

Е. Ф. Макаров

**СПРАВОЧНИК
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
СЕТЯМ 0,4–35 кВ**

ТОМ I

**МОСКВА
1999**

ББК 31.232.3

УДК 621.311.1+621.316.1.3.6.62.65.66 (031)

Р е ц е н з е н т М.Н. Шагельман

Макаров Е.Ф.

Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ/ Под редакцией И.Т. Горюнова и др. — М.: Папирус Про, 1999. — 608с.: — 299 ил.

ISBN 5–901054–01–6

В этом томе приведены основные сведения по конструкциям воздушных линий электропередачи напряжением 0,4–35 кВ с неизолированными проводами.

Справочник предназначен для работников предприятий энергосистем, обслуживающих электросети 0,4–35 кВ, энергетиков промышленных предприятий и предприятий коммунальной энергетики, энергетиков сельскохозяйственного производства, студентов институтов и техникумов электротехнических специальностей и учащихся производственно-технических училищ электротехнического профиля, а также для энергетиков садоводческих кооперативов.

ББК 31.232.3

© Издательство «Папирус Про»

© Автор, 1999

ISBN 5–901054–01–6

Электрическая энергия остается на дальнюю перспективу основным видом энергии, обеспечивающей технический прогресс во всех сферах жизни человека. Ее можно передавать на большие расстояния, преобразовывать в световую, тепловую, механическую и другие виды энергии.

Для передачи электрической энергии и распределения ее по потребителям служат электрические линии, повышающие и понижающие подстанции, распределительные устройства и линии различного напряжения потребителей.

Основным элементом электрической сети, которая обеспечивает передачу и распределение электрической энергии, является подстанция, состоящая из распределительных устройств, трансформаторов и вспомогательного оборудования.

В распределительное устройство входят коммутационные аппараты и аппаратура управления, способные распределять электрическую энергию по отдельным потребителям, обеспечивая их надежное электроснабжение, как в нормальных, так и в аварийных режимах сети. Коммутационное оборудование и аппараты подстанций и распределительных устройств в период их эксплуатации требуют постоянного внимания со стороны электротехнического персонала.

Для обеспечения высокого уровня технического состояния оборудования Правилами технической эксплуатации предусматривается ряд мер по его обслуживанию и ремонту. Для непрерывной и безаварийной работы оборудования подстанций, распределительных устройств и линий специальными графиками и планами определяются сроки их периодических осмотров, профилактических испытаний, а также систематическое оперативное обслуживание.

Предупредительные ремонты предусматривают поддержание технических показателей электрооборудования на уровне проектных и расчетных значений (замена отдельных деталей и узлов), что обеспечивает длительную, надежную и экономичную работу оборудования.

Организация ремонтно-эксплуатационного обслуживания линий, электрооборудования подстанций, распределительных устройств и линий электропередачи возложена на предприятия электрических сетей, находящихся на хозяйственном расчете. Основная их задача — обеспечение бесперебойного и качественного снабжения потребителей электроэнергией с наименьшими затратами трудовых и материальных ресурсов. Персонал предприятий электрических сетей специализируется: по эксплуатации и ремонту средств релейной защиты, автоматики, телемеханики и электроизмерений; обслуживанию и ремонту диспетчерского технологического оборудования; проведению высоковольтных испытаний оборудования; эксплуатации и ремонту кабельных и воздушных линий и др. Ремонтные, реконструктивные и наладочные работы, а также работы по ликвидации возникающих повреждений выполняются, как

правило, силами основных специализированных бригад.

Таким образом, исправное состояние линий, электрооборудования подстанций и распределительных устройств обеспечивается проведением осмотров, текущего и капитального ремонтов, а также профилактических испытаний оборудования.

Высокий уровень эксплуатационной надежности электрооборудования может быть достигнут строгим выполнением правил технической эксплуатации при обслуживании, четкой организацией профилактических испытаний и измерений при соблюдении безопасных условий труда.

Одной из наиболее действенных мер по поддержанию электрооборудования на высоком техническом уровне и значительному продлению его работоспособности является своевременный и качественный ремонт. Специализированные ремонтные производственные подразделения или предприятия часто совмещают ремонт электрооборудования с его реконструкцией, улучшая технические параметры машин и аппаратов, совершенствуя их конструкцию с целью повышения надежности, мощности и работоспособности в соответствии с требованиями производства.

Рыночные отношения, конверсия оборонной промышленности создали широкую возможность внедрения в энергетiku современного, изготовленного по высоким технологиям, оборудования и материалов с принципиально новыми эксплуатационными качествами. Например, в Мосэнерго начали применять вакуумные выключатели. На выходе элегазовый выключатель 10 кВ. Вместо привычных автоматов типа АВМ применяют выключатели АВ2М. На наших традиционных воздушных линиях 0,4–10 кВ начали применять изолированные и защищенные провода марок АМКА, АХ и SАХ финской фирмы «Нокия», изолированные провода французских и отечественных фирм и др., а, следовательно, и принципиально новую линейную арматуру для их крепления на опорах и конструкциях.

В трансформаторных подстанциях (ТП) 10/0,4 кВ начали применять блоки элегазовых выключателей нагрузки 10 кВ фирмы «Сименс» в киосковых из пенобетона ТП полной заводской готовности.

Для энергетиков начался ответственный период работы с применением нового оборудования: традиционных силовых трансформаторов, но с защитой масла инертным газом и даже с заменой традиционных масел огнестойкими жидкостями, например, марки «Мидел 7231» (RASE Германия), сухих трансформаторов, работающих не только в помещениях, но и на открытом воздухе, в сетях 0,4 кВ населенных пунктов началось совершенствование схем их электроснабжения путем разукрупнения ВЛ 0,4 кВ, что можно считать принципиально новым для села и др.

Объемы ремонтных работ в электросетях сегодня несколько сократились. Поэтому здесь необходимо совершенствовать технологию и качество ремонтов, сокращать сроки и стоимость этих работ, что требует привлечения более квалифицированных электромонтеров.

Рабочие, обслуживающие и ремонтирующие электрооборудование, должны знать его назначение, устройство и принципы действия, а также аппараты и электрические сети, основы электромонтажного и ремонтного дела, уметь выбирать электротехнические материалы, установочные изделия, хорошо знать *Правила технической эксплуатации оборудования, Техники безопаснос-*

ти и область применения наиболее часто встречающихся при монтаже и ремонте электроустановок материалов и узлов электрооборудования. Это налагает на электромонтеров и мастеров повышенную ответственность и требует от них глубоких и прочных знаний, чтобы в практической работе получить основательные рабочие навыки и приемы по обслуживанию и ремонту линий, подстанций и распределительных устройств.

Все это требует повышать квалификацию персонала. Однако за последние 3–4 года снизился объем издаваемой технической литературы, что препятствует повышению уровня знаний электромонтеров.

Издание данного справочника имеет целью улучшить информирование персонала, обслуживающего электрические сети напряжением 0,4–35 кВ, помочь ему в освоении нового оборудования, внедряемого в электросетях.

Справочник состоит из следующих разделов:

I раздел. Общая часть.

В ней изложены сведения, необходимые для понимания и уточнения сведений, изложенных во II–VII разделах.

II раздел.

Воздушные линии электропередачи на напряжении 0,4–35 кВ, в том числе и по ВЛ с изолированными и защищенными проводами фирмы «Нокия» (Финляндия), французских и отечественных фирм.

III раздел.

Кабельные линии электропередачи на напряжении 0,4–35 кВ (с учетом опыта МКС Мосэнерго).

IV раздел.

Оборудование трансформаторных подстанций нанатяжении 6–10/0,4 кВ, распределительных пунктов 6–10 кВ и подстанций напряжением 35/6–10 кВ.

В этом разделе приведены сведения о типовых схемах ТП, РП и п/ст 35 кВ, о конструкциях силовых и измерительных трансформаторов, токоограничивающих и дугогасящих реакторов, коммутационных аппаратов 0,4–35 кВ, оборудования серии КСО, КРУ, КРУН, КРУЭ фирмы Сименс, распределительных устройств 0,4, 6–10 и 35 кВ.

V раздел.

Релейная защита, автоматика и телемеханика в сетях.

VI раздел.

Ремонтно-техническое обслуживание электросетей.

VII раздел.

Оперативное обслуживание электросетей 0,4–35 кВ.

В последних двух разделах приведены необходимые меры безопасности при ремонтно-техническом и оперативном обслуживании сетей.

Справочник рассчитан на читателя, уже получившего ранее основные све-

дения об электроустановках, обученного правильным и безопасным приемам труда. В нем приведены основные сведения о распределительных сетях Мосэнерго. Читатель, желающий получить более подробные сведения об электроустановках, не приведенных в данном издании, может использовать литературу, список которой приведен в конце каждого тома.

Автор считает своим долгом выразить признательность и благодарность за помощь и ценные советы, способствующие углублению материалов справочника:

ответственным и главным специалистам Генеральной дирекции АО Мосэнерго Н.И.Серебряникову, И.Т. Горюнову, А.А. Любимову, Н.В. Чернобровову, В.Г. Никитину и А.И. Барсукову; М.Н. Шагельману;

ведущим специалистам МКС Мосэнерго: Н.М. Наумову, И.Г. Белякову, В.А. Востросаблиной и В.Б. Пельцеру;

специалистам Коломенского предприятия электрических сетей Мосэнерго В.Н. Пархоменко, Э.П. Панфиловой, а также мастеру Химкинского района электросетей Октябрьского предприятия электросетей Мосэнерго Н.М.Седову.

Автор отмечает высокий профессионализм и благодарит издательский коллектив «Папирус Про» — С.В. Байздренко, В.В. Дрозда, М.М. Щербакова — за кропотливую работу и талант, которые помогли сделать эту книгу реальностью.

Особую признательность и благодарность автор выражает директору Подольского предприятия электросетей Мосэнерго А.Н. Филипову, взявшему на себя трудные обязанности заказчика по изданию данного справочника.

Все замечания и предложения по материалам, изложенным в справочнике, просьба направлять по адресу: 113035, Москва, Раушская наб., 8.

С признательностью и уважением к читателям

автор.

Москва. Тушино.

май 1996 — август 1997г.г.

1. Общая часть

1.1. Основные сведения

Общие термины, определения и характеристики электроустановок

Электроснабжение — обеспечение потребителей электроэнергией.

Электроустановка — любое сочетание взаимосвязанного электрического оборудования в пределах данного пространства или помещения.

Электрооборудование — совокупность электротехнических изделий и (или) электротехнических устройств, предназначенных для выполнения заданной работы. Электрооборудование в зависимости от объекта установки имеет соответствующее наименование, например, электрооборудование автомобиля и др.

Электротехническое устройство — электрооборудование, предназначенное для производства, преобразования, распределения, передачи и использования электрической энергии (электрическая машина, электрический аппарат, трансформатор и др.).

Источник снабжения электроэнергией — электроустановка, от которой осуществляется питание электроэнергией потребителя или группы потребителей.

Резервный источник питания — источник питания электроэнергии, включаемый при отключении основного источника.

Линия электропередачи — устройство, предназначенное для передачи электрической энергии.

Электрическая сеть — совокупность воздушных и кабельных линий электропередач и подстанций, работающих на определенной территории.

Приемник электрической энергии — электроустановка, предназначенная для приема и использования электроэнергии.

Потребитель электроэнергии — один приемник или группа приемников электрической энергии.

Номинальный ток ($I_{ном}$) — наибольшее действующее значение тока, которое аппарат способен пропускать при заданных номинальных напряжении и частоте, а также нормальной температуре окружающей среды, причем температура нагрева частей аппарата не должна превышать допустимую температуру для длительного режима работы (аппараты выполняются на токи 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160 А и т.д., см. табл.1.2.17, с.21).

Номинальное напряжение ($U_{ном}$) — напряжение, на которое рассчитан аппарат для длительного режима работы (для переменного тока, например, при напряжении до 1000 В оно равно — 36, 127, 220, 380, 660 В, для постоянного — 24, 48, 110, 220, 440, 750 В, см. табл.1.2.15, с.20).

Режимы работы — продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

Термическая стойкость аппарата и его частей — действующее значение тока термической стойкости, протекание которого в течение 1,5

или 10 с не вызывает нагрева токоведущих частей выше допустимой температуры.

Электродинамическая стойкость — способность пропускать во включенном состоянии наибольший пик тока без самопроизвольного отключения аппарата и механического или электрического его разрушения.

Предельный ток отключения — наибольшее действующее значение тока в цепи, который способен успешно отключить аппарат и погасить дугу.

Малое напряжение — номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в электрических установках для обеспечения электробезопасности.

Распределительная электрическая сеть — электрическая сеть, обеспечивающая распределение электрической энергии между пунктами потребления.

Радиальная электрическая сеть — электрическая сеть, состоящая из радиальных электрических линий, передающих электрическую энергию от одного источника питания.

Петлевая электрическая сеть — электрическая сеть, состоящая из радиальных электрических линий, имеющих между собой электрические связи, обеспечивающие их взаимное электроснабжение и резервирование.

Электрическая сеть с изолированной нейтралью — электрическая сеть, в которой ни одна из нейтралей генераторов и силовых трансформаторов не имеет соединения с землей, за исключением соединений через приборы измерения, защиты, сигнализации, дугогасящие реакторы и другие аппараты с большим сопротивлением.

Параметры и характеристики.

Номинальное значение параметра электротехнических устройств (номинальный параметр) — указанное изготовителем значение параметра электротехнического устройства, при котором оно должно работать; оно является исходным для отсчета отклонений. К числу параметров относятся, например, ток, напряжение, мощность.

Рабочее значение параметра электротехнического устройства (рабочий параметр) ограничивается допускаемыми пределами.

Перегрузка электротехнического устройства — превышение фактического значения мощности или тока электротехнического устройства, по отношению к номинальному значению.

Перенапряжение в электротехническом устройстве — напряжение между двумя точками электротехнического устройства, значение которого превосходит наибольшее допускаемое нормами значение.

Условия эксплуатации электротехнического устройства — совокупность значений физических величин, являющихся внешними факторами, которые во время эксплуатации могут оказывать влияние на работу устройства.

Электрооборудование в зависимости от исполнения может быть:

общего назначения — выполненное без учета специфических требований и предназначенное для определенных условий эксплуатации;

специальное — выполненное с учетом требований, специфических для определенного назначения или определенных условий эксплуатации (влагостойкое, химически стойкое и др.);

открытое — незащищенное оболочкой от прикосновения к его движущимся и токоведущим частям и от попадания внутрь его посторонних предметов, жидкости или пыли;

химически стойкое — предназначенное для эксплуатации в условиях химически агрессивной среды;

закрытое — выполненное так, что сообщение между внутренним пространством и окружающей средой возможно только через неплотности соединений между его частями;

герметичное — выполненное так, что сообщение между его внутренним пространством и окружающей средой исключено;

взрывозащищенное — выполненное так, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды;

наружной установки — предназначенное для работы вне помещений или сооружений;

внутренней установки — предназначенное для работы в помещениях или сооружениях.

Режим работы электрического устройства — совокупность условий работы устройства за определенный интервал с учетом его длительности, последовательности, а также назначений и характера нагрузки.

Для работы электротехнических устройств характерны следующие режимы:

нормальный — характеризующийся рабочими значениями всех параметров;

холостого хода (х.х.) — при котором происходит потребление мощности только самим устройством;

короткого замыкания (к.з.) — при котором сопротивление его нагрузки равно нулю или устройство подключено к источнику питания и находится в заторможенном состоянии;

номинальный — при котором параметры соответствуют требованиям заводов-изготовителей или же нормативной конструкторской документации;

продолжительный — при котором работа с постоянной нагрузкой продолжается не менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры при неизменной температуре окружающей среды;

кратковременный — при котором изделие не успевает достичь установившейся температуры при неизменных нагрузке и температуре окружающей среды, чередуется с отключениями, во время которых оно не успевает охладиться;

прерывисто-продолжительный — при котором продолжительный режим работы чередуется с отключениями;

повторно-кратковременный — при котором работа с неизменной нагрузкой, продолжающаяся менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры при постоянной температуре охлаждающей среды, чередуется с отключениями, во время которых устройство не успевает охладиться;

ся до температуры охлаждающей среды.

Продолжительность включения (ПВ) — это отношение (в процентах) времени пребывания во включенном состоянии устройства, работающего в повторно-кратковременном режиме, к длительности цикла.

Качество электротехнического устройства — это совокупность свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Все показатели качества называются технико-экономическими, поскольку они характеризуют, как технические особенности электротехнических устройств, так и экономическую эффективность их применения.

Надежность — свойство электротехнического устройства сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Она может быть оценена качественно показателем надежности.

Безотказность — свойство электротехнического устройства непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторой наработки.

Долговечность — свойство электротехнического устройства сохранять работоспособность до наступления предельного состояния.

Ремонтопригодность — свойство электротехнического устройства, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов или повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость — свойство электротехнического устройства сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтнопригодности в течение заданного времени и после хранения и (или) транспортирования.

Исправность — состояние электротехнического устройства, при котором оно соответствует всем требованиям нормативно-технической документации.

Неисправность — состояние электротехнического устройства, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической документации.

Повреждение — событие, которое заключается в нарушении исправного состояния электротехнического устройства при сохранении работоспособности.

Дефект — неисправность электротехнического устройства, при которой не происходит потеря его работоспособности.

По надежности электроснабжения различают электроприемники трех категорий:

первая — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных элементов городского хозяйства. Они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания (источник питания данного

объекта, на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках); перерыв их электроснабжения допускается только на время автоматического включения резервного питания (АВР);

вторая — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым срывом выпуска продукции, простоем рабочих механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного числа городских жителей. Питание этих приемников обеспечивается одной воздушной линией 6 кВ и выше. При передаче электроэнергии по кабелям допускается питание одной линией, но расщепленной не менее чем на два кабеля, присоединенных через самостоятельные разъединители. Допустимы перерывы питания на время, необходимое для включения резерва дежурным персоналом;

третья — все остальные электроприемники, не подходящие под определение первой и второй категории (например, электроприемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов и т.д.). Для этих приемников допустимы перерывы в питании на время ремонта или замены поврежденного элемента системы питания, но не более одних суток.

Нейтраль — соединение концов обмоток разноименных фаз трехфазных машин и аппаратов в одну точку для обеспечения нормальной их работы в трехфазной сети переменного тока.

Заземление и защитные меры безопасности:

глухозаземленная нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока);

изолированная нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление;

заземление какой-либо части электроустановки — преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством;

защитное заземление — заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности;

рабочее заземление — заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы этой электроустановки;

зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ — преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока;

замыкание на землю — случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей;

замыкание на корпус — случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нор-

мально не находящимися под напряжением;

заземляющее устройство — совокупность заземлителя и заземляющих проводников;

заземлитель — проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей;

искусственный заземлитель — заземлитель, специально выполняемый для целей заземления;

естественный заземлитель — находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления;

магистраль заземления или зануления — соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями;

заземляющий проводник — проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем;

нулевой защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ — проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока;

нулевой рабочий проводник в электроустановках до 1 кВ — проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника;

зона растекания — область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стекании тока с заземлителя;

зона нулевого потенциала — зона земли за пределами зоны растекания;

напряжение на заземляющем устройстве — напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала;

напряжение относительно земли при замыкании на корпус — напряжение между корпусом и зоной нулевого потенциала;

напряжение шага — напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека;

ток замыкания на землю — ток, стекающий в землю через место замыкания;

сопротивление заземляющего устройства — отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

1.2. Основные физические и электротехнические величины.

1.2.1. Международная система единиц СИ

Государственным стандартом 9867—61 введена в СССР Международная система единиц — СИ (табл. 1.2.2; 1.2.5 и 1.2.6), принятая XI Генеральной конференцией по мерам и весам.

Международная система единиц должна применяться как предпочтительная во всех областях науки и техники.

СИ распадается на несколько самостоятельных систем (МКС, МКСГ, КМСА), относящихся к различным разделам физики.

Для измерения электромагнитных величин в последнее время очень широко применялась система МКСА (Метр, килограмм, секунда, ампер).

Так как система МКСА основывается на тех же четырех (из шести) величинах, что и СИ, введение последней не внесло каких-либо изменений в единицы измерения электромагнитных величин.

