0,7 м**

Фундаменты	Размеры основания фундамента в плане, м	Объем железобетона, м³	Масса металла, кг	Масса фундамента, т
МФ1,3х1-0	1,3х1,0	0,35	42,6	0,88
МФ1,3х1,5-0	1,3х1,5	0,48	56,3	1,20
МФ1,3х2,2-0	1,3х2,2	0,66	76,2	1,65
МФ1,3х1,5-1/10	1,3х1,5	0,48	56,5	1,20
МФ1,3х2,2-1/10	1,3х2,2	0,66	76,4	1,65
МФ1,3х1,5-1/5	1,3х1,5	0,49	56,5	1,23
МФ1,3х2,2-1/5	1,3х2,2	0,67	76,4	1,68
МФ2х2,0-0	2,0х2,0	0,85	107,1	2,13
МФ2х2,7-0	2,0х2,7	1,13	156,1	2,83
МФ2х2-1/10	2,0х2,0	0,85	107,3	2,13
МФ2х2,7-1/10	2,0х2,7	1,13	156,2	2,83
МФ2х2-1/5	2,0х2,0	0,85	107,0	2,13
МФ2х2,7-1/5	2,0х2,7	1,13	155,9	2,83

Таблица 1.21  
**Подножки**

Подножки	Высота, м	Размеры основания в плане, м	Объем железобетона, м <sup>3</sup>	Масса металла, кг	Масса подножки, т
Ф1,5х1-2	2,7	1,0х1,5	0,67	98,6	1,68
Ф1,5х1-5		1,5х1,5	0,79	105,6	1,98
Ф1,5х2-2		2,2х1,5	0,96	126,4	2,41
Ф2х2,1-2	3,2	2,0х2,1	1,49	199,0	3,73
Ф2х2,1-4		2,0х2,1	1,49	207,8	3,73
Ф2х2,8-2		2,0х2,8	1,70	221,4	4,26
Ф2х2,8-4		2,0х2,8	1,70	229,7	4,26
Ф2х3,5-4		2,0х3,5	2,02	368,0	5,05
ФП2х3,5-2	5,1	2,0х3,5	2,47	396,7	6,17
ФП2х3,5-4		2,0х3,5	2,47	405,0	6,17
Ф2х1,6-А	3,2	2,0х1,6	1,31	257,6	3,28
Ф2х2,3-А		2,0х2,3	1,61	470,5	4,03
Ф2х3,0-А		2,0х3,0	1,86	462,2	4,63
Ф2х2,3-А-5		2,0х2,3	1,61	491,9	4,03
Ф2х3,6-А		2,0х3,6	2,08	449,2	5,21
Ф2х3,6-А-5		2,0х3,6	2,08	624,2	5,21
Ф2х2,3-А-350		2,0х2,3	1,61	517,7	4,03
Ф2х3,0-А-350		2,0х3,0	1,86	493,1	4,63
Ф2х3,6-А-350		2,0х3,6	2,08	479,8	5,21
Ф2,7х3,5-4		2,7х3,5	2,64	254,0	6,60
Ф2,7х4,5-4		2,7х4,5	3,16	293,8	7,90
Ф2,7х3,5-А		2,7х3,5	2,74	639,4	6,85
Ф2,7х4,5-А		2,7х4,5	3,24	835,1	8,10
ФП2,7х2,7-А	5,2	2,7х2,7	2,72	667,8	6,90
ФП2,7х4,2-А		2,7х4,2	3,52	756,3	8,80
Ф2,7х3,5-А	3,2	2,7х3,5	2,76	542,1	6,85
Ф2,7х4,5-А-5		2,7х4,5	3,24	630,8	8,10
ФП2,7х2,7-А-5	5,2	2,7х2,7	2,72	611,4	6,90
ФП2,7х4,2-А-5		2,7х4,2	3,52	699,9	8,80
Ф2,7х4,5-А-350	3,2	2,7х4,5	3,24	865,3	8,10