Таблица 1.2.1. Алфавиты

Латинский алфавит			Греческий алфавит		
Написание букв		Название букв	Написание букв		Название букв
прописных	строчных		прописных	строчных	
A	a	а	Α	α	альфа
B	b	бэ	Β	β	бэта
C	c	цэ	Γ	γ	гамма
D	d	дэ	Δ	δ	дельта
E	e	э (е)	Ε	ε	эпсилон
F	f	эф	Ζ	ζ	дзета
G	g	ге (же)	Η	η	эта
H	h	ха (аш)	Θ	θ	тэта
I	i	и	Ι	ι	иота
J	j	йот	Κ	κ	каппа
K	k	ка	Λ	λ	ламбда
L	l	эль	Μ	μ	ми (мю)
M	m	эм	Ν	ν	ни (ню)
N	n	эн	Ξ	ξ	кси
O	o	о	Ο	ο	омикрон
P	p	пэ	Π	π	пи
Q	q	ку	Ρ	ρ	ро
R	r	эр	Σ	σ	сигма
S	s	эс	Τ	τ	тау
T	t	тэ	Υ	υ	ипсилон
U	u	у	Φ	φ	фи
V	v	вэ	Χ	χ	хи
W	w	дубль-вэ	Ψ	ψ	пси
X	x	икс	Ω	ω	омега
Y	y	игрек			
Z	z	зет			

Таблица 1.2.2. Основные единицы Международной системы единиц

Наименование величин	Единица измерения	Сокращенные обозначения единицы измерения	
		русские	латинские
Длина	метр	<i>м</i>	m
Масса	килограмм	<i>кг</i>	kg
Время	секунда	<i>сек</i>	s
Сила электрического тока	ампер	<i>А</i>	A
Термодинамическая температура	градус Кельвина	<i>К</i>	K
Сила света	свеча	<i>св</i>	cd

Таблица 1.2.3. Кратные и дольные единицы системы СИ

Наименование	Обозначение		Отношение к главной единице
	русскими буквами	латинскими или греческими буквами	
Тера	<i>Т</i>	T	10^{12}
Гига	<i>Г</i>	G	10^9
Мега	<i>М</i>	M	10^6
Кило	<i>к</i>	k	10^3
Гекто	<i>г</i>	h	10^2
Дека	<i>да</i>	da	10
Деци	<i>д</i>	d	10^{-1}
Санти	<i>с</i>	c	10^{-2}
Милли	<i>м</i>	m	10^{-3}
Микро	<i>мк</i>	μ	10^{-6}
Нано	<i>н</i>	n	10^{-9}
Пико	<i>п</i>	p	10^{-12}
Фемто	<i>ф</i>	f	10^{-15}
Атто	<i>а</i>	a	10^{-18}

Таблица 1.2.4. Единицы световых величин в системе СИ

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Сила света	кандела	кд	cd
Световой поток	люмен	лм	lm
Световая энергия	люмен-секунда	лм · с	lm · s
Освещенность	люкс	лк	lx
Светимость	люмен на квадратный метр	лм/м ²	lm/m ²
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ²	cd/m ²

Таблица 1.2.5. Единицы электрических и магнитных величин в системе СИ

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Сила электрического тока I	ампер	A	A
Количество электричества, заряд Q	кулон	Кл	C
Электрический потенциал V	вольт	B	V
Напряжение, электродвижущая сила (э.д.с.) U	вольт	B	V
Напряженность электрического поля E	вольт на метр	B/м	V/м
Абсолютная электрическая проницаемость ϵ_a	фарад на метр	Φ /м	F/м
Электрическая емкость C	фарад	Φ	F
Плотность тока j	ампер на квадратный метр	A/м ²	A/м ²
Электрическое сопротивление R	ом	Ом	W
Электрическая проводимость (полная) Y	сименс	См	S
Удельное электрическое сопротивление ρ	ом-метр	Ом·м	$\Omega \cdot m$
Удельная электрическая проводимость γ	сименс на метр	См/м	S/м
Электрическая энергия W	джоуль	Дж	J
Полная мощность S	вольт-ампер	B·A	V·A
Реактивная мощность Q	вар	вар	var
Активная мощность P	ватт	Вт	W
Магнитный поток Φ	вебер	Вб	Wb
Магнитная индукция B	тесла	Тл	T
Абсолютная магнитная проницаемость μ	генри на метр	Гн/м	H/м
Намагниченность M	ампер на метр	A/м	A/м
Напряженность магнитного поля H	ампер на метр	A/м	A/м
Индуктивность L	генри	Гн	H
Взаимная индуктивность M	то же	Гн	H

Таблица 1.2.6. Дополнительные и производные единицы Международной системы единиц СИ

Наименование	Единица измерения	Сокращенные обозначения единицы измерения		Размер единицы измерения
		русские	латинские или греческие	
<i>Дополнительные единицы</i>				
Плоский угол	радиан	<i>рад</i>	rad	
Телесный угол	стерадиан	<i>стер</i>	sr	
<i>Производные единицы</i>				
Площадь	квадратный метр	<i>м²</i>	m ²	(1 м ²)
Объем	кубический метр	<i>м³</i>	m ³	(1 м ³)
Частота	герц	<i>Гц</i>	Hz	(1) : (1 сек)
Плотность (объемная масса)	килограмм на кубический метр	<i>кг/м³</i>	kg/m ³	(1 кг) : (1 м ³)

Продолжение таблицы 1.2.6.

Наименование	Единица измерения	Сокращенные обозначения единицы измерения		Размер единицы измерения
		русские	латинские или греческие	
Скорость	метр в секунду	<i>м/сек</i>	m/s	(1 м) : (1 сек)
Угловая скорость	радиан в секунду	<i>рад/сек</i>	rad/s	(1 рад) : (1 сек)
Ускорение	метр в секунду в квадрате	<i>м/сек²</i>	m/s ²	(1 м) : (1 сек ²)
Угловое ускорение	радиан в секунду в квадрате	<i>рад/сек²</i>	rad/s ²	(1 рад) : (1 сек ²)
Сила	ньютон	<i>н</i>	N	(1 н) · (1 м)
Давление (механическое напряжение)	ньютон на квадратный метр	<i>н/м²</i>	N/m ²	(1 н) : (1 м ²)
Динамическая вязкость	ньютон-секунда на квадратный метр	<i>н · сек/м²</i>	N · s/m ²	(1 н) · (1 сек) : (1 м ²)
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	<i>м²/сек</i>	m ² /s	(1 м ²) : (1 сек)
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	<i>дж</i>	J	(1 н) : (1 м)
Мощность	ватт	<i>Вт</i>	W	(1 дж) : (1 сек)
Количество электричества, электрический заряд	кулон	<i>к</i>	C	(1 А) · (1 сек)
Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	<i>В</i>	V	(1 Вт) : (1 А)
Напряженность электрического поля	вольт на метр	<i>В/м</i>	V/m	(1 В) : (1 м)
Электрическое сопротивление	ом	<i>Ом</i>	Ω	(1 В) : (1 А)
Электрическая ёмкость	фарада	<i>Ф</i>	F	(1 к) : (1 В)
Поток магнитной индукции	вебер	<i>Вб</i>	wb	(1 к) : (1 Ом)
Индуктивность	генри	<i>Гн</i>	H	(1 Вб) : (1 А)
Магнитная индукция	тесла	<i>тл</i>	T	(1 Вб) : (1 м ²)
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	<i>А/м</i>	A/m	(1 А) : (1 м)
Магнитодвижущая сила	ампер	<i>А</i>	A	(1 А)
Световой поток	люмен	<i>лм</i>	lm	(1 св) : (1 стер)
Яркость	свеча на квадратный метр или нит люкс	<i>св/м² или нт</i>	cd/m ² или nt	(1 св) : (1 м ²)
Освещенность	люкс	<i>лк</i>	lk	(1 лм) : (1 м ²)

Примечания:

1. В табл. 1.2.5. указаны лишь важнейшие единицы. Более полные таблицы единиц Международной системы, а также допускаемые к применению единицы других систем и внесистемные единицы устанавливаются Государственными стандартами на единицы по отдельным

видам измерений.

2. Электрические и магнитные единицы Международной системы устанавливаются для рационализованной формы уравнений электромагнитного поля.

3. Образование кратных и дольных единиц Международной системы производится в соответствии с требованиями ГОСТ 7663-55. Они приведены в таблице 1.2.5.

1.2.2. Обозначение величин и единиц в электротехнике

Таблица 1.2.7. Буквенные обозначения основных величин в электротехнике

Наименование величин	Обозначение	
	главные	запасные
Мощность электрической цепи, активная	P	
Мощность электрической цепи, реактивная	Q	P_q
Мощность электрической цепи, полная	S	P_s
Электродвижущая сила	E, e	\mathcal{E}
Напряжение электрическое	U	
Ток электрический, сила тока	I	
Плотность электрического тока	δ	J
Разность напряжения и тока фаз	ϕ	
Сопротивление, удельное электрическое	ρ	
Сопротивление электрической цепи, активное	r	
Сопротивление электрической цепи, реактивное	x	
Сопротивление электрической цепи, полное	z	
Проводимость, удельная электрическая	γ	
Проводимость электрической цепи, активная	g	
Проводимость электрической цепи, реактивная	b	
Проводимость электрической цепи, полная	y	
Ёмкость, электрическая	C	
Напряженность электрического поля	E	
Количество электричества, заряд электрический	Q	
Индуктивность	L	
Индуктивность, взаимная	M	
Частота электрического тока	f	
Частота, угловая	ω	
Проницаемость, диэлектрическая (коэффициент, диэлектрический; постоянная диэлектрическая)	ϵ	
Угол диэлектрических потерь	δ	
Поток, магнитный	Φ	
Индукция, магнитная	B	
Потокоцепление	Ψ	
Напряженность магнитного поля	H	
Сила, намагничивающая; сила магнитодвижущая	F	Θ
Сопротивление, магнитное	r_m	R_m
Проницаемость, абсолютная магнитная	μ_a	
Проницаемость, относительная магнитная	μ	
Число витков обмотки	w	
Энергия, электрическая	W	

Для электродвижущей силы, напряжения и тока мгновенные значения обозначаются строчными буквами e, u, i ; действующие (эффективные) значения — прописными буквами E, U, I ; максимальные амплитудные значения —

1. Общая часть

прописными буквами и индексами m и t : $E_m, U_m, I_m, E_t, U_t, I_t$. Значения электродвижущей силы, напряжения и тока для цепи постоянного тока обозначаются прописными буквами E, U, I .

Таблица 1.2.8. Обозначение электрических единиц

Наименование единиц измерения	Обозначения	
	русские буквы	латинские или греческие буквы
Ампер	А	А
Ампер – час	А·ч	А·h
Ватт	Вт	W
Ватт – час	Вт·ч	W·h
Вольт	В	V
Вольт – ампер	ВА	VA
Вольт – ампер реактивный	ВА _p	VA _r
Генри	Гн	H
Герц	Гц	Hz

Таблица 1.2.9. Единицы энергии

Наименование единицы	Эрг	Килограммометр	Джоуль	Киловатт-час
Эрг	1	$1,0198 \cdot 10^{-8}$	$0,999948 \cdot 10^{-7}$	$0,2777 \cdot 10^{-14}$
Килограммометр	$9,806 \cdot 10^7$	1	9,8045	$2,723 \cdot 10^{-6}$
Джоуль	$1,000151 \cdot 10^7$	0,10199	1	$2,777 \cdot 10^{-7}$
Киловатт-час	$3,6005 \cdot 10^{13}$	$3,672 \cdot 10^5$	$3,6005 \cdot 10^6$	1

* Работа и энергия измеряются также в других единицах:

1 сила – час = $2,648 \cdot 10^6$ дж;

1 электрон – вольт (эВ) = $1,59 \cdot 10^{19}$ дж ;

1 калория (кал) = 4,18 дж.

Таблица 1.2.10. Единицы мощности

Наименование единицы	Килограммометр/секунда	Лошадиная сила	Киловатт	Ватт
Килограммометр/секунда . . .	1	0,0133	0,00981	9,81
Лошадиная сила	75	1	0,7355	735,5
Киловатт	101,98	1,36	1	1000
Ватт	10,1098	0,00136	0,001	1

Таблица 1.2.11. Единицы давления

Наименование единицы	Атмосфера физическая, атм.	Атмосфера техническая, ат	Ртутный столб, м	Водяной столб, м
Атмосфера физическая	1	1,0332	0,76	10,3333
Атмосфера техническая	0,9678	1	0,73555	10
1 метр ртутного столба	1,3158	1,3595	1	3,595
1 метр водяного столба	0,0968	0,1	0,0736	1

Таблица 1.2.12. Единицы длины

В метрических мерах

1 км (километр) = 10^3 м = 10^5 см ;
 1 мм (миллиметр) = 10^{-3} м = 10^{-1} см ;
 1 мк (микрон) = 10^{-6} м = 10^{-4} см ;
 1 А° (ангстрем) = 10^{-10} м = 10^{-8} см .

В старых русских мерах

1 верста = 500 саженьям = 1,0668 км ;
 1 сажень = 3 аршинам = 2,1336 м ;
 1 аршин = 16 вершкам = 28 дюймам = 71,12 см ;
 1 вершок = 4,445 см ;

В английских мерах

1 миля = 1760 ярдам = 1609,34 м ;
 1 ярд = 3 футам = 91,44 см ;
 1 фут = 12 дюймам = 30,48 см ;
 1 дюйм = 25,4 мм .

Таблица 1.2.13. Единицы массы

В метрических мерах

1 ц (центнер) = 10^{-1} т = 10^2 кг = 10^5 г ;
 1 мг (миллиграмм) = 10^{-9} т = 10^{-6} кг = 10^{-3} г .

В старых русских мерах

1 пуд = 40 фунтам = 16,38 кг ;
 1 фунт = 96 золотникам = 409,5 г ;
 1 золотник = 96 долям = 4,266 г ;

Таблица 1.2.14. Важнейшие физические постоянные

Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ к;
 Масса покоящегося электрона $m = 9,107 \cdot 10^{-28}$ г;
 Скорость света в пустоте $c = 300\,000$ км/сек;
 Магнитная проницаемость вакуума

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} = 4\pi \cdot 10^{-9} \text{ Гн/см.}$$

Диэлектрическая проницаемость вакуума

$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

1.2.3. Номинальные напряжения электроустановок

Электрические сети и приемники до 1 кВ изготовляют на следующие номинальные напряжения: для постоянного тока – 6, 12, 24, 36, 48, 60, 110, 220 и 440 В, для переменного однофазного тока частотой 50 Гц – 12, 24, 36, 127, 220 и 380 В, для переменного трехфазного – 36, 220, 380 и 660 В.

Номинальные междуфазные напряжения сетей, источников, преобразователей и приемников выше 1 кВ приведены в табл. 1.2.15.

Таблица 1.2.15. Номинальные междуфазные напряжения сетей, источников, преобразователей и приемников выше 1 кВ

Напряжение, кВ						
сетей и приемников	генераторов и синхронных конденсаторов	трансформаторов и автотрансформаторов без РПН*		трансформаторов и автотрансформаторов с РПН*		наибольшее рабочее
		первичные обмотки	вторичные обмотки	первичные обмотки	вторичные обмотки	
3 6 10	3,15 6,3 10,5	3 и 3,15 6 и 6,3 10 и 10,5	3,15 и 3,3 6,3 и 6,6 10,5 и 11,0	– 6 и 6,3 10 и 10,5	3,15 6,3 и 6,6 10,5 и 11,0	3,6 7,2 12
20 35 110	21 – –	20 35 110	22 38,5 121	20 и 21 35 и 36,75 110 и 115	22 38,5 115 и 121	24 40,5 125
150 220 330	– – –	150 220 330	165 242 347	158 и 165 220 и 230 330	158 и 165 220 и 242 330	172 252 363
500 750 1150	– – –	500 750 1150	525 787 1200	500 750 –	– – –	525 787 1200

* РПН – регулирование напряжения под нагрузкой

1.2.4. Ряды номинальных мощностей, токов и напряжений

Таблица 1.2.16. Ряд номинальных мощностей вращающихся электрических машин, кВт (ГОСТ 12139-84)

—	(1,0); 1,1	11	(100); 110	1000	10 000
0,12	—	—	132	1250	—
—	1,5	15	150	—	—
—	—	(16)	160	1600	—
0,18	—	18,5	185	—	—
—	(2,0)	—	200	2000	—
—	2,2	22	220	—	—
0,25	—	—	250; 280	2500	—
—	3,0	30	300; 315	3150	—
—	—	—	335	3550	—
0,37	3,7	37	375	—	—
—	4,0	—	400; 425	4000	—
—	—	45	450; 475	—	—
(0,50)	—	—	500; 530	5000	—
0,55	5,5	55	560	—	—
—	—	(60)	600	—	—
—	—	63	630; 670	6300	—
0,75	7,5	75	710; 750	—	—
—	(8,0)	—	800; 850	8000	—
—	—	90	900; 950	—	—

Примечания:

1. Стандарт распространяется на электрические машины постоянного и переменного тока мощностью до 10 МВ·А (в таблице приведены данные только по машинам мощностью 0,12 кВт и более).

2. Значение мощностей, указанные в скобках, допускаются только для генераторов.

3. По согласованию между изготовителем и потребителем допускаются также следующие значения мощностей: 1,8; 9; 13; 17; 20; 25; 33; 40; 50; 80; 125; 1120; 1400; 1800; 2250; 2800; 4500; 5600; 7100; 9000 кВт.

4. Сочетание номинальных мощностей напряжений и частот вращения электрических машин переменного тока мощностью 100 кВт и более регламентируются ГОСТ 9630-80Е (электродвигатели), ГОСТ 14965-80 (генераторы).

Таблица 1.2.17. Ряд номинальных токов электрооборудования напряжением до 35 кВ, А (ГОСТ 29323-92)

0,1	1,0	10	100	1000	10 000	100 000
—	—	—	—	—	(11 200)	(112 000)
0,12	1,25	12,5	125	1250	12 500	125 000
—	—	—	—	—	(14 000)	(140 000)

Примечания:

Значения токов, указанных в скобках, в новых разработках не применяют

Таблица 1.2.18. Ряд номинальных мощностей силовых трансформаторов напряжением до 35 кВ, МВ·А (ГОСТ 11677–85)

0,010 (0,0125)	(0,0315)	(0,125)	0,400 (0,500)	1,60 (2,00)	(5,00) 6,30
0,016 (0,020)	(0,050)	(0,200)	0,630 (0,800)	2,50 3,20	(8,00) 10,0
0,025 –	(0,80) 0,100	0,250 (0,315)	0,320 (1,25)	1,00 4,00	(3,15) 16,0

Примечания: Значения мощностей, указанных в скобках, применяют только для спецтрансформаторов.

Ряд номинальных токов отключения выключателей, кА (ГОСТ 687–78Е)

2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20

Примечания: 1. $I_{откл}=20\text{кА}$ имеет выключатель ВМУ–35. 2. Как исключение $I_{откл}=50\text{кА}$ имеет выключатель С–35 Уральского завода (снят с производства, но находится еще в эксплуатации).

Таблица 1.2.19. Номинальные токи и отключаемые токи предохранителей на напряжение 3 кВ и выше (ГОСТ 2213–79*Е)

Величина	Значение для предохранителя	
	токоограничивающего	нетокоограничивающего
Ток заменяемого элемента, А	2; 2,5; 3,2; 5; 6,3; 8; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000	2; 2,5; 3,2; 5; 6,3; 8; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200
Отключаемый ток, кА	2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20

Таблица 1.2.20. Номинальные напряжения электрических сетей и присоединяемых к ним источников и приемников энергии до 1 кВ (ГОСТ 21128–83, 23366–88)

Постоянный ток, В		Переменный ток, В			
Источники и преобразователи	Сети и приемники	Источники и преобразователи		Сети и приемники	
		Однофазный ток	Трехфазный ток ¹	Однофазный ток	Трехфазный ток ¹
6; 12; 28,5; 48; 62; 115; 230; 460;	6; 12; 27; 48; 60; 110; 220; 440;	6; 12; 28,5; 42; 62; 115; 230	42; 62; 230; 400; 690	6; 12; 27; 40; 60; 110; 220	40; 60; 220; 380; 660

1.3. Основные электротехнические сведения

1.3.1. Краткие сведения из теории электрических цепей.

Постоянный ток

Закон Ома для полной цепи (рис. 1.3.1.):

$$I = \frac{E}{R_e + R_{вн}} \quad (1.3.1.)$$

где I – ток в цепи, А; E – электродвижущая сила (э.д.с.) источника, В; R_e – внутреннее сопротивление источника, Ом; $R_{вн}$ – внешнее сопротивление всей цепи, Ом.

Закон Ома для участка цепи:

$$I = U / R \quad (1.3.2.)$$

где U – напряжение на зажимах участка цепи, В; R – сопротивление этого участка, Ом.

Закон Ома для участка цепи с э.д.с.:

$$I = \frac{(U \pm E)}{R} \quad (1.3.3.)$$

где E – э.д.с. источника, включенного в участок цепи (знак «+» применяется при согласном, знак «–» при встречном направлении напряжения и э.д.с.); R – сопротивление участка цепи, включающее внутреннее сопротивление источника E .

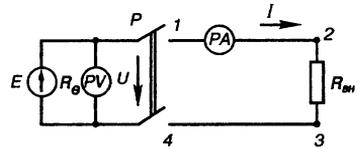


Рис.1.3.1. Простейшая электрическая цепь постоянного тока (P – рубильник)

Сопротивление и проводимость.

Способность веществ проводить электрический ток характеризуется удельным сопротивлением или удельной проводимостью. За удельное сопротивление в системе СИ принимают сопротивление вещества в форме куба с ребром длиной 1 м.

Сопротивление проводника

$$R = \rho l / s \quad (1.3.4.)$$

где ρ — удельное сопротивление, Ом·м; l – длина, м; s – поперечное сечение проводника м².

Проводимость является величиной, обратной сопротивлению, $G = 1 / R$ и измеряется в сименсах (См).

Удельная проводимость, См/м,

$$\nu = 1 / \rho \quad (1.3.5.)$$

Удельное сопротивление зависит от температуры

$$\rho_v = \rho_0 (1 + \alpha v) \quad (1.3.6.)$$

где ρ_v — удельное сопротивление проводника при конечной температуре, Ом·м; ρ_0 — то же, при начальной температуре; v — интервал изменения температуры, °С; α — температурный коэффициент сопротивления, °С⁻¹.

Коэффициент α показывает, как возрастает удельное сопротивление при

изменении температуры на 1°C (может быть и положительным и отрицательным).

Электрические цепи могут быть с последовательным (рис.1.3.2) и параллельным соединением элементов цепи (рис.1.3.3.)

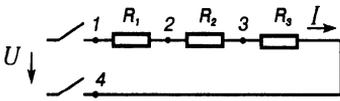


Рис. 1.3.2. Последовательное соединение резисторов (неразветвленная цепь)

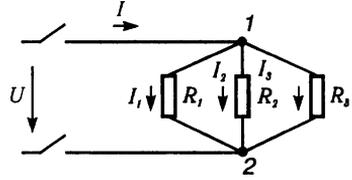


Рис.1.3.3. Параллельное соединение резисторов (разветвленная цепь)

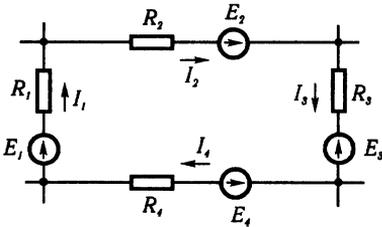


Рис.1.3.4. Замкнутый контур

Ветвью электрической цепи называется участок, который состоит из последовательно соединенных элементов. Узлом цепи называется место соединения трех или более ветвей. Контуром цепи называется любой замкнутый путь, состоящий из нескольких ветвей (рис. 1.3.4.)

Первый закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи всегда равна нулю $\sum I=0$. Если направление входящих токов считать положительным, а выходящих — отрицательным, то сумма входящих в узел токов равна сумме выходящих $\sum I_{\text{вх}} = \sum I_{\text{вых}}$.

Токи в разветвлениях обратно пропорциональны сопротивлениям ветвей, например, для схемы на рис. 1.3.3. — $I_1/I_2 = R_2/R_1$.

Второй закон Кирхгофа. В любом замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма э.д.с. равна алгебраической сумме падений напряжений $\sum E = \sum \Delta U$.

Падением напряжения на участке электрической цепи называется разность потенциалов между началом и концом этого участка $\Delta U = IR$. Для определения знака слагаемых выбирают направление обхода контура, обычно совпадающее с направлением тока, и если направление э.д.с. совпадает при этом с направлением обхода, то ставят знак плюс, а если не совпадает, то знак — минус. Так же поступают и с падениями напряжения.

Напряжение, приложенное к последовательной цепи, состоящей из нескольких элементов, равна сумме падений напряжений на этих элементах (см. рис. 1.3.2.)

$$U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (1.3.7.)$$

Сопротивление цепи. При последовательном соединении сопротивление цепи равно сумме сопротивлений участков цепи. Если элементов три, как показано на рис. 1.3.2, то общее сопротивление

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.3.8.)$$

При параллельном соединении общая проводимость всей цепи равна сумме проводимостей каждой из ветвей по отдельности (см. рис. 1.3.3.)

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (1.3.9.)$$

или

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (1.3.10.)$$

Мощность электрического тока

$$P = UI = I^2R = U^2G \quad (1.3.11.)$$

где P — мощность, Вт; U — напряжение, В; I — ток, А; R — сопротивление, Ом; G — проводимость, См.

Мощность всей цепи равна сумме мощностей каждого элемента, независимо от того, соединены эти элементы параллельно или последовательно.

Например для схем на рис. 1.3.2 – 1.3.3

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1.3.12.)$$

где P_1, P_2, P_3 — мощность каждого элемента цепи.

Тепловое действие тока характеризуется соотношением

$$Q = I^2 Rt \quad (1.3.13.)$$

где Q — количество теплоты, Дж; I — ток, А; R — сопротивление, Ом; t — время, с.

Магнитные свойства электрического тока. Вокруг проводника с током образуется магнитное поле, которое характеризуется замкнутыми силовыми линиями (рис.1.3.5 ... 1.3.7). Совокупность магнитных силовых линий называется магнитным потоком Φ , Вб:

$$\Phi = IL \quad (1.3.14.)$$

где I — ток, А; L — индуктивность, Гн.



Рис.1.3.5.
Магнитное поле тока в проводнике

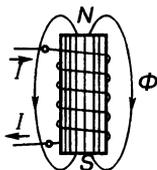


Рис.1.3.6.
Магнитное поле катушки

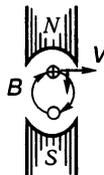


Рис.1.3.7.
Возникновение э.д.с. при перемещении проводника в магнитном поле

Индуктивность — способность проводника с током наводить магнитное поле. Магнитный поток, действующий на площади s , называется магнитной индукцией.

Закон электромагнитной индукции. При перемещении проводника в магнитном поле в нем возникает электродвижущая сила, \mathcal{E} :

$$\mathcal{E} = Bvl \sin(\bar{B} \wedge \bar{v}) \quad (1.3.15.)$$

где B — магнитная индукция, Тл; v — скорость перемещения проводника, м/с; l — длина активной, т.е. находящейся в зоне магнитного поля, части проводника, м; $(\bar{B} \wedge \bar{v})$ — угол между направлениями магнитной индукции и скорости.

В неподвижных относительно друг друга системах поле-проводник э.д.с. возникает при условии, что магнитное поле является переменным. В этом случае

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1.3.16)$$

где $d\Phi$ — приращение магнитного потока за интервал времени dt .

Знак минус означает, что э.д.с. будет препятствовать причине ее вызывающей. Если проводник, в котором наводится э.д.с., будет замкнут, в нем возникает ток, магнитный поток которого направлен навстречу исходному потоку.

Механическое действие тока при взаимодействии магнитного поля и проводника с током:

$$F = BIl \sin(\bar{B} \wedge \bar{I}) \quad (1.3.17.)$$

где F — сила, действующая на проводник с током, Н; I — ток в проводнике, А; l — длина активной части проводника, м; $(\bar{B} \wedge \bar{I})$ — угол между направлениями магнитной индукции и тока (рис. 1.3.8.).

Емкостные свойства тока. Емкостью называется способность проводника удерживать заряд. Емкостью обладает любое электрическое устройство, поскольку электрическое поле возникает между двумя различно заряженными точками:

$$C = Q / U \quad (1.3.18.)$$

где C — емкость, Ф; Q — электрический заряд, Кл; U — напряжение, В.

Переменный ток

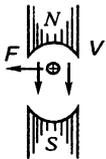


Рис. 1.3.8. Действие силы на проводник в магнитном поле

Переменным током называют ток, который периодически по определенному закону изменяет свое направление и величину с определенной частотой. Чаще всего в качестве переменного тока применяется синусоидальный ток, являющийся функцией времени (рис.1.3.9.)

Время полного цикла изменений тока и других периодических величин называется периодом T . Обратная величина периода называется частотой.

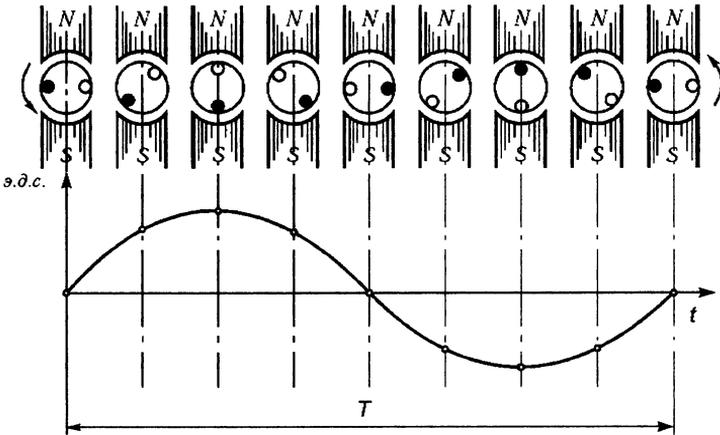


Рис.1.3.9. Изменение э.д.с. в течение одного периода

Геометрическое, аналитическое и векторное представление синусоидального тока. Геометрически ток представлен на рис.1.3.10., аналитическое его выражение:

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i) \quad (1.3.19.)$$

где i — мгновенный ток, А; I_m — амплитуда, А; $\omega = 2\pi f$ — угловая частота, рад/с; f — частота тока, Гц; Ψ_i — начальная фаза, рад.

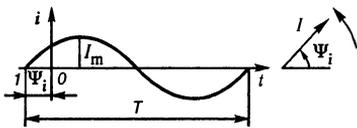


Рис. 1.3.10. Изображение переменного тока в виде графика и вектора

Мгновенный ток определяет фактическое значение тока в любой момент времени t . Начальная фаза — это время между моментом прохождения тока через ноль (точка 1 на рис.1.3.10.) и началом отсчета времени или началом координат (точка 0 на рис.1.3.10.). Она может быть положительной (если точка 1 находится левее точки 0, как это показано на рис. 1.3.10. или отрицательной (если точка 0 оказалась левее точки 1).

Синусоидальную электрическую величину (например, ток постоянной частоты) можно условно представить вектором, т.е. лучем или отрезком прямой определенной длины и направления. За модуль вектора (то есть длину отрезка) принимают амплитудное значение тока (иногда его действующее значение), а направление его определяется начальной фазой Ψ_i в виде угла, откладываемого от оси отсчета. В качестве оси отсчета выбирается, например, горизонтальная ось на рис. 1.3.10. Затем выбирается произвольная точка 0 на этой оси. Под углом Ψ_i (для рис. 1.3.10. он положителен) из этой точки строится луч, на котором откладывается наибольшее значение синусоиды — ее амплитуда. Полученный вектор при известной частоте полностью определяет ток, аналогично графику на рис. 1.3.10. или аналитическому выражению.

Векторы обозначаются: \vec{I} или \vec{I} , \vec{U} или \vec{U} , \vec{E} или \vec{E} .

Векторы тока, напряжения и э.д.с. не являются векторами в строгом физическом смысле, а приняты в качестве таковых условно, для облегчения

операций с синусоидальными величинами. Для сложения и вычитания синусоид i_1 и i_2 (рис. 1.3.11. и рис. 1.3.12.) графики функций разбивают на участки вертикальными линиями и поочередно складывают ординаты i_1 и i_2 . Точность построения зависит от числа участков. При векторном сложении строят векторы \vec{I}_1 и \vec{I}_2 . Для их сложения к концу первого вектора прикладывают второй, сохраняя его направление и величину. Суммарный вектор находят (рис. 1.3.11.) соединением начала первого вектора с концом последнего. При вычитании к исходному вектору прикладывают вектор обратного направления (рис. 1.3.12.)

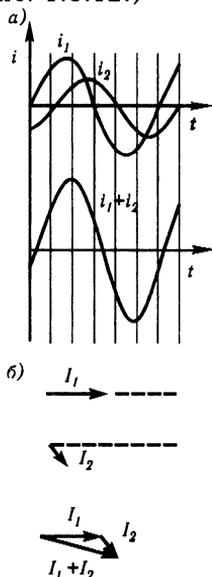


Рис. 1.3.11. Сложение синусоид (а) и векторов (б) токов

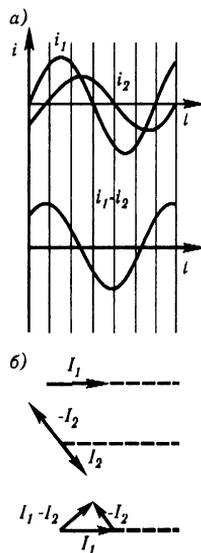


Рис. 1.3.12. Вычитание синусоид (а) и векторов (б) токов

Действующим значением переменного тока называется такой постоянный ток, который за одинаковое время, кратное периоду совершает такую же работу, что и переменный, и определяется, как среднеквадратическая величина. Например, для синусоидальных токов

$$I = I_m / \sqrt{2} \quad (1.3.21.)$$

Обычные амперметры и вольтметры показывают действующие токи и напряжения.

Сопротивление и проводимость. Одна и та же цепь оказывает сопротивление постоянному и переменному току по-разному. Сопротивление цепи при переменном токе зависит не только от материала и размеров проводника, но и от индуктивности, емкости цепи и частоты тока. Сопротивление R , зависящее от материала и размеров проводника, в цепях переменного тока называют активным. Реактивное сопротивление зависит от индуктивности, емкости и частоты тока. Реактивное сопротивление может быть индуктивным X_L или емкостным X_C . Реактивные сопротивления зависят от частоты

тока и определяются выражениями:

$$X_L = \omega L; \quad X_C = 1/\omega C \quad (1.3.22.)$$

Полное сопротивление Z включает в себя активное и реактивное сопротивление. Соотношение между ними выражается формулами:

$$X = X_L - X_C; \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1.3.23.)$$

Полная проводимость цепи при переменном токе обратна полному сопротивлению

$$Y = 1/Z \quad (1.3.24.)$$

Активная и реактивная проводимость выражается формулами:

$$G = R/Z^2; \\ B = X/Z^2; \quad B_L = X_L/Z^2; \quad B_C = X_C/Z^2 \quad (1.3.25.)$$

Закон Ома при переменном токе для полной цепи и ее участка выражается формулами:

$$I = E/Z^* = E/\sqrt{(R + R_e)^2 + (X + X_e)^2} \quad (1.3.26.)$$

$$I = U/Z = U/\sqrt{R^2 + X^2}$$

где I — ток в цепи, А; E — э.д.с. источника, В; U — напряжение на участке цепи, В; Z^* — полное сопротивление всей цепи, Ом; Z — полное сопротивление участка цепи, Ом; R, X — активное и реактивное сопротивление цепи (или ее участка), Ом; R_e, X_e — активное и реактивное сопротивление источника, Ом.

Сдвиг фазы. $\cos \varphi$. В цепи с чисто активным сопротивлением направление тока и напряжения совпадают по фазе (рис. 1.3.13.). В цепи с чисто индуктивным сопротивлением (рис. 1.3.14.) напряжение опережает ток на четверть периода, т.е. на $\pi/2$, а в цепи с чисто емкостным сопротивлением (рис. 1.3.15.) отстает от тока на четверть периода. Угол сдвига фазы напряжения и тока φ находят из выражения

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i \quad (1.3.27.)$$

Совокупность векторов, показанная на рис. 1.3.13. – 1.3.15., называется векторной диаграммой.

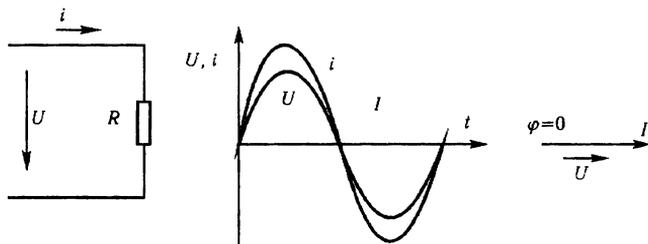


Рис.1.3.13. График напряжения и тока при чисто активном сопротивлении.

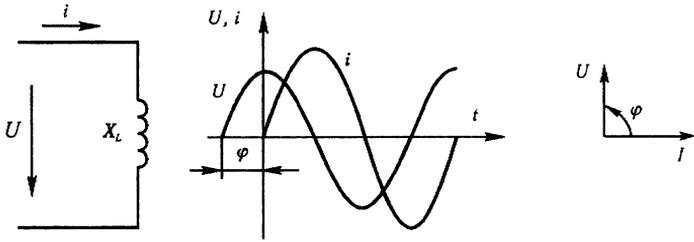


Рис.1.3.14. Сдвиг фаз напряжения и тока при чисто индуктивном сопротивлении.

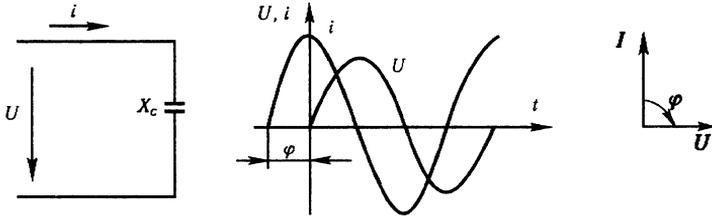


Рис.1.3.15. Сдвиг фаз напряжения и тока при чисто емкостном сопротивлении.

Законы Кирхгофа при переменном токе выражаются формулами:
 первый

$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n \quad (1.3.28, \text{ а})$$

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \dots + \bar{I}_n \quad (1.3.28, \text{ б})$$

второй

$$e_1 + e_2 + \dots + e_n = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \dots + \Delta u_n; \quad (1.3.29, \text{ а})$$

$$\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \dots + \bar{E}_n = \Delta \bar{U}_1 + \Delta \bar{U}_2 + \dots + \Delta \bar{U}_n \quad (1.3.29, \text{ б})$$

При использовании законов Кирхгофа в цепях переменного тока следует применять такие значения токов, напряжений и э.д.с., которые учитывают сдвиг фазы (мгновенные, векторные, комплексные). Нельзя при этом использовать действующие или амплитудные значения.

Мощность переменного тока:

полная, В·А,

$$S = UI; \quad (1.3.30, \text{ а})$$

активная, Вт,

$$P = UI \cos \varphi; \quad (1.3.30, \text{ б})$$

и реактивная, ВАр,

$$Q = UI \sin \varphi; \quad (1.3.30, \text{ в})$$

Соотношение активных и реактивных составляющих параметров электрических цепей при переменном токе определяется с помощью прямоугольного треугольника (рис. 1.3.16.), где гипотенуза представляет собой полную величину параметра (напряжения, тока и т.д.), прилежащий к углу φ катет — активную составляющую, противолежащий катет — реактивную составляющую.

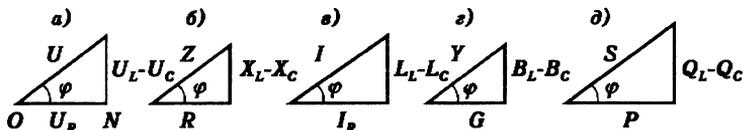


Рис.1.3.16. Треугольник напряжений (а), сопротивлений (б), токов (в), проводимостей (г) и мощностей (д).

Из треугольника напряжений (Рис 1.3.16., а)

$$U^2 = U_R^2 + U_X^2 ; \cos \varphi = U_R / U \quad (1.3.31.)$$

Из треугольника сопротивлений (Рис 1.3.16., б)

$$Z^2 = R^2 + X^2 ; \cos \varphi = R / Z \quad (1.3.32.)$$

Из треугольника токов (Рис 1.3.16., в)

$$; \cos \varphi = I_R / I \quad (1.3.33.)$$

Из треугольника проводимостей (Рис.1.3.16., г)

$$Y^2 = G^2 + B^2 ; \cos \varphi = G / Y \quad (1.3.34.)$$

Из треугольника мощностей (Рис 1.3.16., д)

$$S^2 = P^2 + Q^2 ; \cos \varphi = P / S \quad (1.3.35.)$$

Для определенной электрической цепи все треугольники (рис. 1.3.16, а—д) подобны, так как имеют один и тот же угол φ .

Коэффициент мощности. Активная мощность характеризует ту часть электроэнергии, которая может быть преобразована в тепловую, механическую и т.д. Коэффициент, который показывает долю активной составляющей мощности, по отношению к полной, называется коэффициентом мощности λ . Для синусоидальных токов $\lambda = P / S = \cos \varphi$.

В большинстве случаев стараются повышать $\cos \varphi$, чтобы повысить долю активной мощности по отношению к полной. Повышение $\cos \varphi$ чаще всего производят, используя явление резонанса токов (реже резонанса напряже-

ний). Основным условием резонанса токов является равенство индуктивной и емкостной проводимостей в параллельных ветвях разветвленной цепи, а резонанс напряжений — равенство индуктивного и активного сопротивлений в последовательной цепи. Если нагрузка до повышения $\cos \varphi$ носила активно-индуктивный характер (т.е. в цепи были включены двигатели, трансформаторы, люминесцентные светильники), то для достижения резонанса, включается дополнительная емкость, при этом к реактивной индуктивной мощности прибавляется реактивная емкостная мощность, являющаяся отрицательной по отношению к индуктивной и суммарная реактивная мощность уменьшается:

$$Q = Q_L - Q_C \quad (1.3.36.)$$

Вместе с нею уменьшается полная мощность S и угол φ , а $\cos \varphi$ — повышается. В этом случае говорят о повышении $\cos \varphi$, или о компенсации реактивной мощности.

Трехфазная система. Многофазная система — совокупность электрических цепей, в которых действуют создаваемые общим источником энергии синусоидальные э.д.с. одной и той же частоты, сдвинутые друг относительно друга по фазе. В подавляющем большинстве случаев применяется трехфазная система, остальные многофазные системы используются редко. Фазой многофазной системы называется ее однофазная часть. Например, в трехфазной системе имеются три фазы: A , B и C . Нельзя путать фазу, как часть трехфазной системы, с фазой э.д.с. напряжения или тока, т.е. сдвигом синусоиды во времени.

Трехфазная система имеет очень широкое применение вследствие своих преимуществ: экономичности и возможности создания кругового вращающегося магнитного поля. В настоящее время подавляющее большинство потребителей электроэнергии являются трехфазными.

Наибольшее применение имеет симметричная трехфазная система, при которой э.д.с. отдельных фаз равны по амплитуде и отстают друг от друга на третью часть периода (рис. 1.3.17.), т.е. на $2\pi/3$.

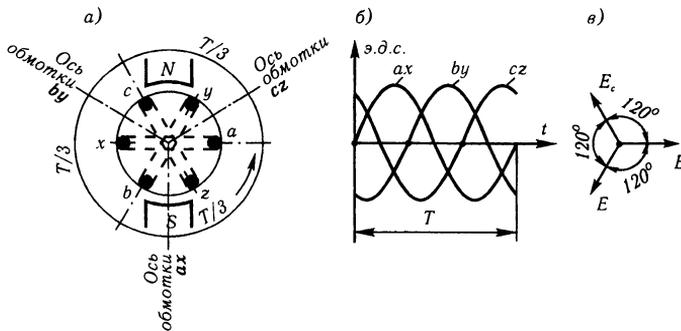


Рис.1.3.17. Получение трехфазной э. д. с.
 а — расположение обмоток; б и в — график и векторная диаграмма трехфазной системы э. д. с.

Звезда. При соединении звездой концы фаз генератора, двигателя или другого трехфазного электрического устройства объединяются в общую нейтральную точку, а начала фаз присоединяются к линиям трехфазной системы (1.3.18.). Начало фаз источника обозначают прописными буквами A, B, C , приемника — строчными a, b, c . Нейтральные точки источника и потребителя соответственно обозначают буквами N и n .

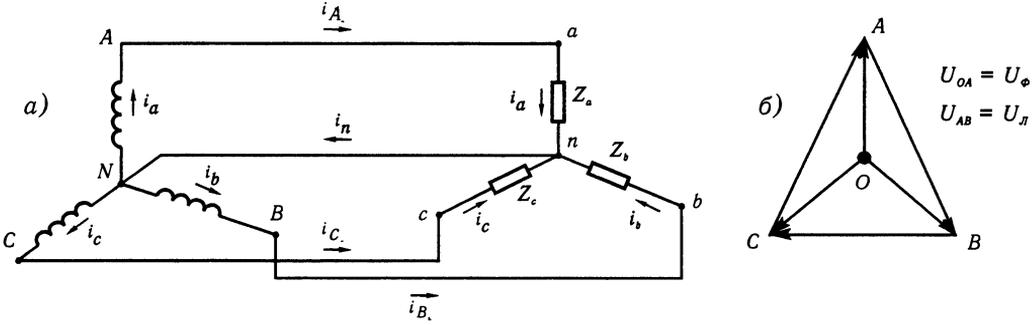


Рис. 1.3.18. Четырехпроводная схема соединения звездой (а) и ее векторная диаграмма напряжений (б)

Провода линии, подсоединяемые к началам фаз A, B, C и a, b, c называются линейными, токи в них — линейными токами, напряжения между ними — линейными напряжениями. Токи в фазах источника и приемника называются фазными токами, напряжения между началом и концом какой-либо фазы — фазными напряжениями. Провод, соединяющий нейтральные точки, называется нейтральным (или нулевым). При наличии нейтрального провода схема называется четырехпроводной, если нейтрального провода нет — трехпроводной (рис. 1.3.19). Обычно фазная цепь соединена с линейным проводом последовательно и линейный ток равен фазному.

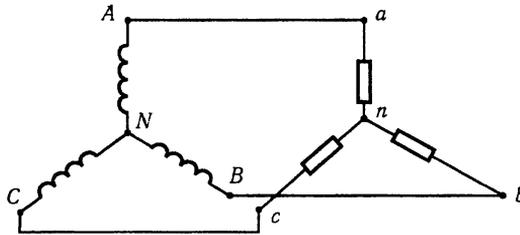


Рис.1.3.19. Трехпроводная схема соединения звездой.

В четырехпроводной звезде выдерживается соотношение

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi \quad (1.3.37.)$$

где U_L и U_ϕ — линейное и фазное напряжения.

Ток в нейтральном проводе равен сумме фазных токов: для мгновенных значений

$$i_n = i_a + i_b + i_c \quad (1.3.38.)$$

в векторной форме

$$I_n = I_a + I_b + I_c \quad (1.3.39.)$$

Если фазные токи равны и сдвинуты по фазе на $2\pi/3$ относительно друг друга (рис. 1.3.20, а), то их сумма постоянно равна нулю, т.е. надобность в нейтральном проводе отпадает. Такая нагрузка называется симметричной. Она достигается при одновременном выполнении условий:

$$R_a = R_b = R_c \quad (1.3.40,а)$$

$$X_a = X_b = X_c \quad (1.3.40,б)$$

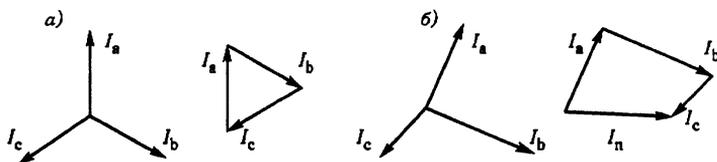


Рис.1.3.20. Токи в звезде при симметричной (а) и несимметричной (б) нагрузке.