Подножки	Высота, м	Размеры основания в плане, м	Объем железо- бетона, м <sup>3</sup>	Масса металла, кг	Масс поднож- ника, т
ФП2,7х2,7,А-350	5,2	2,7х2,7	2,72	700,8	6,90
ФП2,7х4,2,А-350		2,7х4,2	3,52	789,3	8,80
Для опор на оттяжках					
ФК1-0	2,2	1,2х1,2	0,54	73,5	1,35
Ф2-0	2,7	1,5х1,5	0,96	99,3	2,40
Ф3-0		1,8х1,8	1,17	111,4	2,93
Ф4-0		2,1х2,1	1,36	188,7	3,40
ФК1-1/10	1,7	1,2х1,2	0,56	68,1	1,40
ФК2-1/10		1,5х1,5	0,79	77,5	1,98
ФК3-1/10		1,8х1,8	1,0	89,0	2,50
ФК4-1/10		2,0х2,0	1,16	140,7	2,90
Ф1-1/10	2,7	1,2х1,2	0,73	79,6	1,83
Ф2-1/10		1,5х1,5	0,96	89,0	2,40
Ф3-1/10		1,8х1,8	1,17	101,1	2,93
Ф4-1/10		2,0х2,0	1,33	152,7	3,33
ФК2-1/5	1,7	1,5х1,5	0,81	84,9	2,03
ФК3-1/5		1,8х1,8	1,02	96,3	2,55
ФК4-1/5		2,0х2,0	1,18	143,9	2,95
Ф2-1/5	2,7	1,5х1,5	1,00	95,0	2,50
Ф3-1/5		1,8х1,8	1,22	106,0	3,05
Ф4-1/5		2,0х2,0	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, м³	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 подпят- ника, м	Размеры в плане, м	Объем железо- бетона, м³	Масса метал- ла, кг	Применение
<b>Опорные плиты</b>					
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 вибрирован- ных стоек
<b>Подпятники плоские:</b>					
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	
<b>с выемкой по верхней грани</b>					
П1-2	0,3	—	0,09	14	Для анкерно-угло- вых опор на оттяж- ках с вибрирован- ными стойками
ПК-1	0,2	—	0,06	7	Для анкерно-угло- вых опор на оттяж- ках с коническими ЦФ стойками
<b>с выступом по верхней грани</b>					
П1-3	0,18	—	0,038	5	Для анкерно- угловых опор на от- тяжках с цилинд- рическими 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 типоразмеров:

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 <sup>3</sup>	Масса металла, кг	Масса ригеля, т
Р-1	0,14	1,5×0,5	0,08	14	0,20
Р1-А	0,2	3,0×0,4	0,2	38	0,50
АР-5				62	
АР-6	0,2	3,5×0,5	0,28	96	0,76
АР6-1					
АР-7	0,2	2,0×0,3	0,09	18	0,23
АР7-1					
АР-8	0,64	6,0×0,64	1,04	198	2,60
АР-9	0,30	0,4×0,25	0,30	76	0,75
АР-10	0,34	0,4×0,25	0,34	88	0,85
РФ1,5	0,14	0,62×1,50	0,08	14,8	0,20
РФ3,0	0,20	0,62×3,00	0,20	44,8	0,50
РФ3,0-6		0,62×3,00	0,20	66,0	0,50
РЦ3,5-6		0,62×3,50	0,28	110,5	0,70
РЦ3,5-8		0,81×3,50	0,28	73,9	0,70
РЦ6,0-8	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 <sup>3</sup>	металл, кг	
C35-6	6,0	0,35×0,35	0,71	172	1,78
C35-8	8,0		0,96	199–319	2,4–2,6
C35-10	10,0		1,20	246–386	3,0–3,2
C35-12	12,0		1,44	291–455	3,6–3,9
C25-6	6,0	0,25×0,25	0,37	84–157	0,9–1,0
C25-8	8,0		0,46	107–200	1,2–1,4
C35.6-1	6,0	0,35×0,35	0,71	172,6	1,78
C35.8-1	8,0		0,96	211,9	2,40
C35.8-2	8,0		0,96	317,7	2,40
C35.10-1	10,0		1,20	250,5	3,00
C35.10-2	10,0		1,20	376,7	3,00
C35.12-1	12,0		1,45	289,6	3,62
C35.12-2	12,0		1,45	436,6	3,62
Ц 1/2	11,10	∅ 0,56	1,34	427–566	3,8–3,9
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 вечномёрзлых 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 свай	Длина свай, м	Диаметр, м		Масса свай, кг (толщина стенок 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 – М<sub>рз</sub>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, м³	сталь, т	
		низ	верх			
Центрифугированные конические						
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	2,2	0,70	7,00
СК26.3–1.1					0,50	5,94
СК26.3–2.1					0,70	6,08
Центрифугированные цилиндрические						
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, м³	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	10,2
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
Вибрированные трапециевидные						
СВ110-3,5-A	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-A	9500	165×165	240×165	0,3	42,8	0,75
СВ95-3-A	9500	205×185	165×185	0,36	56,4	0,9
СВ85-3-A	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 прут 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 прохода, 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, м³	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	Ответительная	I–IV	13 300	СВ164-10,3	1,42	178,9