При симметричной нагрузке соотношение $U_{л} = \sqrt{3} U_{\phi}$ обеспечивается независимо от наличия нейтрального провода.

При несимметричной нагрузке сумма фазных токов обычно не равна нулю (рис. 1.3.20, б), и нейтральный провод становится необходимым. В противном случае нарушается симметрия фазных напряжений.

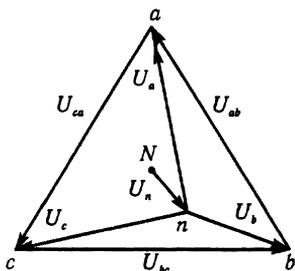


Рис.1.3.21. Смещение нейтрали при несимметричной нагрузке при отсутствии нейтрального провода.

Смещение нейтрали. Напряжение между нейтральными точками источника и приемника называется смещением нейтрали (U_{Nn} на рис. 1.3.21.). При симметричной нагрузке $U_{Nn} = 0$.

Трехфазные электроприемники могут иметь сосредоточенную или распределенную нагрузку. Сосредоточенной нагрузкой является электродвигатель, батарея конденсаторов, трехфазный люминесцентный светильник. Распределенной нагрузкой является осветительная сеть дома, где от вводного распределительного устройства

по лестничным клеткам расходятся магистрали — стояки, а от них — однофазные ответвления в квартиры.

При симметричной системе токов и в сосредоточенной, и в распределенной нагрузке может быть применена трехпроводная схема. При несим-

метричной нагрузке, или при нагрузке, которая может оказаться несимметричной (например, освещение дома), обязательна четырехпроводная схема. При невозможности получить симметричную нагрузку, желательно стремиться к возможно большей ее равномерности, так как в противном случае увеличивается ток в нейтральном проводе, а в питающем трансформаторе нарушается магнитное равновесие и он сильнее нагревается.

Треугольник. При соединении трехфазной системы треугольником конец первой фазы соединяют с началом второй, конец второй фазы с началом третьей, конец третьей с началом первой. Полученные три точки (для источника они обозначаются A, B, C , для приемника — a, b, c) присоединяются к линейным проводам (Рис.1.3.22.).

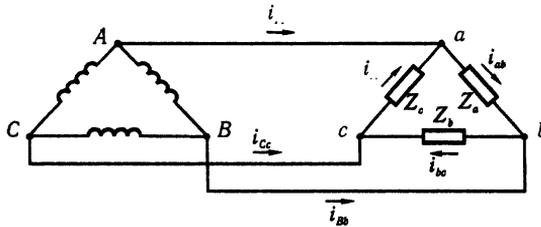


Рис.1.3.22. Схема соединения треугольником.

Линейное напряжение равно фазному $U_{л} = U_{\phi}$, а токи при симметричной нагрузке связаны соотношением:

$$I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi} \quad (1.3.41.)$$

Мощность трехфазной системы. Активная и реактивная мощности трехфазной системы равна сумме соответствующих мощностей в фазах:

$$P_{3\phi} = P_a + P_b + P_c ; \quad Q_{3\phi} = Q_a + Q_b + Q_c \quad (1.3.42.)$$

Полная мощность вычисляется по формуле:

$$S_{3\phi} = \sqrt{P_{3\phi}^2 + Q_{3\phi}^2} \quad (1.3.43.)$$

При симметричной нагрузке:

$$P_{3\phi} = 3P_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi_{\phi} = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \cos\varphi_{\phi} \quad (1.3.44,а.)$$

$$Q_{3\phi} = 3Q_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi}\sin\varphi_{\phi} = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \sin\varphi_{\phi} \quad (1.3.44,б.)$$

$$S_{3\phi} = 3S_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi} = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \quad (1.3.44,в.)$$

Все эти выражения справедливы и для звезды, и для треугольника.

1.3.2. Некоторые постоянные величины и отдельные расчетные формулы

Математические величины:

$$\pi = 3,1416; \quad 1/\pi = 0,3183; \quad \lg \pi = 0,49725; \quad g = 9,8067 \text{ м/сек}^2$$

$$\sqrt{2g} = 4,4284 \text{ м/сек}^2; \quad e = 2,7183;$$

$$f_{\text{рад}} = \frac{\pi}{180^\circ} f^\circ = 0,01745 f^\circ; \quad f^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} f_{\text{рад}} = 57,296 f_{\text{рад}}$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,5\sqrt{2} = 0,7071; \quad \sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,5;$$

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = 0,5\sqrt{3} = 0,8660;$$

$$\text{tg } 30^\circ = \text{ctg } 60^\circ = 1/\sqrt{3} = 0,5774; \quad \text{tg } 60^\circ = \text{ctg } 30^\circ = \sqrt{3} = 1,7321;$$

$$\sqrt{2} = 1,4142; \quad \sqrt{3} = 1,7321; \quad [\text{Л30 . с.11}]$$

Отдельные расчетные формулы:

1. Зависимость омического (активного) сопротивления проводника постоянному току от температуры:

$$r = l/q \cdot \rho_l [1 + \alpha(t-t_l)] \quad (1.3.45.)$$

где r — сопротивление проводника при температуре t , Ом; l — длина проводника, м; q — сечение проводника, м²; ρ_l — удельное сопротивление проводника при температуре t_l , Ом·м (обычно используются табличные удельные сопротивления при $t_l = 20^\circ \text{C}$, но формула 1.3.45 удобна тем, что можно оценить сопротивление нагретого (или охлажденного) проводника по замеру его сопротивления при некоторой температуре t_l); α — температурный коэффициент сопротивления на 1°C , $^\circ \text{C}^{-1}$.

Реактивное сопротивление индуктивности, Ом:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad (1.3.46.)$$

Реактивное сопротивление емкости, Ом;

$$X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC) \quad (1.3.47.)$$

Полное сопротивление, Ом;

$$Z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2} \quad (1.3.48.)$$

где r — активное сопротивление проводника, Ом; $\omega = 2\pi f$ — угловая частота, рад/с; f — частота переменного тока, Гц; C — электрическая емкость, Ф; L — индуктивность, Гн.

2. Соединение сопротивлений:

Последовательное:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n \quad (1.3.49)$$

Параллельное:

$$1/Z = 1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_3 + \dots + 1/Z_n \quad (1.3.50.)$$

где $Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n$ — сопротивления элементов сети, Ом.

3. Мощность переменного тока:

а) для однофазного тока:

Активная мощность:

$$P = IU \cos \varphi = I^2 r; \text{ Вт} \quad (1.3.51, \text{ а.})$$

Реактивная мощность:

$$Q = IU \sin \varphi = I^2 x; \text{ ВАр} \quad (1.3.51, \text{ б.})$$

где φ — угол сдвига фаз между током и напряжением;

Общая мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = IU; \text{ ВА} \quad (1.3.51, \text{ в.})$$

б) для трехфазного тока:

Активная мощность:

$$P = \sqrt{3} IU \cos \varphi = 3I^2 r; \text{ Вт} \quad (1.3.52, \text{ а.})$$

Реактивная мощность:

$$Q = \sqrt{3} IU \sin \varphi = 3I^2 x; \text{ ВАр} \quad (1.3.52, \text{ б.})$$

Общая мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} IU; \text{ ВА} \quad (1.3.52, \text{ в.})$$

4. Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z} = \frac{q}{y} + \frac{U_A}{U} = \frac{I_A}{I} = \frac{P}{S} = \frac{1}{1 + Q^2 P^2}; \% \quad (1.3.53.)$$

где, P — активная мощность, Вт; Q — реактивная мощность, ВАр; S — общая мощность, ВА; r — активное сопротивление, Ом; Z — полное сопротивление, Ом; q — активная проводимость, Ом; y — полная проводимость, Ом;

5. Электродинамический эффект тока для двух параллельных проводников:

$$F = 2 i_1 i_2 l / a 10^{-7} \quad (1.3.54.)$$

где, F — сила, действующая на длину проводника, Н; $i_1; i_2$ — амплитудные токи в параллельных проводниках, А; a — расстояние между проводниками, см; l — длина проводника, см;

6. Емкостной ток при однополюсном замыкании на землю:

$$I_3 = 173 U \omega C_0 l_{\Sigma} 10^{-6}; \text{ А} \quad (1.3.55.)$$

где, C_0 — частичная (рабочая) емкость, см. формулу 1.3.59.; l_{Σ} — общая протяженность электрически связанных линий, км; ω — угловая частота.

7. Индуктивность трехфазной линии:

$$L = (4,6 \lg D_{\text{CP}} / d + \mu 0,5 / 10^{-4}) \quad (1.3.56.)$$

где, L — индуктивность линии, $\Gamma\text{н}/\text{м}$; D_{CP} — среднее геометрическое расстояние между проводами линии, м ; d — диаметр провода, м ;

$\mu = 1$	— для алюминиевых и медных проводов;
$\mu = 500-3000$	— для стальных проводов;
$\mu = 10-100$	— для сталеалюминиевых проводов;

[см. Л 14. с. 522-523]

8. Среднее геометрическое расстояние между проводами линии (m) определяется по формуле:

$$D_{\text{CP}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \times D_{2-3} \times D_{1-3}}; \quad (1.3.57.)$$

где, D_{1-2} ; D_{2-3} ; D_{1-3} — расстояние между проводами линии, м ;

9. Закон электромагнитной индукции:

$$E = 4,44 f \omega B S 10^{-8} \quad (1.3.58.)$$

где, E — наведенная ЭДС, В ; ω — число витков обмотки; B — индукция магнитного поля, Гс ; S — сечение стали сердечника, м^2 ; f — частота, Гц ;

10. Среднее значение сопротивления ЛЭП:

ВЛ 6-10 кВ	—	0,35 Ом/км;
КЛ 6-10 кВ	—	0,08 Ом/км;

11. Примерное значение тока однофазного замыкания на землю на ВЛ в Подмосковье:

6 кВ	—	1,5 А на 100 км.
10 кВ	—	2,5 А на 100 км.
В сетях 6-10 кВ МКС	—	100 А.

12. Емкость трехфазной линии:

$$C_o = \frac{24r10^{-9}}{\lg D_{\text{CP}}} \quad (1.3.59.)$$

где, C_o — емкость (рабочая), $\phi/\text{км}$; r — радиус провода (жилы), см ; C_1, C_2, \dots, C_n — отдельные емкости цепи, ($1\phi = 9 \cdot 10^{11} \text{ см}$)

Общая емкость цепи при соединении отдельных емкостей:
последовательно:

$$C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (1.3.60, \text{ а})$$

параллельно:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (1.3.60, \text{ б.})$$

1.4. Понятия и термины электротехнических величин, процессов, закономерностей, явлений.

Продолжим знакомить читателя с аналогичными сведениями, изложенными в разделе 1.3. Для этой цели приведем перечень озаглавленных в данном параграфе процессов, понятий и терминов (ГОСТ 19880–74).

Автоматическое регулирование — целенаправленное воздействие на объект регулирования с целью поддержания на заданном уровне его выходных параметров без участия человека. С помощью управления можно задавать скорость изменения температуры при термической обработке металлов и их сплавов, уровень освещенности в зависимости от времени года и суток и многое другое. Простая схема, например, система управления освещением улиц, в которой светильники находятся в двух состояниях — включенном и отключенном.

В качестве источников энергии, необходимой для функционирования системы автоматического управления, используются электрические, электронные, пневматические, гидравлические устройства.

Ампер (А) — единица измерения силы электрического тока; определяется через силовое взаимодействие проводника с током. Ампер есть сила неизменяющегося тока, который, будучи поддерживаем в двух параллельных прямолинейных проводниках бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме, вызывал бы между этими проводами силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Эта единица получила название в честь известного французского физика Андре Мари Ампера (1775–1836) и является одной из семи основных единиц Международной системы единиц СИ (см. глава 1.2.).

Бирка с паспортными данными — табличка из металла или из пластмассы, закрепляемая на корпусе прибора, аппарата или электрической машины, и содержащая основные технические данные о них (ГОСТ 12967–67).

К техническим данным относятся номинальное напряжение, род и значение тока, номинальная мощность, число фаз переменного тока, частота вращения (для электродвигателей), масса и т.д. Кроме того в табличке указываются: завод-изготовитель, заводской номер, дата выпуска, тип прибора, аппарата или электрической машины.

Биметаллический расцепитель — расцепитель инерционного типа, предназначенный для защитного отключения электрической цепи при перегрузке.

Такой расцепитель используется в автоматах защиты и включается в защищаемую электрическую цепь последовательно. Он выполнен в виде биметаллической пластины, на которую намотана нагревательная спираль, включенная в контролируемую сеть. При увеличении тока нагрузки сверх номинального значения спираль нагревает биметаллическую пластину, которая изгибается. При этом пластина воздействует на фиксатор, освобождающий механизм автомата защиты, который отключается. Чем больше перегрузка защищаемой цепи, тем меньше времени требуется на нагрев биметаллической пластины. При кратковременных перегрузках, вызванных, например, запуском электродвигателей, расцепитель не успевает сработать вследствие

своей инерционности. На практике биметаллические расцепители часто используются в комбинации с мгновенными электромагнитными расцепителями максимального тока, защищающими оборудование от коротких замыканий.

Ватт — единица измерения электрической мощности ($Вт$).

Мощность электрического потребителя составляет $1 Вт$, если в течение $1 с$ в нем совершается работа $1 Дж$:

$$1Вт = \frac{1Дж}{1с} \quad (1.4.1.)$$

Единица измерения названа в честь английского инженера Джеймса Ватта (1736–1819).

Вебер — единица измерения магнитного потока ($Вб$).

Данная единица измерения определяется с помощью электромагнитной индукции. Если пронизывающий контур магнитный поток изменяется со скоростью $1 Вб/с$, то в указанном контуре наводится напряжение в $1В$:

$$1 Вб = 1В \cdot 1с.$$

Согласно Международной системе единиц измерений СИ вебер это магнитный поток, создаваемый однородным магнитным полем с индукцией $1 Тл$ через площадку в $1 м^2$, перпендикулярную направлению поля.

Единица измерения названа в честь немецкого физика Вельгельма Вебера (1804–1891).

Взаимная индукция — электромагнитная индукция, вызванная изменением сцепляющегося с контуром магнитного потока, обусловленного электрическими токами в других контурах.

На взаимной индукции основан принцип работы трансформатора. При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока в ней возникает переменный ток, создающий изменяющийся магнитный поток в магнитной системе трансформатора. Магнитный поток пронизывает витки вторичной обмотки трансформатора, вследствие чего в ней наводится ЭДС взаимной индукции. Значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора определяется коэффициентом трансформации трансформатора [Л.27].

Вольт — единица измерения электрического напряжения ($В$).

Данная единица определяется работой, затрачиваемой на перемещение электрического заряда в электрическом поле. Напряжение между двумя точками однородного проводника составляет $1 В$, если при протекании через проводник неизменного по величине тока силой $1 А$ на указанном участке проводника выделяется мощность в $1 Вт$:

$$1 В = 1 Вт / 1 А \quad (1.4.2.)$$

Эта единица измерения названа в честь итальянского физика Алессандро Вольты (1745–1827).

Время срабатывания — интервал времени, в течение которого после подачи на обмотку реле входного сигнала оно переходит из одного устойчивого состояния (включенное или отключенное) в другое устойчивое состояние (отключенное или включенное).

Генри (Гн) — индуктивность такого контура, с которым сцеплен магнитный поток 1 Вб , когда по контуру протекает ток силой 1 А .

Генри характеризует также магнитную проводимость участка магнитной системы, обратно пропорциональную его магнитному сопротивлению:

$$1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб} / 1 \text{ А} = 1 \text{ В} \cdot \text{с} / \text{А} \quad (1.4.3.)$$

Единица названа в честь американского физика Джозефа Генри (1797–1878).

Герц (Гц) — единица измерения частоты. 1 Гц — это частота периодического процесса, при котором совершается один цикл за 1 с :

$$1 \text{ Гц} = 1 / 1 \text{ с} \quad (1.4.4.)$$

Единица названа в честь немецкого физика Генриха Герца (1857–1894).

Джоуль (Дж) — единица измерения работы, т.е. работа, которую совершает постоянная сила, равная 1 Н , на пути в 1 м , пройденном телом под действием этой силы по направлению, совпадающему с направлением силы:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с} \quad (1.4.5.)$$

Единица названа в честь английского физика Джеймса Джоуля (1818–1889).

Диэлектрическая проницаемость показывает, во сколько раз сила взаимодействия электрических зарядов в данной среде меньше, чем в вакууме.

Условное обозначение — ϵ .

$$\epsilon = D / E, \quad (1.4.6.)$$

где D — электрическое смещение; E — напряженность электрического поля.

ϵ_0 — относительная диэлектрическая проницаемость:

$$\epsilon_A = \epsilon_0 \epsilon \quad (1.4.7.)$$

Значение ϵ показывает, во сколько раз диэлектрическая поляризация диэлектрика больше, чем в вакууме.

Ниже приведены значения ϵ для некоторых электроизоляционных материалов:

Изолятор	Относительная диэлектрическая проницаемость
Вакуум	1
Воздух	1,1
Бумага	1,8 – 2,6
Трансформаторное масло . . .	2,2 – 2,5
Картон	4,8
Фарфор	4,5 – 6,0
Резина	5,0 – 10

Диэлектрическая проницаемость характеризует способность диэлектриков ослаблять силовое взаимодействие электрических зарядов в электрическом поле. Указанное взаимодействие в вакууме выражается через электрическую постоянную $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

Абсолютная диэлектрическая проницаемость определяется как произведение ϵ на электрическую постоянную ϵ_0 .

Индуктивность — физическая величина, характеризующая способность катушки с током запасать магнитную энергию. Условное обозначение L , единица измерения — генри (Гн). Индуктивность может быть определена из выражения:

$$L = \frac{\omega}{R_M}, \quad (1.4.8.)$$

где ω — количество витков обмотки; R_M — магнитное сопротивление.

Индуктивность определяется конструктивными особенностями и размерами катушки.

Испытание обмоток трансформатора — проверка прочности электрической изоляции между активными и конструктивными элементами трансформатора (сведения о трансформаторах изложены в 4 разделе).

Для маломощных трансформаторов используются следующие значения испытательных напряжений $U_{исп}$ при различном номинальном напряжении $U_{ном}$

при $U_{ном} = 42 \text{ В}$	$U_{исп} = 1000 \text{ В}$,
при $U_{ном} = 42-250 \text{ В}$	$U_{исп} = 1500 \text{ В}$,
при $U_{ном} = 250-380 \text{ В}$	$U_{исп} = 2000 \text{ В}$,
при $U_{ном} = 0,5 \text{ кВ}$	$U_{исп} = 2,5 \text{ кВ}$,
при $U_{ном} = 20 \text{ кВ}$	$U_{исп} = 50 \text{ кВ}$

Частота испытательного напряжения может изменяться в пределах от 40 до 62 Гц. Первоначальное значение приложенного напряжения не должно превышать значения $0,5 U_{исп.}$, которое затем увеличивается по истечении 10 с до необходимого значения и удерживается в течении 60 с. Целостность изоляции при испытаниях обмоток определяется визуально по возникновению тлеющих разрядов или по пробую, поскольку в последнем случае имеет место резкое увеличение тока в первичной обмотке трансформатора.

При проведении испытаний трансформатора проверяется изоляция между обмотками, каждой обмоткой и магнитной системой и баком.

Класс изоляции — тип изоляционных материалов, соответствующий назначению, области применения, условиям эксплуатации и требованиям по электробезопасности элементов электрооборудования. Электрическая прочность изоляционного материала должна выбираться с учетом возможных тепловых, механических и электрических перегрузок.

Класс точности определяет предельно допустимую погрешность показаний измерительных приборов и трансформаторов.

Обычно он обозначается с помощью десятичных дробей, например: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 и т.д. Точность того или иного прибора снижается по мере увеличения цифры, обозначающей класс точности. Если измерительный прибор обладает, например, классом точности 0,5, то это означает, что при измерении соответствующего параметра значение абсолютной погрешности не превышает $\pm 0,5\%$.

Для измерительных трансформаторов тока класс точности указывается при условии, что коэффициент мощности нагрузки равен 0,8 и нагрузка трансформатора изменяется в пределах от 25 до 100% номинальной. В том случае, если заводом-изготовителем не сделана соответствующая оговорка, допускаются кратковременная перегрузка измерительных трансформаторов на 20 %.

Количество электричества — величина, равная произведению силы тока на время, в течение которого шел ток. Условное обозначение — Q , единица измерения — кулон (K):

$$Q = I \cdot t, \quad (1.4.9.)$$

где I — сила тока; t — время.

Коммутационная способность электрического аппарата — физическая величина, отражающая способность электрического аппарата отключать электрическую цепь при номинальном напряжении и токе короткого замыкания без повреждения аппарата. Коммутационная способность выражается в виде произведения тока и напряжения и в современных электрических аппаратах колеблется от 250 до нескольких десятков тысяч мегавольт-ампер. На практике коммутационная способность достаточно полно характеризуется предельным значением тока в электрической цепи.

Контакт (K) — один из основных элементов контактных систем электрических коммутационных аппаратов, предназначенный для непосредственного пропускания электрического тока.

По форме и используемым материалам K характеризуется очень большим разнообразием. В аппаратах K разделяют на две группы — подвижные и неподвижные. Первые из них прижимаются к неподвижным K или отводятся от них с помощью исполнительного механизма. При частых включениях и повышении нагрузки происходит усиленный механический износ и оплавление K . По этому конструкция контактной системы должна предусматривать замену K при ремонте и профилактических осмотрах. Неподвижные K крепятся обычно с помощью винтов, подвижные — в специальных держателях с пружиной. В некоторых конструкциях коммутационных аппаратов используются вспомогательные K цепи главного тока, включенные параллельно основным K и принимающие на себя электрическую дугу. Вспомогательные K при отключении и включении аппарата соответственно замыкаются раньше и размыкаются позже основных K , что позволяет уменьшить износ последних. Материал K должен обладать высокой механической и термической устойчивостью и низким значением сопротивления.

Коэффициент мощности — величина, равная отношению активной мощности электрической цепи переменного тока к полной мощности этой цепи.

Условное обозначение — $\cos \varphi = P/S$,

где P — активная мощность; S — полная мощность.

Угол φ является углом сдвига тока и напряжения электрической цепи. Для цепей одно- и трехфазного переменного тока желательно иметь $\cos \varphi$, максимально близкий к единице, поскольку в этом случае в питающих проводах отсутствует нагружающий их реактивный ток. При использовании компенсирующих устройств можно получить $\cos \varphi = 1$ [Л27].

Коэффициент полезного действия (КПД) - величина, характеризующая полноту преобразования электрической энергии в другие виды энергии и обратного преобразования.

Условное обозначение — η .

$$\eta = P_{\text{ном}} / P_0, \quad (1.4.10.)$$

где $P_{\text{ном}}$ — номинальная (используемая) мощность; P_0 — полная (подведенная) мощность.

При преобразовании электрической энергии в другие виды энергии часть исходной электрической энергии выделяется в виде потерь и утрачивается безвозвратно, в результате чего получаемая после преобразования мощность несколько (иногда значительно) меньше мощности, передаваемой на вход преобразователя. Процесс преобразования энергии считается максимально эффективным при $\eta = 1$.

Ниже приведены значения КПД для некоторых электропотребителей:

Лампа накаливания	10%
Двигатель с расщепленными полюсами	40%
Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	82%
Силовой трансформатор	96%

Коэффициент потерь — характеристика, используемая для оценки качества электротехнической стали. Коэффициент потерь указывается для двух значений индукции (1,0 и 1,5 Тл) и представляет собой отношение потерь к массе стали ($Вт/кг$). Для горячекатанной стали при $B=1,0$ и 1,5 Тл соответственно коэффициент потерь - 1,4 и 3,1 $Вт/кг$, для текстурированной стали (специально обработанной, например, с добавлением кремния [Л.27, с.201] для снижения потерь в стали) — 0,7 и 1,4 $Вт/кг$.

Магнитная система трансформатора — элемент конструкции трансформатора, предназначенный для создания магнитной связи между его обмотками.

Обычно магнитная система выполняется из тонких пластин электротехнической стали, которые стягиваются в плотный пакет. Части системы, на которых располагаются обмотки, называются *стержнями*, остальные части называются ярами. Различают верхние и нижние яра. Геометрия пластин системы определяется характером стыка стержня с яром.

Однофазные трансформаторы имеют двухстержневые (рис. 1.4.1.,а) или броневые (рис.1.4.1.,б) магнитные системы, трехфазные трансформаторы — трехстержневые системы (рис.1.4.1.,в). В отдельных случаях используются пятистержневые системы. В маломощных трансформаторах используются ленточные и кольцевые магнитные системы [Л.27].

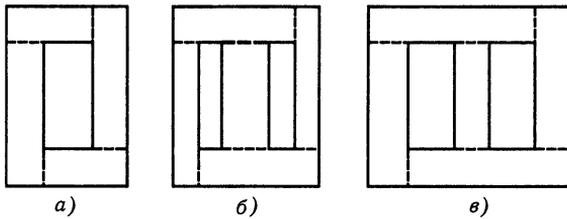


Рис.1.4.1. Магнитная система трансформатора

Магнитное дутье — способ гашения электрической дуги в силовых выключателях.

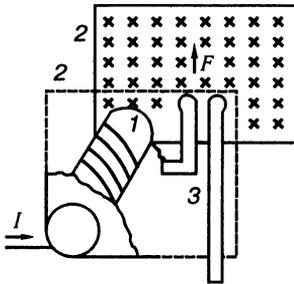


Рис.1.4.2. Магнитное дутье.
1—магнитопровод с обмоткой; 2—
пластина дугогасительной камеры;
3— разомкнутые контакты; I —
ток; F — сила действующая на дугу.

Дугогасительная система выключателя содержит магнитопровод U-образной формы с обмоткой, включенной последовательно в коммутируемую электрическую цепь (рис.1.4.2). При размыкании контактов возникает электрическая дуга, причем протекающий через плазменный шнур ток равен току в указанной обмотке. Контакты движутся между полюсами магнитопровода, создающего с помощью обмотки магнитное поле, деформирующее дугу. В результате удаления дуги под действием электродинамических сил обеспечивается быстрое ее гашение. При этом усилие возрастает пропорционально увеличению тока в коммутируемой цепи. Для обеспечения работоспособности дугогасительной системы следует обращать внимание на полярность включения обмотки в коммутируемую цепь.

Магнитное поле — одна из двух сторон электромагнитного поля, характеризующихся воздействием на движущуюся электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и ее скорости.

Физически магнитное поле обусловлено движением электрических зарядов, например движением молекул в теле постоянного магнита, или протеканием электрического тока в проводнике (поле электромагнитное). Графически поле может быть представлено посредством силовых линий. В зависимости от характера распределения силовых линий различают:

— однородное плоскопараллельное поле, силовые линии которого имеют одинаковую плотность и расположены параллельно друг другу (рис.1.4.3.,а);

— однородное радиальное поле, силовые линии которого расположены между двумя полюсами (рис.1.4.3.,б);

— неоднородное поле, расположение силовых линий которого не соответствует картине распределения силовых линий однородного магнитного поля (рис.1.4.3.,а). [Л.27].

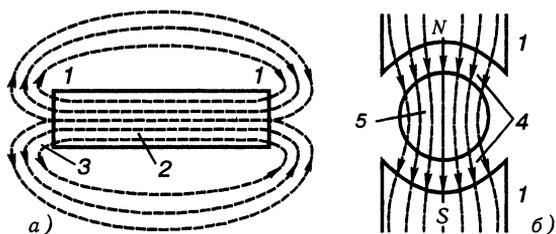


Рис 1.4.3. Магнитное поле:

1— магнитопровод; 2—однородное плоскопараллельное поле; 3— неоднородное поле; 4— однородное радиальное поле; 5 — ферромагнитный материал.

Магнитное поле рассеяния обмоток трансформатора — часть магнитного поля трансформатора, созданная той частью магнитодвижущих сил всех основных обмоток, геометрическая сумма векторов которых в каждой фазе обмоток равна нулю.

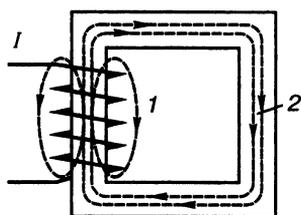


Рис.1.4.4. Магнитное поле рассеяния трансформатора.

1— магнитный поток рассеяния; 2 —основной (полезный) магнитный поток; I — ток в обмотке трансформатора.

Причина возникновения потоков рассеяния заключается в том, что способностью проводить магнитное поле обладают практически все материалы и вещества, в том числе и воздух. Поэтому часть силовых линий магнитного поля, созданного обмоткой с током, замыкается через воздух, ярмо и стержень магнитной системы (рис.1.4.4.), т.е полезный магнитный поток, проходящий через элементы магнитной системы, всегда меньше полного магнитного потока, созданного обмоткой с током. При увеличении магнитного сопротивления стали, например, в результате ее насыщения, потоки рассеяния увеличиваются.

Магнитная индукция — величина, равная отношению силы, действующей в магнитном поле на единицу длины проводника, перпендикулярного направлению поля, к силе тока в проводнике. Магнитная индукция характеризует степень ориентации элементарных магнитов (доменов) ферромагнитного вещества относительно силовых линий внешнего магнитного поля. Указанный эффект приводит к усилению внешнего магнитного поля в ферромагнитном веществе (рис.1.4.5.,а). Если ферромагнитное тело содержит полость (рис.1.4.5.,б), то количество силовых линий магнитного поля в ней уменьшается. Это свойство используется для защиты электроизмерительных приборов от влияния внешних магнитных полей. [Л.29].

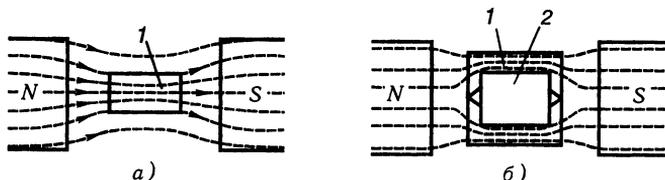


Рис 1.4.5. Магнитная индукция:

1 —ферромагнитное вещество; 2 — область, не занятая магнитным полем.

Магнитная проводимость участка магнитной системы — величина, равная отношению магнитного потока, вызываемого в участке магнитодвижущей силой, к этой магнитодвижущей силе.

Условное обозначение — g_m , единица измерения — Вб/А:

$$g_m = 1/R_m, \quad (1.4.11.)$$

где R_m — магнитное сопротивление.

Магнитная проницаемость — величина, характеризующая магнитные свойства вещества.

Условное обозначение — μ . Она определяется из выражения

$$\mu = B/H, \quad (1.4.12.)$$

где B — индукция; H — напряженность магнитного поля.

На практике наиболее часто используется величина, называемая *относительной магнитной проницаемостью* и равная отношению абсолютной магнитной проницаемости к магнитной постоянной. Магнитная постоянная μ_0 характеризует магнитные свойства вакуума и равна $1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м. Магнитная проницаемость определяется как произведение μ_0 на относительную магнитную проницаемость, т.е.

$$\mu = \mu_0 \mu_{отн} \quad (1.4.13.)$$

При этом $\mu_{отн}$ показывает, во сколько раз хуже или лучше магнитные свойства конкретного материала или вещества по сравнению с вакуумом. У диамагнетиков (Cu, Ag, Sb, Bi, Pb и т.д.) $\mu_{отн} < 1$, у парамагнетиков (Al, Si, Co, Pt, Mn и т.д.) $\mu_{отн} > 1$. В магнитном отношении указанные вещества близки к вакууму или к воздуху. В ферромагнетиках $\mu_{отн} \gg 1$ (несколько тысяч), благодаря чему они обладают способностью многократного усиления внешнего магнитного поля. Ввиду того что в природе отсутствуют вещества, полностью препятствующие прохождению через них силовых линий магнитного поля, относительная магнитная проницаемость всегда больше нулевого значения.

Магнитное сопротивление характеризует способность вещества препятствовать прохождению через него магнитного потока. Магнитное сопротивление используется для характеристики магнитных материалов и является эквивалентом электрического активного сопротивления при характеристике проводников электрического тока.

Условное обозначение R_μ , единица измерения — $1/\text{Гн}$ или Гн^{-1} :

$$R_\mu = l/\mu S, \quad (1.4.16.)$$

где l, S — соответственно средняя длина и площадь сечения участка магнитной цепи; μ — магнитная проницаемость материала. [Л.27].

Магнитный поток — поток магнитной индукции через поверхность с некоторой площадью. Условное обозначение — Φ , единица измерения — вебер (Вб).

Мгновенное значение — одно значение какой-либо изменяющейся в функции того или иного параметра величины, соответствующее одному конкретному значению этого параметра.

Для обозначения мгновенных значений тока и напряжения как функции времени используются буквы латинского алфавита: i — для тока; u — для напряжения, [Л.28].

Напряжение — скалярная величина, равная линейному интегралу напряженности электрического поля. Условное обозначение — U , единица измерения — вольт (B):

$$U = \Delta W / Q, \quad (1.4.17.)$$

где W — энергия; Q — заряд.

Напряжение характеризует затраты энергии, необходимые для перенесения электрического заряда из одной точки электрического поля в другую. [Л.28].

Напряжение короткого замыкания — падение напряжения на активном сопротивлении обмоток трансформатора:

$$u_k = (U_{\text{ПН}} / U_{\text{НОМ}}) \cdot 100\%, \quad (1.4.18.)$$

где $U_{\text{ПН}}$ — падение напряжения; $U_{\text{НОМ}}$ — номинальное напряжение первичной обмотки.

Полное падение напряжения на активном сопротивлении трансформатора складывается из падения напряжения на сопротивлении R_1 первичной обмотки и приведенного падения напряжения на сопротивлении R_2 вторичной обмотки:

$$U_{\text{ПН}} = U_{\text{Р1}} + \kappa_{\text{ТР}} U_{\text{Р2}} \quad (1.4.19.)$$

Напряжение КЗ определяется длиной, сечением и удельным сопротивлением провода обмоток. Ввиду того что омическое сопротивление обмоток трансформатора определяет значение потерь КЗ, напряжение КЗ можно определить также из выражения:

$$u_k = (P_k / S_{\text{НОМ}}) \cdot 100\%, \quad (1.4.20.)$$

где P_k — мощность потерь КЗ; $S_{\text{НОМ}}$ — номинальная мощность трансформатора. [Л.28].

Напряженность электрического поля — векторная величина, характеризующая электрическое поле и определяющая силу, действующую на заряженную частицу со стороны электрического поля. Частично она равна отношению силы, действующей на заряженную частицу, к ее заряду и имеет направление силы, действующей на частицу с положительным зарядом.

Условное обозначение — E , единица измерения — B/m :

$$E = U / d, \text{ или } E = F / Q, \quad (1.4.21.)$$

где U — падение напряжения; d — расстояние между двумя точками поля; F — сила; Q — заряд. [Л.28].

Ом — единица измерения сопротивления участка электрической цепи;

1 Ом — сопротивление проводника, в котором при напряжении в 1В возникает сила тока в 1А.

Данная единица измерения названа в честь немецкого физика Георга Симона Ома (1787 — 1854).

Правило левой руки — правило определения направления механической силы, действующей на проводник с током, помещенный в магнитное поле.

Если расположить левую руку таким образом, что силовые линии магнитного поля будут входить в ладонь, а вытянутые пальцы направить по току, то отогнутый большой палец покажет направление действующей силы. Век-

торы силовых линий, тока и силы расположены под углом 90° .

Принципиальная электрическая схема — графическое отображение элементов электротехнического устройства и соединений между этими элементами.

На принципиальных схемах основные элементы представляются с помощью условных обозначений: резисторы — прямоугольниками, индуктивности — катушками, реле — обмотками с контактами и т.д. Принципиальная схема позволяет получить полное представление о выполнении и принципе действия устройства. Для облегчения чтения схем используются буквенно-цифровые обозначения типа $R_1, R_2, L_1, L_2, C_1, C_2$ и т.д.

Резистор — элемент электрической цепи, предназначенный для использования в качестве сопротивления. Резистор используется для регулирования частоты вращения и напряжения электродвигателей и генераторов, для задания необходимого токового режима в различных электронных и полупроводниковых устройствах и т.д. Мощность резистора должна выбираться с учетом реальных потерь, выделяемых на нем в виде тепла. [Л.28].

Свойства измерительных трансформаторов — трансформаторов тока и трансформаторов напряжения (при изменении сопротивления цепи вторичной обмотки).

Изменение значения сопротивления, включенного в цепь вторичной обмотки измерительных трансформаторов, не приводит к изменению тока и напряжения первичной обмотки, поскольку трансформаторы подключаются к мощной питающей сети.

Увеличение сопротивления в цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения приводит к снижению тока первичной и вторичной обмоток. Увеличение сопротивления в цепи вторичной обмотки трансформатора тока приводит к увеличению его входного сопротивления и как следствие — к увеличению падения напряжения в первичной обмотке трансформатора тока. При разрыве цепи вторичной обмотки трансформатора тока происходит резкое увеличение падения напряжения в первичной обмотке, приводящее к сильному намагничиванию системы, что повышает потери в стали и вероятность возгорания трансформатора тока. В этом режиме трансформатора тока на его вторичной обмотке появляется опасное для жизни человека напряжение. По этой причине следует избегать размыкания цепи вторичной обмотки трансформатора тока.

Сила тока — физическая величина, используемая для количественной оценки электрического тока.

Условное обозначение — I , единица измерения — ампер (A):

$$I = dQ/dt, \quad (1.4.22.)$$

где Q — количество электричества; t — время.

В качестве сравнения приведем данные по току известных электроаппаратов и устройств:

Телефонный аппарат	$(20 \dots 50) \cdot 10^{-6} A$
Лампы накаливания	$(100 \dots 800) \cdot 10^{-3} A$
Тяговый двигатель трамвая	$200 \dots 400 A$
Электроплавильная печь	$(120 \dots 150) \cdot 10^3 A$

Сименс — единица измерения проводимости. Условное обозначение — *См*.

Проводимость участка электрической цепи составляет 1 *См*, если при протекании через него тока в 1А на нем возникает падение напряжения в 1В.

Единица названа в честь немецкого инженера Вернера Сименса (1816 – 1892).

Сухой трансформатор — трансформатор небольшой мощности (мощностью до 1600 *кВА*), в котором в качестве хладагента и изоляции используется воздух. Сухие трансформаторы довольно редко выполняются на высокое напряжение и имеют в этом случае весьма ограниченное использование. Наиболее часто они используются в жилых домах, магазинах и т.п. Обмотки сухих трансформаторов изготавливаются из алюминиевого провода со стекловолоконистой изоляцией, причем этот провод предварительно покрывается в вакууме силиконовым лаком (кремнеорганический лак с неорганическим наполнителем), что затрудняет возгорание обмотки. Сухие трансформаторы практически не нуждаются в каком-либо уходе. При напряжении первичной обмотки 10 *кВ* их номинальная мощность не превышает 1600 *кВА*.

Схема соединения зигзаг — специальная группа соединения обмоток трансформатора. При данной схеме соединения У–5 каждая фазная обмотка расположена на двух стержнях магнитной системы трехфазного трансформатора, т.е. фазная обмотка состоит из двух соединенных последовательно катушек, расположенных на разных стержнях. В такой схеме устраняется возможность фазового сдвига нейтральной точки обмотки, что позволяет реализовать полную загрузку нейтрали и тем самым повысить использование трансформатора. В схеме (рис.1.4.6.) количество витков в каждой фазе на 15,6% больше, чем в схеме «Звезда» при том же значении напряжения вторичной обмотки.

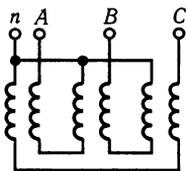


Рис. 1.4.6. Схема соединения зигзаг.

Тесла — единица измерения индукции магнитного поля. Условное обозначение — *Тл*. Индукция равна 1 *Тл*, если через поверхность площадью в 1 *м*² проходит магнитный поток в 1 *Вб*.

Согласно определению, принятому в Международной системе единиц измерения СИ, тесла — индукция такого однородного магнитного поля, которое действует с силой 1Н на каждый метр длины прямолинейного проводника, расположенного перпендикулярно направлению поля, если по этому проводнику течет ток силой 1А.

Единица измерения названа в честь чешского физика и электротехника Николы Тесла (1856 – 1942).

Трансформатор напряжения (ТН) — маломощный трансформатор, предназначенный для согласования напряжения электрической сети с напряжением, подаваемым на измерительный прибор (вольтметр).

Обычно ТН преобразуют напряжение свыше 500 В в напряжение 100 В.

В конструктивном отношении ТН аналогичен одно- или трехфазному силовому трансформатору. Внешний вид ТН зависит от значения напряжения первичной обмотки, типа изоляции, способа крепления и подключения к электрической сети и т.д. Ввиду малой мощности ТН (10...300 *ВА*) в них не используются какие-либо средства для отвода тепла, что позволяет снизить их

габариты и упростить монтаж. Для снижения напряжения на внутреннем сопротивлении ТН используют в режиме, близком к режиму холостого хода. По этой причине подключаемые ко второй обмотке измерительные приборы и электрические реле должны иметь высокое внутреннее сопротивление. Точность преобразования напряжения в ТН определяется с помощью классов точности. [Л.28].

Трансформаторная сталь — магнитомягкое вещество, используемое для изготовления магнитных систем трансформаторов (магнитную систему трансформатора еще называют вторым названием — магнитопровод). В ранних конструкциях трансформаторов использовалась горячекатанная сталь. В настоящее время она заменена на холоднокатанную сталь с ориентацией направления прокатки относительно структуры стали (текстурированная сталь), потери в которой существенно меньше потерь в горячекатанной стали. Магнитная система трансформатора набирается из отдельных листов толщиной 0,35–0,5 мм. Каждый лист покрыт слоем электроизоляционного материала (синтетическим лаком, керамикой, окисной пленкой) и легирован кремнием. Качество трансформаторной стали характеризуется удельными потерями.

Тяговый двигатель постоянного тока — двигатель постоянного тока, предназначенный для привода колес подвижного состава. Конструктивное исполнение тягового двигателя в значительной мере определяется параметрами питающего напряжения. Так, например, на локомотивах используется напряжение постоянного тока с номиналами 1,2; 1,5; 2,4; 3 кВ, для электропитания трамваев и троллейбусов используется напряжение 600 В, в метрополитене — преимущественно 750 В. На железнодорожном транспорте в качестве питающего напряжения используется также напряжение переменного тока 15 кВ, $16^{2/3}$ Гц и 25 кВ, 50 Гц. [Л.28].

Удельное сопротивление — физическая величина, характеризующая способность вещества проводить электрический ток.

Условное обозначение — ρ , единица измерения — $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$:

$$\rho = RS/l, \quad (1.4.23.)$$

где R — сопротивление, Ом; S — сечение, мм^2 ; l — длина провода, м.

Удельное сопротивление провода определяется как сопротивление провода длиной 1 м и сечением 1 мм^2 . Для меди $\rho = 0,0178 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$, для алюминия $\rho = 0,0286 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$. [Л.28].

Уравнение трансформатора — математическое выражение, описывающее процесс преобразования энергии в трансформаторе. Напряжение, наводимое в обмотке трансформатора, может быть определено с помощью следующего дифференциального уравнения:

$$U = \omega \, d\Phi / dt, \quad (1.4.24.)$$

где ω — количество витков обмотки; Φ — магнитный поток; t — время; $d\Phi / dt$ — знак производной.

На практике более часто используется следующее выражение:

$$U = 4,44 \, f\omega\Phi,$$

где f — частота переменного тока. (для 50 Гц синусоидального).

Установившийся ток короткого замыкания — максимальное установившееся значение тока в обмотках трансформатора, работающего в режиме КЗ.

Если вторичную обмотку трансформатора замкнуть накоротко, то в ней возникает переходный процесс, сопровождающийся резким увеличением тока до некоторого максимального значения и последующим его уменьшением до значения установившегося тока КЗ.

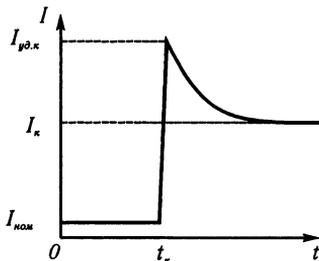


Рис.1.4.7. Установившийся ток короткого замыкания

$I_{ном}$ — номинальное значение тока;
 $I_к$, $I_{уд.к}$ — установившийся и ударный токи короткого замыкания; $t_к$ — время возникновения короткого замыкания.