Таблица 1.31  
**Железобетонные опоры ВЛ 110 кВ**

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м³	Масса металлоконструкций, 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 – особый	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			325–190	16,5–20,6	11,0–15,0	СК 22.4-3.1	1,83	0,2

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м³	Масса металлоконструкций, 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–особый	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		АС 240/32	–	15,3	10,0	СЦ20.1-2.1	6,18	0,6
(исп. 07)								
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		АС 240/32	–	15,6	13,0	СЦ20.2-4.1	7,36	1,0
(исп. 07)								
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		АС 240/32	–	18,7	9,2	СЦ20.2-3.1	7,36	1,56
(исп. 03)								

Опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м <sup>3</sup>	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-угловые</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;	270–115	20,5	12,5	СК 22.2-1.1	1,74	0,22
		АС 240/32						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 <sup>3</sup>	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
ПБ 220-1	I–IV	АС 300/39;	310–280	24,5	16,5–14,5	СК26.1-2.1*	2,52	0,45
		АС 400/51				СК26.1-6.1		
ПБ 220-3	I–II	АС 300/39;	320	25,5	17,5	СК26.1-6.1	2,52	0,58
		АС 400/51						
ПСБ-220-1	I–IV	АС 300/39;	350–270	20,5	17,5	СК22.1-2.1	3,8	0,43
		АС 400/51						
ПБ 220-12	I–IV	АС 300/39;	435–320	26,0	21,2	СК 26.2-1.1	5,03	2,54
		АС 400/51						
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;	355–250	20,5	17,5	СК22.12-1.1	3,48	0,42
		АС 400/51						
1ПБ-220-2	I–III	АС 240/32;	325–275	24,0–25,0	15,5–16,5	СК 26.3-2.1	4,15	0,68–0,81
		АС 400/51						

Шифр опоры	Район по гололеду	Марка провода	Допустимый пролет, м	Высота опоры, м	Высота до нижней траверсы, м	Шифр стойки	Объем железобетона, м <sup>3</sup>	Масса металлоконструкций, т
<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	
УСБ 220-1				26,2	18,2	СК 26.1-4.1	2,52	
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	I–IV	АС 240/32;	–	19,9	12,7	СЦ 20.1-1.1	7,36	1,87
1,2УБ-220-1				15,5	9,0	СК 22.2-1.1	6,95	0,19
1,2УБ-220-1				17,5	11,0	СК 22.3-2.1	13,9	0,46
(исп. 03)								
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
1,2УБ-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				19,4	12,2	СЦ 20.2-3.1	7,36	1,38
(исп. 03)								