Первоначальный бросок тока представляет собой ударный ток $I_{уд.к}$ КЗ (Рис.1.4.7.). Затем в течение нескольких миллисекунд ток $I_{уд.к}$ снижается до установившегося тока КЗ $I_к$. В мощных трансформаторах $I_{уд.к} \approx 1,5I_к$, а в маломощных трансформаторах $I_{уд.к} \approx 2,4I_к$. Ударный ток КЗ вызывает большие электродинамические усилия в обмотках, что нередко приводит к их повреждению. Возникающие усилия имеют аксиальное и радиальное направления. Установившийся ток КЗ можно определить через ток КЗ трансформатора следующим образом:

$$I_к = I_1 \cdot 100\% / I_к, \quad (1.4.25.)$$

где I_1 — номинальный ток первичной обмотки; $I_к$ — ток короткого замыкания трансформатора.

В трансформаторах средней и малой мощности установившийся ток КЗ может в 12–35 раз превышать номинальный ток. В мощных трансформаторах $\rho I_к = (8...22) I_1$ благодаря большому значению $Z_к$. Установившийся ток КЗ вызывает повышенный нагрев обмоток трансформатора, вследствие чего время $t_к$ работы трансформатора в этом режиме должно быть ограничено. Так, например, для трансформатора с алюминиевой обмоткой при $I_к = 4\%$ $t_к \leq 1,3$ с, с медной обмоткой при $I_к = 12\%$ $t_к \leq 12$ с. При защитном отключении трансформаторов время срабатывания расцепителя должно быть не больше времени $t_к$.

Частота — физическая величина, определяющая количество колебаний в единицу времени переменной величины, изменяющейся по синусоидальному закону.

Условное обозначение — f ; единица измерения — герц (Гц).

Частота обратно пропорциональна периоду T переменной величины, т.е. $f = 1/T$. [Л.29]

Электрическая индукция — векторная величина, равная геометрической сумме напряженности электрического поля, умноженной на электрическую постоянную, и поляризованности.

При помещении проводника в электрическое поле (рис.1.4.8.,а) происходит смещение свободных электронов к его поверхности, в результате чего с одной стороны проводника скапливаются положительные, а с другой — отрицательные заряды, причем область положительных зарядов смещается в сторону отрицательно заряженной пластины, а область отрицательных зарядов — в сторону положительно заряженной пластины, создающей вместе

с указанной выше пластиной электрическое поле. Если проводник выполнен в виде полого цилиндра, то внутри него электрическое поле отсутствует (рис. 1.4.8.,б). На этом принципе основано защитное экранирование живых организмов и измерительных приборов от воздействия мощных электрических полей [Л.28].

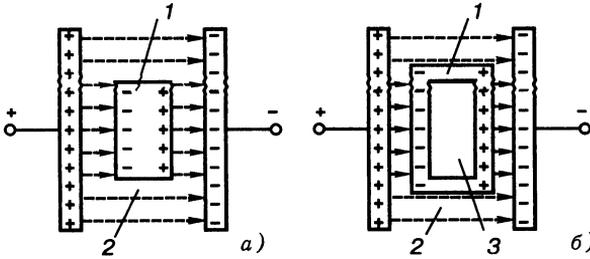


Рис. 1.4.8. Электрическая индукция:

1 — проводник ; 2 — электростатическое поле; 3 — область, не занятая полем.

Электромагнитное поле (ЭМП) — вид материи, определяемый во всех точках двумя векторными величинами, которые характеризуют две его стороны, называемые соответственно электрическим полем и магнитным полем, оказывающими силовое воздействие на заряженные частицы, зависящее от их скорости и величины их заряда.

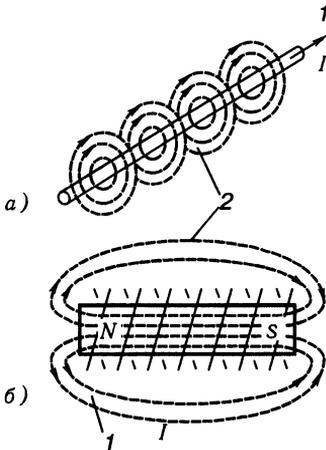


Рис. 1.4.9. Электромагнитное поле.

а — проводник с током; б — соленоид;
1 — направление тока; 2 — силовые линии поля.

Обычно ЭМП образуется вокруг проводника, по которому протекает электрический ток (рис. 1.4.9.,а). Если проводник свернуть в кольцо, то он образует соленоидальное ЭМП. При последовательном соединении нескольких витков суммарное ЭМП усиливается. Для этой цели используются катушки, по которым пропускается электрический ток (рис. 1.4.9.,б). Направление силовых линий ЭМП зависит от направления тока в проводнике и определяется по правилу правой руки. [Л.28].

Электростатическое поле — электрическое поле неподвижных заряженных тел при отсутствии в них электрических токов. Поле проявляет себя в силовом воздействии определенного направления и значения на свободные электрические заряды и характеризуется индукцией или диэлектрической поляризацией. Поле может быть представлено посредством силовых линий, каждая из которых образуется как мысленно проведенная линия, начинающаяся на положительно заряженном теле и оканчивающаяся на отрицательно заряженном теле.

Различают электростатические поля следующих типов:

- однородное плоскопараллельное поле, силовые линии которого имеют равномерную плотность и параллельны друг другу (рис.1.4.10.,а);
- радиальное однородное поле, силовые линии которого направлены перпендикулярно поверхности цилиндрического заряженного тела (рис.1.4.10.,б);
- неоднородное поле, силовые линии которого имеют неравномерное распределение относительно заряженных тел (рис.1.4.10.,в), [Л.28].

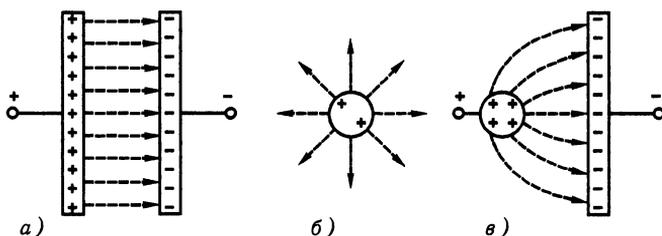


Рис. 1.4.10. Электростатическое поле.

Ферромагнитное вещество (ФВ) — вещество, обладающее способностью концентрировать и усиливать магнитное поле.

Обычно ФВ, к которым относятся такие материалы, как сталь, никель, кобальт, обладают высокой магнитной проницаемостью. Ввиду того что численное значение магнитной проницаемости зависит от характеристик внешнего магнитного поля, магнитные свойства ФВ принято характеризовать с помощью *кривой намагничивания*. По кривой намагничивания можно определить магнитную проницаемость конкретного ФВ (рис.1.4.11.).

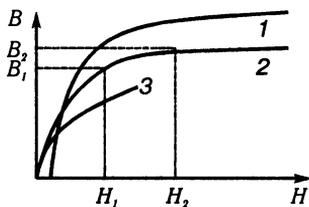


Рис.1.4.11.

Ферромагнитное вещество: кривые намагничивания конструкционной (1), электротехнической (2) стали и чугуна (3); B — индукция и H — напряженность магнитного поля.

Эффект усиления внешнего магнитного поля в ФВ обусловлен тем, что элементарные магниты (домены), из которых состоит ФВ, ориентируются относительно силовых линий внешнего поля. Это приводит в свою очередь к увеличению магнитной индукции результирующего магнитного поля.

При этом происходит насыщение ФВ, которое характеризуется слабой зависимостью магнитной индукции от напряженности магнитного поля, определяемое магнитной проницаемостью μ , равной магнитной проницаемости воздуха.

Фарада — емкость проводника, потенциал которого повышается на $1B$, если на этот проводник поместить заряд в $1Кл$. Условное обозначение — Φ .

Фарада используется для обозначения емкости электрических конденсаторов:

$$\Phi = 1 Кл/В = 1 А \cdot с/В \quad (1.4.26.)$$

Техническая реализация конденсатора емкостью 1Φ является сложной задачей. Так, например, у плоского воздушного конденсатора емкостью 1Φ площадь пластин, расстояние между которыми равно 1мм , должна составлять $112,8\text{ км}^2$. Поэтому на практике для обозначения емкости конденсаторов используются более мелкие единицы измерения — пико- и микрофарады ($1\text{п}\Phi = 10^{-12}\Phi$, $1\text{м}\Phi = 10^{-6}\Phi$).

Электрические характеристики электроизоляционных материалов.

Электрические свойства электроизоляционных материалов оценивают с помощью величин, называемых *электрическими характеристиками*.

К ним относятся: удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v , удельное поверхностное электрическое сопротивление ρ_s , температурный коэффициент удельного электрического сопротивления $TK\rho$ (α), диэлектрическая проницаемость ϵ , температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $TK\epsilon$, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ и электрическая проницаемость материала $E_{\text{пр}}$.

Удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v — величина, позволяющая оценить электрическое сопротивление материала при протекании через его объем постоянного тока. Эту характеристику вычисляют в омметрах ($\text{Ом} \cdot \text{м}$). На практике часто пользуются дольной единицей $\text{ом} \cdot \text{сантиметром}$ ($\text{Ом} \cdot \text{см}$): $1\text{ Ом} \cdot \text{м} = 100\text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Величина, обратная удельному объемному сопротивлению, называется *удельной объемной проводимостью*

$$\gamma_v = \frac{1}{\rho_v} \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$$

Удельное поверхностное сопротивление ρ_s — величина, позволяющая оценить электрическое сопротивление материала при протекании постоянного тока по его поверхности. Эту характеристику вычисляют в омах.

Величина, обратная удельному поверхностному сопротивлению, называется *удельной поверхностной проводимостью*

$$\gamma_s = \frac{1}{\rho_s} \text{Ом}^{-1}(\text{См})$$

Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления $TK\rho(\alpha)$ — величина, определяющая изменение удельного сопротивления материала с изменением его температуры. При линейном изменении удельного сопротивления (в узком интервале температур) среднюю величину температурного коэффициента удельного электрического сопротивления вычисляют по формуле

$$TK\rho = \frac{1}{\rho_2} \cdot \frac{\rho_2 - \rho_1}{t_2 - t_1} \frac{1}{\text{град}}, \quad (1.4.27.)$$

где ρ_1 — удельное сопротивление материала при начальной температуре t_1 ; ρ_2 — удельное сопротивление материала при изменяющейся температуре t_2 .

С повышением температуры у всех диэлектриков электрическое сопротивление уменьшается, следовательно, их температурный коэффициент имеет отрицательный знак, т.е. $TK\rho < 0$. У проводниковых материалов (металлов) электрическое сопротивление увеличивается, следовательно, температурный коэффициент имеет положительный знак, т.е. $TK\rho > 0$.

Диэлектрическая проницаемость (относительная диэлектрическая проницаемость) ϵ — величина, позволяющая оценить способность материала создавать электрическую емкость.

Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ входит в величину абсолютной диэлектрической проницаемости ϵ_a

$$\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon \Phi / M, \quad (1.4.28.)$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная, которая равна $8,85416 \cdot 10^{-12} \Phi / M$.

Известно, что электрическая емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_a S}{h} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{h} \Phi, \quad (1.4.29.)$$

где S — площадь меньшего электрода, $см^2$; h — толщина диэлектрика, $см$; $\epsilon_0 = 8,85416 \cdot 10^{-12} \Phi / M$.

Определение ϵ сводится к измерению емкости C_x образца данного диэлектрика и к вычислению величины диэлектрической проницаемости по формуле

$$\epsilon = C_x \frac{h}{\epsilon_0 S} \quad (1.4.30.)$$

Обычно в измерительных устройствах искомую емкость C_x вычисляют в пикофарадах ($n\Phi$): $1 n\Phi = 10^{-12} \Phi$.

У всех диэлектриков диэлектрическая проницаемость изменяется с изменением температуры и частоты приложенного к диэлектрику напряжения.

Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $TK\epsilon$ — величина, позволяющая оценить характер изменения диэлектрической проницаемости ϵ , а следовательно, и емкости изоляции с изменением температуры.

При линейном изменении ϵ в зависимости от температуры температурный коэффициент диэлектрической проницаемости материала определяется по формуле

$$TK\epsilon = \frac{1}{\epsilon_2} \cdot \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{t_2 - t_1} \frac{1}{\text{град}}, \quad (1.4.31.)$$

где ϵ_1 — диэлектрическая проницаемость материала при начальной температуре t_1 ; ϵ_2 — диэлектрическая проницаемость материала при изменяющейся температуре t_2 .

Если значение $TK\epsilon$ положительное ($TK\epsilon > 0$), то с повышением температуры диэлектрическая проницаемость ϵ электроизоляционного материала возрастает, а при $TK\epsilon < 0$ — уменьшается.

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ — величина, позволяющая определить потери мощности (диэлектрические потери) в диэлектрике,

работающем под переменным напряжением. Диэлектрические потери в диэлектриках (электрической изоляции) вычисляют по формуле

$$P = U^2 2\pi f C \operatorname{tg} \delta \text{ Вт}, \quad (1.4.32.)$$

где U — величина приложенного напряжения, В; f — частота, Гц; C — емкость, Ф; $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$ измеряют с помощью измерительных устройств на переменном напряжении).

Электрическая прочность $E_{\text{пр}}$ — величина, позволяющая оценить способность диэлектрика противостоять разрушению его электрическим напряжением. Электрическую прочность определяют на образцах электроизоляционного материала в однородном* электрическом поле. Для этого выбирают соответствующую форму электродов и образцов. Электрическую прочность диэлектрика в однородном поле вычисляют по формуле

$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{h}, \text{ кВ/мм} \quad (1.4.33.)$$

где $U_{\text{пр}}$ — величина приложенного к диэлектрику напряжения, при котором произошел пробой, кВ; h — толщина материала в месте пробоя, мм.

Значения $E_{\text{пр}}$, измеренные на образцах толщиной 1–2 мм, всегда выше значений $E_{\text{пр}}$, измеренных на образцах того же материала большей толщины, так как с увеличением толщины сказывается влияние неоднородности электрического поля и уменьшается отвод тепла.

Физико-химические характеристики диэлектриков

Кислотное число есть количество миллиграммов (мг) едкого калия (КОН), необходимое для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г диэлектрика. Оно определяется у жидких диэлектриков, компаундов и лаков. Кислотное число позволяет оценить количество свободных кислот в диэлектрике, которые ухудшают электроизоляционные и другие свойства диэлектриков.

Вязкость (коэффициент внутреннего трения) η позволяет оценить текучесть электроизоляционных жидкостей (масел, лаков и др.).

Различают кинематическую и условную вязкость.

Кинематическую вязкость измеряют с помощью капиллярных вискозиметров в стоксах (Ст). Обычно пользуются сотыми долями стока — сантистоксами (сСт).

Условную вязкость определяют с помощью вискозиметра ВУ и в этом случае вязкость измеряют в градусах Энглера (E°). Часто пользуются простым прибором — специальной воронкой емкостью 100 мл (вискозиметр В₃–4), которую заполняют исследуемой жидкостью. За вязкость принимают время исте-

* Однородным называется такое электрическое поле, во всех точках которого напряженность E одинакова.

чения (в секундах) жидкости из вискозиметра В₃-4.

Перевод условной вязкости в кинематическую γ^* производят по формуле

$$\gamma = \left(0,0731E^{\circ} - \frac{0,0631}{E^{\circ}} \right) \text{Ст} \quad (1.4.34.)$$

Водопоглощаемость X — это количество воды (мг или %), поглощенной образцом диэлектрика определенной формы и размеров **, после пребывания его в дистиллированной воде в течение 24 ч, при температуре 20°С или выше.

Иногда вычисляют водопоглощаемость по формуле

$$X = G_1 - G \text{ мг} \quad (1.4.35.)$$

или

$$X = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100\% , \quad (1.4.36.)$$

где G_1 — масса образца после пребывания в воде, мг; G — масса высушенного образца до погружения его в воду, мг.

Величина водопоглощаемости указывает на пористость материала и наличие в нем водорастворимых веществ. С увеличением водопоглощаемости электроизоляционные свойства диэлектриков ухудшаются.

Иногда вычисляют водопоглощаемость по формуле

$$X = \frac{G_1 - G}{F} \frac{\rho}{\rho_m} , \quad (1.4.37.)$$

где F — поверхность образца, дм^2 .

Тепловые характеристики диэлектриков

Температура плавления (°С) определяется у диэлектриков кристаллического строения (слюда, парафин и др.) различными методами.

Температура размягчения определяется у диэлектриков аморфного строения (смолы, битумы) разными способами, которые дают несколько отличные значения этой характеристики для одного и того же материала. Наиболее распространенными являются способы «кольца и шара» и Кремер-Сарнова.

Температура каплепадения — температура, по достижении которой из отверстия диаметром 3 мм в дне чашечки прибора Уббелодде отделяется и падает первая капля исследуемого материала при его нагревании.

Температура вспышки паров электроизоляционных жидкостей опре-

* В СИ кинематическая вязкость измеряется в Дж/м² (джоуль/кв. метр);

$$1 \frac{\text{кгс} \cdot \text{см}}{\text{см}^2} = 980,6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$$

** Образцы пластмасс представляют собой диски диаметром 50 мм и толщиной 3 мм.

деляется с помощью приборов ПВНО или ПВНЭ. В этих приборах в закрытом латунном сосуде емкостью 100 мл испытываемая жидкость нагревается со скоростью 5 град/мин, затем скорость нагрева понижается до 2 град/мин. Отмечают температуру, при которой смесь паров жидкости с воздухом вспыхивает от внесенного пламени горелки.

Теплостойкость пластмасс определяется с помощью аппарата Мартенса. Для этого используются образцы (бруски) размером 10 x 15 x 120 мм, которые устанавливают в аппарате в вертикальном положении. На каждый образец действует постоянный изгибающий момент, создающий в опасном сечении образца материала напряжение 50 кгс/см².

За теплостойкость принимают температуру (°C), при которой образцы начинают претерпевать опасную деформацию, что в аппарате Мартенса отмечается специальным указателем, опускающимся на 6 мм шкалы.

Теплостойкость однородных высокополимерных диэлектриков определяется по методу Вика. За теплостойкость принимают температуру, при которой стальной стержень диаметром 1,13 мм под действием груза в 1 кг проникает в испытываемый образец на глубину 1 мм.

Термоэластичность лаков определяется на образцах, представляющих собой отрезки медных лент длиной 150 мм, шириной 15 мм и толщиной 0,1 мм, которые покрывают испытываемым лаком. Толщина высохшей лаковой пленки на медной полоске должна составлять 0,045–0,055 мм. Полоски помещают в камеру с постоянной температурой 105°, 130°, 180° и выше. За теплостойкость принимается промежуток времени (час), через который лаковая пленка дает трещины, различимые с помощью лупы (с пятикратным увеличением), при изгибании медной лакированной полоски вокруг стального стержня диаметром 3 см.

Нагревостойкость есть способность диэлектрика длительно выдерживать заданную рабочую температуру и выполнять свои функции в течение времени нормальной эксплуатации оборудования, в котором используется данный диэлектрик.

Согласно ГОСТ 8865 – 93 все электроизоляционные материалы, применяемые в электрических машинах и аппаратах, разделяются по их нагревостойкости на классы (см. табл. 1.5.61.).

Холодостойкость — способность электроизоляционных материалов противостоять низким температурам.

У твердых диэлектриков (высокополимерные материалы, пластмассы, компаунды и др.) за холодостойкость принимается отрицательная температура, при которой после установленного времени выдержки на образцах материала появляются признаки их механического разрушения (трещины и др.).

Тропикостойкость — тропическая стойкость электроизоляционных материалов к комплексу внешних воздействий, имеющих в странах с тропическим климатом (Индия, Эфиопия и др.): высокая температура окружающего воздуха, резкое изменение температуры в течение суток (на 40–50°C и более), высокая влажность воздуха, интенсивная солнечная радиация, плесневые грибки (растительные микроорганизмы) и воздух, содержащий в большом количестве соли.

1.5. Материалы и изделия, используемые в электроустановках

1.5.1. Электроустановочные материалы

Электроустановочные материалы служат для монтажа, установки, крепления и ремонта электрооборудования (см. табл.1.5.1 ... 1.5.17).

Таблица 1.5.1. Сталь угловая равнополочная (ГОСТ 8509-93)

Номер профиля	Ширина полки, мм	Масса 1 м длины профиля, кг, при толщине полки, мм					
		3	4	5	6	7	8
2	20	0,80	1,15	—	—	—	—
2,5	25	1,12	1,46	1,78*	—	—	—
2,8	28	1,27	—	—	—	—	—
3,2	32	1,46	1,91	—	—	—	—
3,6	36	1,65	2,16	—	—	—	—
4	40	1,85	2,42	2,98	—	—	—
4,5	45	2,08	2,73	3,37	3,99*	—	—
5	50	2,32	3,05	3,77	4,47*	5,15*	5,82*
5,6	56	—	3,44	4,25	—	—	—
6	60	—	3,71*	4,58	5,43*	—	7,10*
6,3	63	—	—	4,81	5,72	—	—
7	70	—	—	6,34	—	—	—

* Эти профили выполняются по соглашению изготовителя с потребителем.

Примечание. Пример условного обозначения угловой равнополочной стали размером 50х50х3 мм марки Ст 3 сп обычной точности прокатки (Б):

«уголок $\frac{\text{Б-50х50х3 ГОСТ 8509-93}}{\text{Ст 3сп ГОСТ 535-88}}$ »

Таблица 1.5.2. Горячекатаная стальная лента (ГОСТ 103-76)

Размеры, мм	20х1,2	20х1,5	20х2	30х2	30х3	40х2	40х3	50х2	50х3
Масса 1 м, кг	0,19	0,24	0,31	0,47	0,71	0,63	0,94	0,78	1,188

Таблица 1.5.3. Полосовая прокатная сталь (ГОСТ 103-76)

Размеры, мм	16х4	20х4	25х4	30х4	40х4	50х5	60х6	80х8
Масса, 1 м, кг	0,50	0,63	0,79	0,94	1,288	1,96	2,83	5,02

Таблица 1.5.4. *Круглая горячекатаная сталь (ГОСТ 2590-88)*

Диаметр, мм	6	8	10	12	16	18	20	24	25	30
Площадь поперечного сечения, мм	28,3	50,3	78,5	111,0	800,7	254,3	314,0	452,0	488,0	707,0
Масса 1 м, кг	0,22	0,40	0,62	0,89	1,58	2,02	2,47	3,55	3,85	5,55

Таблица 1.5.5. *Проволока стальная круглая катаная (катанка)*

Диаметр, мм	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8,0	9,0
Масса, 1м,кг	0,098	0,154	0,187	0,222	0,260	0,320	0,347	0,395	0,499

Таблица 1.5.6. *Швеллеры (ГОСТ 5267.1-90)*

Номер швеллера	Ширина, мм	Длина полки, мм	Толщина стенки, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Масса, 1 м, кг
5	50	32	4,4	6,16	4,84
6,5	65	36	4,4	7,51	5,9
8	80	40	4,5	8,98	7,06
10	100	46	4,5	10,9	8,59
12	120	52	4,8	13,3	10,4
14	140	58	4,9	15,6	12,3
16	160	64	5	18,1	14,2
18	180	70	5,1	20,7	16,3
20	200	76	5,2	23,4	18,4

Таблица 1.5.7. *Сталь листовая горячекатаная (ГОСТ 14918-80)*

Размеры листа, мм								
толщина, мм	длина листа при ширине, мм							
	600	650	700	800	900	1000	1250	1400
0,5	1200	1400	1420	—	—	—	—	—
1	2000	2000	1420	1600	1800	2000	—	—
2	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

**Таблица 1.5.8. Болты с шестигранной головкой нормальной точности
(ГОСТ 1759.0-87)**

Размеры болта, мм				
диаметр резьбы	шаг резьбы		высота головки	размер под ключ
	крупный	мелкий		
6	1	—	4	10
8	1,25	1	5,5	13
10	1,5	1,25	7	17
12	1,75	1,25	8	19
14	2	1,5	9	22
16	2	1,5	10	24
18	2,5	1,5	12	27
20	2,5	1,5	13	30

Примечание. Длина болтов в зависимости от диаметра может быть от 50 до 300 мм, а длина резьбы в зависимости от длины болтов - от 18 до 72 мм.

Таблица 1.5.9. Шайбы специальные для болтовых соединений алюминиевых шин (ГОСТ 6958-78)

Тип	Размер, мм		
	наружный диаметр	внутренний диаметр	толщина
A-8	18	8,5	3
A-10	24	10,5	4
A-12	28	12,5	4
AC-12	32	12,5	4
AC-16	40	16,5	6

Примечание. Каждый тип шайб имеет два климатических исполнения: У2 (для районов с умеренным климатом) и Т2 (для районов с тропическим климатом).

**Таблица 1.5.10. Винты с полукруглой головкой нормальной точности
(ГОСТ 1759.4-87)**

Размеры винта, мм				
диаметр резьбы	крупный шаг резьбы	диаметр головки	высота головки	ширина шлица
2	0,45	4	1,4	0,5
2,5	0,45	5	1,7	0,5
3	0,5	6	2,1	0,8
4	0,7	8	2,8	1,0
5	0,8	10	3,5	1,2
6	1	12	4,2	1,6
8	1,25	16	5,6	2

Примечания: 1. Длина винтов в зависимости от диаметра может быть от 3 до 16 мм, а длина резьбы в зависимости от длины винтов - от 3 до 16 мм. 2. Винты диаметром 8 мм могут иметь также мелкий (1 мм) шаг резьбы.

Таблица 1.5.11. Шайбы обыкновенные (ГОСТ 18123-82)

Диаметр резьбы крепёжной детали, мм	Размеры шайбы, мм		
	наружный диаметр	внутренний диаметр	толщина
2,0	5	2,2	0,3
2,5	6,5	2,7	0,5
3	7	3,2	0,5
4	9	4,3	0,8
5	10	5,3	1,0
6	12,5	6,4	1,6
8	17	8,4	1,6
10	21	10,5	2,0
12	24	13	2,5
14	28	15	2,5
16	30	17	3,0
18	34	19	3,0
20	37	21	3,0

Таблица 1.5.12. Шайбы-звездочки для присоединения алюминиевых проводов к выводам аппаратов (ГОСТ 10463-81)

Тип	Винт	Сечение провода, мм ²	Размеры, мм			Эскиз
			D	d ₁	d ₂	
У15УЗ	М4	2,5	9,5	4,2	8	
У15ТЗ	М4	2,5	9,5	4,2	8	
У16УЗ	М5	4	10,5	5,2	9	
У16ТЗ	М5	4	10,5	5,2	9	
У19УЗ	М6	6	13	6,3		
У19ТЗ	М6	6	13	6,3		

Таблица 1.5.13. Шайбы пружинные (ГОСТ 6402-70)

Диаметр резьбы болта или винта, мм	Размеры шайб, мм, видов					Эскиз
	d	легкие (Л)		нормальные (Н)	тяжелые (Т)	
		S	b	S=b	S=b	
3	3,1	0,6	1,0	0,8	1,0	
4	4,1	1,0	1,4	1,2	1,4	
5	5,1	1,2	1,6	1,4	1,6	
6	6,1	1,4	2,0	1,6	2,0	
8	8,1	1,6	2,5	2,0	2,5	
10	10,1	2,0	3,0	2,5	3,0	
12	12,1	2,5	3,5	3,0	3,5	
14	14,2	3,0	4,0	3,5	4,0	

Таблица 1.5.14. Трубы стальные (ГОСТ 3262-75)

Условный проход, мм	Разьба, дюйм	Водогазопроводные												Электросварные прямшовные			
		легкие		обыкновенные		усиленные		под накатку резьбы				нагрузки			толщина стенок, мм	толщина стенок, мм	масса 1 м, кг
		толщина стенок, мм	масса 1 м, кг	толщина стенок, мм	масса 1 м, кг	толщина стенок, мм	масса 1 м, кг	нагрузки, мм	толщина стенок, мм	толщина стенок, мм	нагрузки, мм	толщина стенок, мм	толщина стенок, мм	нагрузки, мм			
15	1/2	2,35	1,10	—	1,28	—	—	20	2,5	1,08	—	—	—	20	1,6	0,726	
15	1/2	2,5	1,16	2,8	1,43	—	—	—	—	—	—	—	—	20	1,8	0,808	
20	3/4	2,35	1,42	—	—	—	—	26	2,5	—	—	—	—	26	1,8	1,07	
20	3/4	2,5	1,50	2,8	1,66	3,2	1,86	32	—	—	—	—	—	26	2,0	1,18	
25	1	2,8	2,12	3,2	2,39	4,0	2,91	41	2,8	2,02	—	—	—	33	2,0	1,53	
32	1 1/4	2,8	2,73	3,2	3,09	4,0	3,78	47	3,0	2,64	—	—	—	42	2,0	1,97	
40	1 1/2	3,0	3,33	3,5	3,84	4,0	4,34	59	3,0	3,26	—	—	—	48	2,0	2,27	
50	2	3,0	4,22	3,5	4,88	4,5	6,16	74	3,0	4,14	—	—	—	60	2,5	3,55	
65	2 1/2	3,2	5,71	4,0	7,05	4,5	7,88	—	3,2	5,59	—	—	—	73	2,5	4,35	
80	3	3,5	7,34	4,0	8,34	4,5	9,32	—	—	—	—	—	—	89	2,5	5,33	
90	3 1/2	3,5	8,44	4,0	9,60	4,5	10,74	—	—	—	—	—	—	102	2,8	6,85	
100	4	4,0	10,85	4,5	12,15	5,0	13,44	—	—	—	—	—	—	114	2,8	7,68	

Примечания: 1. Водогазопроводные трубы под накатку резьбы изготавливают по заказу потребителя. 2. По согласованию с изготовителем легкие трубы поставляют с накатанной резьбой. 3. Условное обозначение стальных труб:

обыкновенная немерной длины с условным проходом 20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, без резьбы и муфты
«Труба 20х2,8 ГОСТ 28548-90»;

то же, с муфтой
«Труба М-20х2,8 ГОСТ 28548-90»;

то же, мерной длины (4000 мм) с резьбой

то же, с цинковым покрытием, немерной длины с резьбой
«Труба Р-20х2,8 - 4000 ГОСТ 28548-90»;

«Труба Ц-Р-20х2,8 ГОСТ 28548-90»

(для легких труб под накатку резьбы после слова «труба» ставится буква Н).

Таблица 1.5.15. Металлические гибкие негерметичные рукава РЗ-Ц-Х:

условного прохода	Диаметр, мм		Допустимый наименьший радиус изгиба, мм	Масса 1 м, кг	Диаметр соединительной трубки, мм
	внутренний	наружный			
15	14,6	19	120	0,26	14
18	17,5	22,4	150	0,33	17
20	19	25	170	0,38	18
22	21	27	200	0,46	20
25	24	30	200	0,52	23
29	28,5	33,6	250	0,60	27
32	31	37	350	0,62	29
38	37	43	350	0,82	35
50	48,5	57,5	450	1,30	46

Таблица 1.5.16. Трубы стальные безрезьбовых соединений и с накатанной резьбой

Наименование	Диаметр, мм		Масса 1 м, кг
	наружный	внутренний	
Водогазопроводные легкие допускающие накатку резьбы (ГОСТ 3262-75)	20	15	1,1
	26	20	1,5
	32	25	2,2
	41	32	2,6
	47	40	3,3
	59	50	4,1
Электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91)	74	65	5,6
	20	16	0,9
	25	21	1,1
	32	28	1,5
	40	36	1,9
	51	47	2,4
	57	53	2,7
	73	68	4,3
89	84	5,3	
Электросварные для электропроводов (ГОСТ 10705-80)	102	97	6,1
	16	13	0,5
	20	13	0,7
	25	22; 21	0,9; 1,1
	32	29; 28	1,1; 1,5
	40	37; 36	1,4; 1,9
	51	48; 47	1,8; 2,4
57	54; 53	2; 2,7	

Таблица 1.5.17. Объем древесины опор ВЛ, м³ (ГОСТ 9462–88, ГОСТ 9463–88, ГОСТ 2708–75)

Верхний диаметр столба, см	Длина столба, м								
	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	11	13
12	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	—	—
13	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	—	—
14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,28	0,37
15	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25	0,30	0,25
16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,36	0,46
17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,40	0,50
18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35	0,44	0,56
19	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,36	0,38	0,48	0,62
20	0,26	0,28	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,51	0,67
21	0,28	0,31	0,33	0,36	0,40	0,42	0,46	0,56	0,70
22	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,50	0,61	0,73
23	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,51	0,54	0,66	0,85
24	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,58	0,71	0,91
25	0,39	0,43	0,47	0,50	0,54	0,59	0,62	0,77	0,98

[Л16.с.84]

1.5.2. Проводниковые материалы, припой и флюсы.

К проводниковым материалам относятся металлы и их сплавы. Чистые металлы имеют удельное сопротивление $\rho = 0,015...0,105$ мкОм.м, обладают хорошей проводимостью и пластичностью. Сплавы обладают более высоким удельным сопротивлением $\rho = 0,3...1,8$ мкОм.м, более упруги и имеют большую механическую прочность. (Табл. 1.5.18 — 1.5.20).

Механическая холодная обработка металлов (прокатка, волочение) повышают их прочность и удельное сопротивление. Если необходимо вернуть деформированным металлическим проводникам прежнюю проводимость, их подвергают термической обработке (отжигу) без доступа кислорода.

Для соединения проводников пайкой и сваркой применяют припой и флюсы. (Табл. 1.5.21 — 1.5.28.).

Таблица 1.5.18. Проводниковые материалы (ГОСТ 22265-76)

Материал	Плотность (кг/м ³) · 10 ³	Температура плавления °С	Предел прочности на растяже- ние при 20°С, 10 ⁷ Па* (10 ² кгс/см ²)	Удельное электрическое сопротивление при 20°С, Ом · м · 10 ⁻⁶	Средний температурный коэффициент сопротивления от 0 до 100°С, 1/°С	Применение
Алюминий	2,7	660	8-25	0,026-0,028	4 · 10 ⁻³	Провода, кабели, шины, про- водники короткозамкнутых роторов, корпуса и подшипни- ковые щиты малых электро- машин
Бронза	8,3-8,9	885-050	31-135	0,021-0,052	4 · 10 ⁻³	Кадмиевая бронза — контак- ты, фтористая — пружины
Латунь	8,4-8,7	900-960	30-70	0,03-0,08	2 · 10 ⁻³	Контакты, зажимы
Медь	8,7-8,9	1080	27-45	0,0175-0,0182	3 · 10 ⁻²	Провода, кабели, шины
Олово	7,3	232	2-5	0,114-0,120	4,4 · 10 ⁻³	Припой для лужения и пай- ки в сплаве со свинцом
Свинец	11,34	327	0,95-2,0	0,217-0,222	3,8 · 10 ⁻³	Защитная оболочка кабелей, вставки предохранителей, пла- стины аккумуляторов; припой в сплаве с оловом для луже- ния и пайки
Серебро	10,5	960	15-30	0,0160-0,0162	3,6 · 10 ⁻³	Контакты электроприборов и аппаратов
Сталь	7,8	1400	70-75	0,103-0,137	62 · 10 ⁻²	Шины, шины заземления
Никель	8,9	1451		0,072		

* Па—ньютон, деленный на квадратный метр.

Таблица 1.5.19. Сплавы с большим удельным сопротивлением (ГОСТ 22265-76)

Материал	Плотность (кг/м ³) · 10 ³	Температура плавления, °С	Наибольшая рабочая температура, °С	Удельное элект- рическое сопротивление при 20 °С, Ом · м · 10 ⁻⁶	Коэффициент температурного сопротивления при 20°С, 1/°С	Примечание
Нихром	8,2	1360	1000	1,1	1,7 · 10 ⁻⁴	Лабораторные и про- мышленные электропе- чи с рабочей темпера- турой 900°С
Фехраль	7,6	1450	850	1,2	5 · 10 ⁻⁵	Бытовые электронна- гревательные и промыш- ленные электропечи с рабочей температурой до 650°С
Константан	8,8	1270	450-500	0,5	(0,2-5) · 10 ⁻³	Реостаты и резисто- ры приборов низкого класса точности. Нагре- вательные элементы с температурой до 450°С
Манганин	8,3	940	250-300	0,46	±(3-6) · 10 ⁻⁵	Эталонные и образ- цовые сопротивления, магазины сопротивле- ний и сопротивления приборов высокой точ- ности
Нейзильбер	8,4	1050	200-250	0,35	2,9 · 10 ⁻⁶	Реостаты

Таблица 1.5.20. Проволока для резисторов (ГОСТ 22265-76)

Диаметр, мм	Сечение, мм	Никелин		Константан		Нихром	
		сопротив- ление при 20°C, Ом/м	масса 1м, г	сопротив- ление при 20°C, Ом/м	масса 1м, г	сопротив- ление при 20°C, Ом/м	масса 1м, г
0,1	0,00785	53,5	0,069	59,24	0,07	—	—
0,5	0,1964	2,14	1,73	2,368	1,748	5,6	1,61
1,0	0,7854	0,5348	6,91	0,5921	6,99	1,41	6,444
2,0	3,14	0,1337	27,8	0,1480	27,96	0,35	25,76

Примечание. Данные этой таблицы приведены для сведения, необходимые при последующей перезарядке резисторов.

Припой и флюсы (ГОСТ 19248-90)

При пайке медных жил, а также проводников заземления к броне и свинцовой оболочке кабелей используют паяльную пасту, состоящую из следующих компонентов (в мас. ч.): канифоли — 10, животного жира — 3, хлористого аммония — 2, хлористого цинка — 1, воды или этилового спирта (ректификат) — 1. Припой и флюсы приведены в табл. 1.5.21 — 1.5.28.

Таблица 1.5.21. Припой для пайки алюминия и его сплавов

Марка	Химический состав, % по массе	Температу- ра плавления, °C	Температу- ра пайки, °C	Область применения
П250А	Олово — 60, кадмий — 40	250	300	Лужение и пайка кон- цов алюминиевых прово- дов
П300А	Цинк — 60, кадмий — 40	310	360	Пайка соединений, сра- щивание алюминиевых проводов круглого и пря- моугольного сечения при намотке обмоток транс- форматоров
П300Б	Цинк — 60, алюминий — 12, медь — 28	410	750	Пайка заливкой алюми- ниевых проводов с алю- миниевыми и медными детальями
П34А	Алюминий — 66, медь — 28 кремний — 6	525	650	Пайка изделий из алю- миния и его сплавов

Таблица 1.5.22. Припои оловянно-свинцовые для пайки меди и ее сплавов (ГОСТ 19248-90)

Марка	Состав, %				Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Электрическая проводимость, % проводимости меди	Область применения
	олово	медь	цинк	серебро				
ПОС-61	61	—	—	—	190	240	12	Лужение, пайка меди и ее сплавов, токопроводящих частей обмоток электромашин, электро и радиоаппаратуры, где недопустим перегрев деталей То же для мелких (менее 0,2 мм) деталей Пайка коллекторов, сборных секций, бандажей, токопроводящих соединений электрических машин, аппаратов и деталей электрооборудования Пайка бандажей коллекторов и секций электрических машин, приборов, жестяных деталей Пайка меди и ее сплавов, проводов, кабелей, бандажей и деталей аппаратуры Лужение и пайка электроаппаратуры, токопроводящих частей из меди, латуни, бронзы Пайка наконечников, отводов трансформаторов и электроаппаратуры, работающей при повышенной температуре Пайка деталей из меди и ее сплавов Пайка меди, бронзы, томпака (латуни) и стали Пайка и лужение меди, медных сплавов никеля, нейзильбера, бронзы и сталей
ПОС-61М	61	2	—	—	192	240	12,3	
ПОССу-95-5	95	—	—	—	140	290	12,5	
ПОССу-40-2	39...41	—	—	—	235	288	10,4	
ПОССу-30-2	29...31	—	—	—	255	305	9,8	
ПОС-40	39...41	—	—	—	238	290	11,1	
ПОС-30	29...31	—	—	—	255	310	9,7	
ПОСК50-18	49...51	—	—	—	145	185	13,2	
ПМЦ54	—	52-56	Остальное	—	880	980	10,2	
ПСр2,5	5,5	—	—	2,5	306	355	12,3	

П р и м е ч а н и я. 1. Оловянно-свинцовые припои выпускаются в виде слитков, прутков, проволоки, ленты, трубок. 2. Сурьмянистые припои не рекомендуются применять для пайки цинковых и оцинкованных деталей.

Таблица 1.5.23. Флюсы для пайки меди и ее сплавов

Марка	состав, %				
	канифоль	этиловый спирт	триэтанол-амин	солянокислый диэтиламин	салициловая кислота
ФКСп	10-60	90-40	—	—	—
ФКТС	15-30	81-65	1-1,5	—	3-3,5
КСп	—	—	—	—	—
ЛТИ-120	20-25	70-68	1-2	3-5	—

Таблица 1.5.24. Припои для пайки алюминия

Марка	Состав, %				Температура плавления, °С	Примечание
	олово	цинк	медь	алюминий		
А	40	58-58,5	2-1,5	—	400-425	Лужение и пайка оболочек и жил Пайка жил То же
ЦО-12	12	88	—	—	500-550	
ЦА-15	—	85	—	15	550-600	

Таблица 1.5.25. Флюсы для сварки алюминия

Марка	Состав, %					Температура плавления, °С	Примечание
	хлористый калий	хлористый натрий	хлористый литий	фтористый натрий	криолит марки К-1		
ВАМИ	50-55	30-35	—	—	10-20	630	Оконцевание жил, проводов и кабелей Только для соединения жил кабелей в муфтах
АФ-4А	50	28	14	8	—	Около 600	

Таблица 1.5.26. Флюсы для пайки твердыми припоями (ГОСТ 19250-73)

Химический состав, % по массе	Область применения
Прокаленная бура	Пайка меди, медных сплавов, никеля и углеродистых сталей
Борный ангидрид - 35, фтористый калий - 42, фтороборат - остальное	Пайка изделий из меди, латуни, бронзы серебряными припоями
Фтористый калий - 10, хлористый цинк - 8, калий - остальное	При пользовании алюминиевыми припоями
Плавненная бура - 50, борная кислота - 50	Пайка меди, латуни, бронзы медными и медно-цинковыми припоями

**Таблица 1.5.27. Флюсы для пайки мягкими припоями
(ГОСТ 8713-79)**

Марка или название флюса	Химический состав, % (по массе)	Область применения
Светлая канифоль КЭ	Эфиры смоляных кислот Канифоль—25...300, спирт этиловый—75...700	Пайка токопроводящих частей из меди, латуни и бронзы То же
ВТС	Вазелин—63, триэтанолламин—6,5, кислота салициловая—6,3, спирт этиловый—21,2	Пайка проводниковых изделий из меди, латуни, алюминия, бронзы, константана, маганина, серебра
ФВ—3	Фтористый натрий—8, хлористый цинк—16, хлористый литий—36, хлористый калий—40	Пайка изделий из алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями
Водный раствор хлористого цинка ФТКА	Хлористый цинк—40 вода—60 Фтороборат кадмия—10, фтороборат аммония—8, триэтанолламин—82	Пайка изделий из стали, меди, латуни и бронзы Пайка алюминиевых проводов с медными

Таблица 1.5.28. Флюсы

Наименование	Компоненты, мас. ч.	Примечание
Паяльная кислота	Травленая цинком соляная кислота	Для пайки изделий из меди, латуни и стали
Паяльная мазь	Канифоль—54, животный жир—26, нашта- тырь—10, хлористый цинк—5, вода—5	Для пайки свинцовых муфт и медных жил проводов и кабелей
Паяльная мазь	Вазелин—65, канифоль—25, животный жир—5, хлористый цинк—20, нашта- тырь—2, вода—5,5	То же
Канифоль	Канифоль—100	То же
Стеарин	Стеарин—100	Для охлаждения шеек свин- цовых муфт при пайке

1.5.3. Электроизоляционные материалы

(ГОСТ 27905.1-88; ГОСТ 27905.2-88; ГОСТ 27905.3-88)

1. Классификация электроизоляционных материалов

Электроизоляционными материалами (диэлектриками) называют такие материалы, с помощью которых осуществляют изоляцию каких-либо токопроводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами. Электроизоляционные материалы обладают очень большим электрическим сопротивлением. Так, например, их удельное объемное сопротивление $\rho_v = 10^{10} - 10^{20}$ Ом·см, а у проводников оно составляет лишь $10^{-6} - 10^{-4}$ Ом·см.

По химическому составу электроизоляционные материалы делят на органические и неорганические. Основным элементом в молекулах всех органических материалов является углерод. В неорганических материалах углерод не содержится. Наибольшей нагревостойкостью обладают неорганические электроизоляционные материалы: слюда, керамика и др.

По способу получения различают естественные (природные) и синтетические электроизоляционные материалы. Синтетические материалы могут быть созданы с заданным комплексом электрических и физико-химических свойств, поэтому они нашли широкое применение в электротехнике.

По строению молекул электроизоляционные материалы делят на нейтральные и полярные.

Нейтральные диэлектрики состоят из электрически нейтральных молекул, которые до воздействия на них электрического поля не обладают электрическими свойствами, например полиэтилен, фторопласт-4 и др.

Среди нейтральных выделяют ионные кристаллические диэлектрики (слюда, кварц и др.), в которых пара ионов составляет электрически нейтральную частицу. Ионы располагаются в узлах кристаллической решетки. Каждый ион находится в колебательном тепловом движении около центра равновесия — узла кристаллической решетки.