1,2УСБ-220-1			–	19,3	13,0	СК 22.2-2.1	4,47	0,8
1,2УСБ-220-1				19,3	13,0	СК 22.2-2.1	4,47	1,03
(исп. 02)								
<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, м³	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
ПБ 330-7Н	I–IV	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	450–355	27,0	23,0	СК 26.2-1.1	5,02	1,51
1ПБ330-1	I–IV	2хАС 240/32; 2хАС 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	2хАС 400/51	–	15,5	10,8	СЦ 20.2-1.1	11,1	0,86
УБ 330-7	IV	2хАС 400/51	–	21,0	15,5	СЦ 20.2-1.1	11,1	2,8
1,2УБ 330-1	I–IV	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	–	15,2	9,5	СЦ 20.2-5.1	11,04	1,20
1,2УБ 330-1 (исп. 06)	I–IV	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	–	15,2	9,5	СЦ 20.2-5.1	22,08	1,69
1,2УБ 330-3	I–IV	2хАС 240/32	–	17,6	12,7	СЦ 20.2-5.1	11,04	2,35
1,2УБ 330-3 (исп. 03)	I–IV	2хАС 400/51	–	20,7	15,2	СЦ 20.2-5.1	11,04	2,8
1,2УБ 330-5	I–IV	2хАС 240/32	–	22,5	17,8	СК 26.2-2.1	7,55	2,64
1,2УБ 330-5 (исп. 03)	I–IV	2хАС 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, м³	Масса металлоконструкций, т
<i>Промежуточные</i>								
1ПБ500-1	II–IV	3хАС 330/43; 3хАС 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	3хАС 330/43; 3хАС 400/51	410–355	27,5	23,0	СК 26.2-1.1	5,03	2,46
ПБ 500-7Н	IV	3хАС 330/43; 3хАС 400/51	300	26,0	21,5	СК 26.2-1.1	5,03	2,27
ПБ 500-3	II–IV	3хАС 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	3хАС 330/43; 3хАС 400/51	–	20,6	15,3	СЦ 20.2-5.1	22,06	2,72
1,2УБ 500-1 (исп. 02)		3хАС 330/43; 3хАС 400/51	–	20,6	15,3	СЦ 20.2-5.1	29,44	2,98
1,2УБ 500-3		3хАС 330/43; 3хАС 400/51	–	20,7	15,4	СЦ 20.2-5.1	27,6	3,44
1,2УБ 500-5		3хАС 330/43; 3хАС 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 заказчиком. 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.

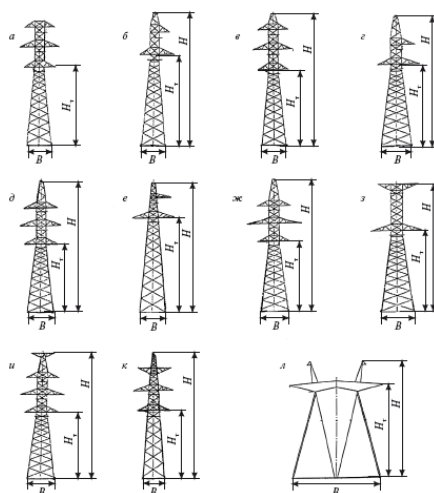
С 2004 г. ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»» начал выпуск многогранных металлических опор. Они представляют собой многогранную коническую конструкцию, изготовленную из стального листа. Опора может состоять из одной, двух и более секций (в зависимости от требуемой высоты). Длина секции до 16 м. Однако 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:

*а* – П35-2В, У35-4; *б* – П110-5В; *в* – П110-6В; *г* – У110-1; *д* – У110-2; *е* – П220-3; *ж* – 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 гололоду	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
П35-1Втг*	I-IV	15	1,75
<i>Промежуточные для горных районов</i>			
П35-2В	I-IV	14	1,92
П35-2Вт	I-IV	14	2,02
П35-2Втг	I-IV	14	2,11
<i>Анжерно-угловые</i>			
П35-4В	III-IV	12	2,08
П35-4Вт	III-IV	12	2,20
П35-4Втг	III-IV	12	2,33
<i>Анжерно-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	Голо- лед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м			Масса, т	
				полная H	до выс- ней тра- версы H <sub>т</sub>	Ширина Д, м		
Промежуточные								
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	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	
Анкерно-угловые								
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	
1У110-1	5–20	АС 120/19	—	19,0	9,0	3,48	2,95	
1УВ110-3	5–20	АС 240/32	—	19,0	9,0	3,78	3,78	
1У110-2	5–20	АС 120/19	—	22,6	8,6	3,78	4,16	
1У110-4	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	Голо- лед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина В, м	Масса, т
				полная H	до знака- версы H <sub>т</sub>		
Промежуточные							
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 330/39; 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
Анкерно-уголовые							
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	Голо- лед, мм	Марка провода	Пролет м	Высота, м		Ширина B, м	Масса, т
				полная H	до ниж- ней тра- версы H <sub>т</sub>		
Промежуточные							
П330-3	5—10	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	495—470 495—450	37,7	25,5	5,42	6,15
П330-2	5—20	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	445—325 425—330	43,5	22,5	5,75	10,08
1П330-1	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	505—350	38,5	26,0	4,2	5,21
2П330-1	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	485—390	38,5	26,0	4,2	6,52
1П330-3	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	525—360	39,7	27,0	8,5; 17,0	5,53
2П330-5	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	510—350	39,7	27,0	10,0; 20,5	6,19
3П330-1	15—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	430—340	41,0	26,0	4,2	6,34
3П330-2	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	490—335	49,0	26,0	6,0	10,75
Анкерно-угловые							
У330-1	5—20	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	—	27,0	10,7	6,24	13,15
У330-3	5—20	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	—	19,3	10,7	6,24	10,50
У330-2Г	5—20	2хАС 300/39; 2хАС 400/51	—	33,4	10,7	6,85	22,97
1У330-1	5—20	2хАС 240/32; 2хАС 400/51	—	28,1	11,6	5,7	13,00
1У330-3	5—20	2хАС 400/51	—	21,6	11,6	5,82	11,95

<i>Промежуточные для прохода 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	Голо- лед, мм	Марка провода	Пролет, м	Высота, м		Ширина В, м	Масса, т
				полная H	до ниж- ней тра- версы H <sub>т</sub>		
Промежуточные							
ПБ-1	10	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	460—425	32,2	27,2	17,4	6,54
ПБ-2	10—20	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	460—350	32,2	27,2	17,4	6,71
ПБ-3	10	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	430—420	32,2	27,2	18,4	7,32
ПБ-4	10—20	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	450—345	32,2	27,2	18,4	7,76
P2	10—20	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	450—315	33,0	27,0	8,0	11,47
P2+5	10—20	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	525—395	38,0	32,0	9,05	13,90
P2+10	10—20	3×AC 400/51; 3×AC 500/64	525—395	43,0	37,0	10,9	16,36
ПМО500-1	10	3×AC 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
				по линии до нижней ветви, м			
Промежуточные							
ПП 750-1	10, 15	5хАС 300/39;	450—415	41,0	35,0	33,2	10,95
ПП 750-3	20	5хАС 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	5хАС 300/39;	540—415	41,0	35,0	17,0	19,88
Австро-условные							
ПС 750-1+5		5хАС 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
Австро-условные							
УС 750-1	10, 20	5хАС 300/39;	—	29,9	20,0	42,0	29,3
УС 750-1+5		5хАС 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	5хАС 300/39;	—	30,3	21,2	44,0	24,91
УО 750-1+5		5хАС 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		
Промежуточные					
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
Австро-условные					
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  $\pm 2$  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.

## **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.