Полярные диэлектрики состоят из полярных молекул-диполей. Последние вследствие асимметрии своего строения обладают начальным электрическим моментом еще до воздействия на них электрического поля. Полярными диэлектриками являются совол, поливинилхлорид и др. По сравнению с нейтральными диэлектриками полярные имеют повышенные значения диэлектрической проницаемости, а также несколько повышенную проводимость.

По агрегатному состоянию диэлектрики делят на газообразные, жидкие и твердые.

К электроизоляционным материалам относятся: волокнистые — бумага, картон, лакоткани; слюдяные и слоистые — миканит, слюдиниты, текстолит, гетинакс, стеклотекстолит; электрокерамические — электрофарфор, стеалит, тиконды, термоконды; жидкие диэлектрики — минеральные масла, синтетические жидкости, растительные масла; заливочные и пропиточные электроизоляционные составы (компаунды); электроизоляционные лаки и эмали — масляные, кремнийорганические, глифталево-масляные и др. (см. табл. 1.5.29 ... 1.5.65.).

2. Механические характеристики диэлектриков

Механическая прочность электроизоляционных и других электротехнических материалов оценивается с помощью механических характеристик. Последние вычисляют при испытании образцов определенных размеров и формы.

Предел прочности материала при растяжении σ_p вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0} \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \quad (1.5.1)$$

где P_p — разрушающее усилие при растяжении (разрыве) образца материала, кгс; S_0 — площадь поперечного сечения образца материала до испытания, см^2 .

Относительное удлинение при растяжении e_p вычисляют по формуле

$$e_p = \frac{\Delta l_p}{l_0} \cdot 100\% \quad (1.5.2)$$

где Δl_p — абсолютная величина удлинения образца материала в момент разрыва, мм; l_0 — длина материала до испытания (разрыва), мм.

Предел прочности материала при сжатии σ_c вычисляют по формуле

$$\sigma_c = \frac{P_c}{S_0} \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, \quad (1.5.3)$$

где P_c — разрушающее усилие при сжатии образца материала, кгс; S_0 — площадь поперечного сечения образца материала до испытания, см^2 .

Предел прочности материала при статическом изгибе $\sigma_{и}$ вычисляют по формуле

$$\sigma_{и} = 1,5 \frac{P_{и} L}{bh^2} \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, \quad (1.5.4)$$

где $P_{и}$ — разрушающее усилие, приложенное посередине образца (бруса) при изгибе, кгс; L — расстояние между опорами, на которых располагается образец в испытательной машине, см; b — ширина образца, см; h — толщина образца, см.

Ударная вязкость* a (предел прочности образца при динамическом изгибе) вычисляют по формуле

$$a = \frac{A_{уд}}{S_0} \frac{\text{кгс}\cdot\text{см}}{\text{см}^2}, \quad (1.5.5)$$

где $A_{уд}$ — работа, затраченная на разрушение образца материала при ударном изгибе, кгс·см; S_0 — площадь поперечного сечения образца материала до его испытания, см^2 .

Сопротивление раскалыванию, определяемое у слоистых пластмасс (гетинакс и др.), представляет собой усилие (кгс), приложенное к стальному клину с углом 60° при вершине, который входит в образец слоистого материала вдоль его слоев. Размер образцов $15 \times 15 \text{ мм}^2$ и толщина 10 мм. Сопротивление раскалыванию характеризует прочность склейки слоев слоистых пластмасс.

* В СИ ударная вязкость измеряется в Дж/м².

3. Газообразные диэлектрики

Газообразными диэлектриками являются все газы, в том числе воздух *, широко используемый в электротехнических установках. Электропроводность газообразных диэлектриков обусловлена наличием в них свободных электрически заряженных частиц — электронов и ионов.

При приложении к слою газа электрического напряжения в нем возникает ток проводимости. С дальнейшим повышением напряжения наступает пробой газа. Пробой в однородном электрическом поле происходит в виде искрового разряда (искры), соединяющего металлические электроды, помещенные в газовой среде. Явление пробоя газообразных диэлектриков в однородном электрическом поле описывается законом Пашена, согласно которому пробивное напряжение ($U_{пр}$) всякого газообразного диэлектрика (газа) есть функция произведения давления газа (p) на толщину (h) слоя газа

$$U_{пр} = F(ph) \quad (1.5.6.)$$

Согласно закону Пашена пробивное напряжение всякого газообразного диэлектрика возрастает пропорционально произведению давления газа на толщину слоя газа (рис. 1.5.1.).

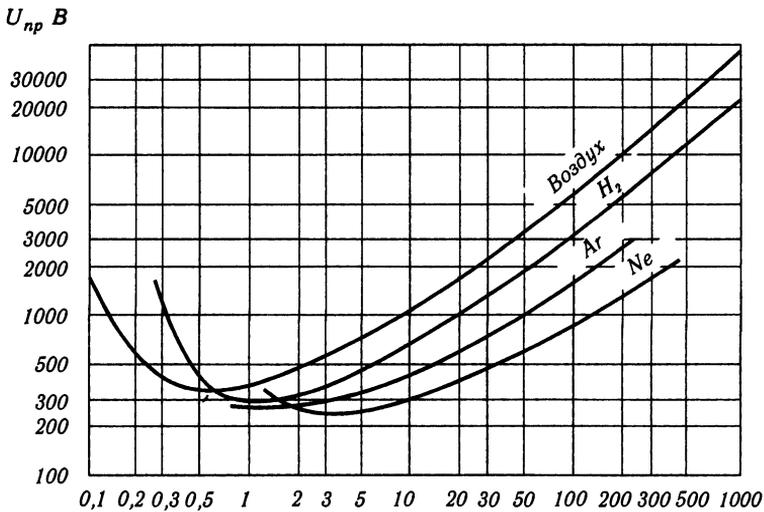


Рис. 1.5.1. Зависимость пробивного напряжения газов от произведения: давление газа на толщину слоя газа (поле однородное)

* В состав воздуха входят пары воды и газы: азот(78%), кислород (20,99%), углекислый газ (0,03%), аргон (0,9325%), водород (0,01%), неон (0,0018%), гелий, криптон и ксенон (в сумме составляют десятитысячные доли процента) — по объему.

Пробивное напряжение увеличивается с увеличением давления газа и толщины слоя газа*. С уменьшением же давления газа и расстояния между электродами пробивное напряжение $U_{пр}$ уменьшается, но, пройдя минимум, оно снова возрастает (отклонение от закона Пашена). Поэтому величина электрической прочности $E_{пр}$ для любого газа возрастает с уменьшением расстояния между электродами (рис. 1.5.2.).

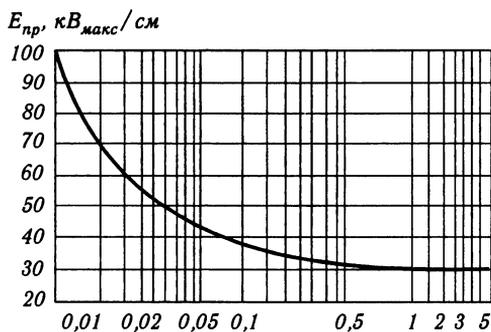


Рис. 1.5.2. Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами при нормальных атмосферных условиях (поле однородное)

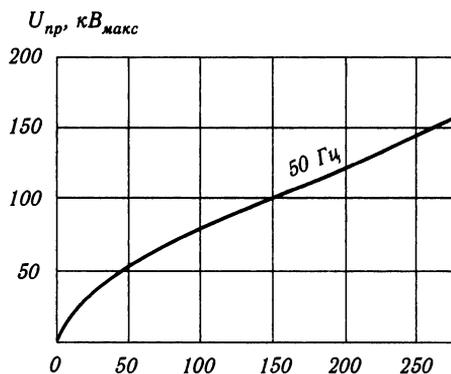


Рис. 1.5.3. Зависимость пробивного напряжения воздуха от расстояния между электродами: острое — острое при нормальных атмосферных условиях ($p = 760$ мм рт. ст., $t = 20^\circ\text{C}$, влажность $v = 11$ г/м³)

Начиная с расстояния 2 см и выше, значения $E_{пр}$ стремятся к постоянной величине. При расстояниях между электродами (однородное поле) 1–3 см электрическая прочность воздуха принимается равной 30 кВ_{макс}/см (21,3 кВ_{действ}/см).

Пробой газообразных диэлектриков в неоднородных электрических полях проходит ряд промежуточных стадий неполного пробоя газа (электрическая корона, кистевой разряд).

Типичными электродами, образующими неоднородные (неравномерные) электрические поля, являются острое — плоскость; острое — острое; цилиндр внутри цилиндра и др. Наибольшая неоднородность электрического поля создается между электродами острое — плоскость.

На пробой газа в неравномерных электрических полях оказывают влияние степень неравномерности поля, полярность и форма электродов (рис. 1.5.3.).

* Точное выражение закона Пашена

$$U_{пр} = \frac{Aph}{\ln \frac{Bph}{\ln \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)}}, \quad (1.5.7.)$$

где А и В — коэффициенты, зависящие от состава газа; γ — коэффициент ударной ионизации иона о катод; p — давление (мм рт.ст.); h — толщина (см) слоя газа.

Для ориентировочных подсчетов величины пробивного напряжения воздуха пользуются эмпирическими формулами для электродов острие — острие. Так, для переменного напряжения частотой 50 Гц при $p = 760$ мм.рт.ст.; $t = 20^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 65% при расстояниях между электродами $h > 30$ см

$U_{\text{пр}} = 15 + 3,8 h_k$ В — для электродов, изолированных от земли;

$U_{\text{пр}} = 15 + 3,6 h_k$ В — для тех же электродов, но один из которых заземлен.

При расстоянии $h < 30$ см для определения $U_{\text{пр}}$ можно пользоваться графиком, изображенным на рис. 1.5.3.

Пробивное напряжение газообразных диэлектриков возрастает с увеличением их плотности, зависящей от давления и температуры. Так, если пробивное напряжение воздуха при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 20°C равно $U_{\text{пр}}$, то при давлении $p_{\text{и}}$, температуре $t_{\text{и}}$ оно будет

$$U_{\text{пр}_{\text{и}}} = U_{\text{пр}_{\delta}} = U_{\text{пр}} \frac{p_{\text{и}}(273 + 20)}{760(273 + t_{\text{и}})}, \quad (1.5.8.)$$

где $p_{\text{и}}$ — давление воздуха в условиях испытания; $t_{\text{и}}$ — температура воздуха в условиях испытания;

$$\delta = \frac{p_{\text{и}}(273 + 20)}{760(273 + t_{\text{и}})} - \text{относительная плотность воздуха} \quad (1.5.9.)$$

Для сравнения результатов испытаний по пробое воздушных промежутков полученные величины пробивных (разрядных) напряжений необходимо приводить к нормальным атмосферным условиям ($p = 760$ мм рт.ст.; $t = 20^\circ\text{C}$), согласно формуле

$$U_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}_{\text{и}}}}{\delta},$$

где $U_{\text{пр}_{\text{и}}}$ — пробивное напряжение в условиях испытания.

Влажность газообразных диэлектриков также оказывает влияние на величину их пробивного напряжения, которое возрастает с увеличением влажности газа, но только до наступления полного насыщения воздуха влагой (точка росы). Образование капелек воды на электродах в газе вызывает понижение пробивного напряжения газа.

У воздуха заметное влияние влажности на величину $U_{\text{пр}}$ наблюдается главным образом в неоднородных полях.

За нормальную абсолютную влажность воздуха принимается $\gamma = 11$ г/м³.

Повышения разрядных напряжений газообразных диэлектриков можно достигнуть посредством установки в промежутках между электродами барьеров из листовых электроизоляционных материалов (электротехнический картон и др.).

При пробое газа у поверхности твердого диэлектрика наблюдается снижение пробивного напряжения $U_{\text{пр}}$ газа (рис. 1.5.4.).

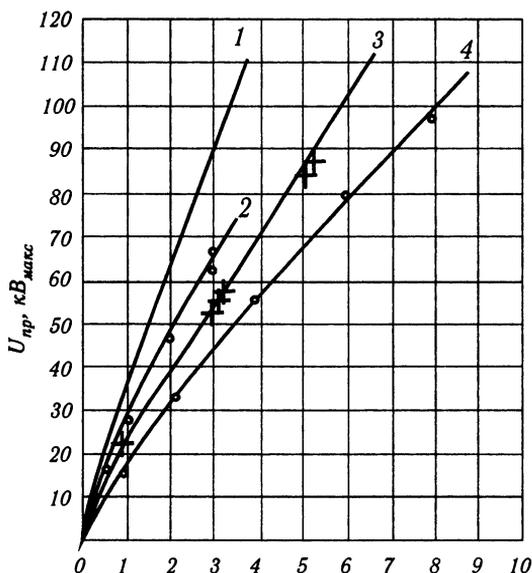


Рис. 1.5.4. Зависимость пробивного напряжения воздуха (при нормальных атмосферных условиях) от расстояния между электродами в присутствии твердого диэлектрика (сплошной цилиндр, зажатый между двумя электродами-дисками, диаметр цилиндра 50 мм). Переменное напряжение 50 Гц:

1 — пробой воздуха при отсутствии твердого диэлектрика; 2 — пробой воздуха при наличии парафинового цилиндра; 3 — пробой воздуха при наличии фарфорового цилиндра; 4 — пробой воздуха при наличии цилиндра из фибры.

Наибольшее снижение $U_{пр}$ наблюдается в случае пробоя газа у поверхности твердого диэлектрика, хорошо смачиваемого влагой (фибра и др.). Некоторого повышения $U_{пр}$ в этих случаях можно достигнуть, применяя плохо смачиваемые водой (гидрофобные) диэлектрики, а главное — разработкой электроизоляционных конструкций (изоляторов и др.), в которых затруднено развитие скользящих разрядов по поверхности твердого диэлектрика. В табл. 1.5.29. приведены основные характеристики газообразных диэлектриков, используемых в электротехнике.

Таблица 1.5.29. Основные характеристики газообразных диэлектриков

Газ	Химическая формула	Плотность при 0°C и 760 мм рт. ст., кг/м ³	Диэлектрическая проницаемость	Электрическая прочность (однородное поле), кВ/мм	Коэффициент теплопроводности при 20°C, Вт/м·град	Теплоемкость, Дж/кг·град	Температура кипения при 760 мм рт. ст., °C
Воздух	Смесь газов	1,2928	1,00058	3	0,025537	1006,5	-198,0
Азот	N ₂	1,2507	1,00058	3	0,24426	1041,8	-195,8
Водород	H ₂	0,0898	1,00027	1,8	0,174450	14285,8	-252,8
Углекислый газ	CO ₂	1,9768	1,00096	2,7	0,02826	843,64	-78,5
Элегаз	SF ₆	6,4851	1,00191	7,2	0,03198	597,39	-68,8
Фреон	CCl ₂ F ₂	0,54306	—	7,8	0,01046	962,96	-29,8

4. Твердые электроизоляционные материалы

Наиболее распространенными являются твердые электроизоляционные материалы, в частности фарфор, миканит, асбест и др.

Электротехнический фарфор имеет высокую электрическую прочность и теплостойкость. В состав смеси, из которой формуют фарфоровые изделия, входит каолин, огнеупорная глина, кварц и полевоы шпат. При изготовлении изоляторов фарфор обжигают и покрывают стекловидной глазурью для придания механической прочности и влагостойкости.

В качестве электроизоляционного материала часто применяется миканит, который представляет собой отдельные слои (листочки) слюды, склеенные один с другим. Слюда имеет очень высокую электрическую прочность, в то же время обладает высокой нагревостойкостью и влагостойкостью.

Асбест — природный волокнистый материал, используемый для изготовления ткани, шнуров, картона. Он обладает высокой теплостойкостью и при 400° С не меняет своих свойств. Благодаря этому качеству асбест широко применяют для изоляции в электрических машинах и аппаратах. Асбестовый картон марки КАЭ выпускают толщиной до 10 мм листами и используют в качестве нагревостойких прокладок в электрооборудовании.

Если асбестовые волокна спрессовывают холодным способом цементом, получается высокотеплостойкий, прочный и негорючий материал — асбоцемент. Асбоцементные обработанные плиты, выпускаемые толщиной от 10 до 40 мм и размером 700 x 1200 мм, применяют для изготовления деталей электрооборудования, подвергающихся воздействию высоких температур и электрической дуги, а также в качестве электроизоляционного материала для изготовления панелей щитов, сборок и оснований электрических аппаратов.

В электротехнике широко применяют электроизолирующую бумагу, получаемую в результате специальной обработки древесины. Эту бумагу используют в качестве электроизоляционного материала для изготовления конденсаторов, кабелей, гетинакса, бакелита, для изоляции листов электротехнической стали и т.д.

Гетинакс — прессованная бумага, пропитанная бакелитовым лаком, выпускается в виде плит толщиной от 2 до 50 мм и применяется для изготовления деталей и панелей щитков, панелей и каркасов для работы в трансформаторном масле. (табл. 1.5.30.).

Бакелит — смолистое, искусственно получаемое вещество, которое размягчается при температуре около 80°С, растворяется в спирте и ацетоне и применяется для получения пластических масс.

Текстолит — материал, изготовленный прессованием нескольких слоев ткани, пропитанной бакелитовым лаком. Он выпускается марок А, Г и Б в виде листов толщиной до 50 мм и применяется в качестве электроизоляционного материала в трансформаторном масле и на воздухе в виде готовых изделий, а также для изготовления прокладок, панелей, колодочек. Текстолит марок А и Г обладает повышенной электрической прочностью, марки Б — более высокой механической прочностью, а изготовленный на основе стеклянной ткани (стеклотекстолит) — высокими электроизоляционными свойствами. (табл. 1.5.31.).

В электрических машинах в качестве изолирующих прокладок и каркасов широко применяют **электротехнический картон** (пресс-шпан) с лакированной поверхностью, выпускаемый толщиной 0,1 – 3 мм в рулонах и листах двух марок: ЭВ — для использования на воздухе и ЭМ — для использования в маслonaполненных аппаратах при температуре до 95°C (табл. 1.5.33.).

Для изготовления изоляционных прокладок, пазовых клиньев в электрических машинах, изолирующих оснований, а также деталей электрических аппаратов, каркасов катушек применяют **фибру** — материал, изготовленный при обработке пористой бумаги раствором хлористого цинка. Фибра хорошо поддается механической обработке и выпускается в виде листов толщиной до 12 мм (табл. 1.5.40.).

В низковольтных установках для различных электроизоляционных изделий служит **эбонит** — твердая резина, полученная добавлением 25 – 50% серы к каучуку. Он выпускается в виде плит, стержней и трубок, хорошо поддается механической обработке, но обладает невысокими электроизоляционными качествами (табл. 1.5.39.).

Электроизоляционный материал **лакоткань** получают пропиткой различных тканей лаками. Так, при пропитке хлопчатобумажной ткани получают лакоткань марки ЛХ, шелковой ткани — ЛШ, капроновой ткани — ЛК. В обозначение лакотканей может добавляться буква С (светлая), Ч (черная) или М (маслостойкая). Лакоткани выпускают толщиной до 0,24 мм и используют в виде прокладок, обертки и лент для работающей на воздухе или в масле изоляции электрических машин и аппаратов. Они обладают высокими электроизоляционными свойствами, механической прочностью, большой гибкостью и эластичностью. Лакоткань ЛХСМ, кроме того, не поддается действию трансформаторного масла и значительно повышает электрическую прочность изоляции (табл. 1.5.41 ... 1.5.43).

Таблица 1.5.30. Гетинакс электротехнический листовой (ГОСТ 2718–74Е)

Марка	Толщина, мм	Применение
I	0,2–50	Для работы на воздухе при нормальной влажности (45–75%) и температуре (15–35°C) и в трансформаторном масле при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц
II	0,4–50	То же, но с расширенными допусками по толщине
V	5–7,5	То же, но при напряжении выше 1000 В
V-1 и V-2	8–50	То же
VI	0,4–3,8	Для работы на воздухе при нормальной влажности и температуре при напряжении до 1000 В и частоте 50 Гц (с повышенной гладкой поверхностью)
VII	0,4–3,8	То же, но с улучшенным tg δ и пониженной стойкостью к кратковременному нагреву

Примечания: 1. Выпускается листами шириной 450–930 мм и длиной 700–1430 мм. 2. Длительно допустимые рабочие температуры от –60 до +105°C. 3. Пример обозначения гетинакса марки V-1 толщиной 12мм:

«Гетинакс V-1 12 ГОСТ 2718–74Е».

**Таблица 1.5.31. Текстолит электротехнический листовой
(ГОСТ 2910-74Е)**

Тип	Марка	Толщина листа, мм	Свойства и применение
171	А	0,5-50	С повышенными электрическими свойствами для работы в трансформаторном масле и на воздухе при относительной влажности 45-75%, температуре 15-35°C и частоте тока 50 Гц
	Г	0,5-50	То же, но с расширенными допусками по толщине
172	Б	0,5-50	С повышенными механическими свойствами для работы на воздухе при относительной влажности 45-75%, температуре 15-35°C и частоте тока 50 Гц
173	ВЧ	0,5-8,0	Для работы на воздухе при относительной влажности 45-75%, температуре 15-35°C и частоте тока $1 \cdot 10^6$ Гц
241	ЛТ	0,3-0,5	Для работы на воздухе при повышенной влажности ($93 \pm 2\%$), температуре 40°C и частоте тока 50 Гц

Примечания: 1. Выпускается листами шириной 450 - 980 мм и длиной 600 - 1480 мм. 2. Длительно допустимые рабочие температуры текстолита от -65 до +120°C. 3. Пример обозначения текстолита марки А толщиной 10 мм:

«Текстолит А-10,0 ГОСТ 2910-74Е»

**Таблица 1.5.32. Поливинилхлорид непластифицированный листовой
(винипласт листовой).**

Марка	Толщина листа, мм
ВН и ВНЭ	1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5
ВН	5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 9; 10; 12; 15; 18; 20

Примечание. Винипласт ВН (изготовленный прессованием) и ВНЭ (изготовленный методом экструзии) выпускается в листах размером не менее 500x800 мм.

Таблица 1.5.33. Картон электроизоляционный (ГОСТ 26858-86)

Вид	Марка	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Примечание
Рулонный и листовой	ЭВС	0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4	1,2—1,25	Пазовая изоляция автомобильных стартеров и деталей автотракторного оборудования
Рулонный	ЭВТ	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5	1,15	Изоляция деталей электромашин и аппаратов
Рулонный	ЭВ	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5	1,15	Общая изоляция и изоляция в электромашин, электроаппаратах и электрооборудовании
Листовой		1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 3	0,95—1	

Примечание. Электроизоляционный картон используется для работы на воздухе.

Таблица 1.5.34. Лента изоляционная прорезиненная (ГОСТ 28018-89)

Ширина, мм	Толщина, мм	Длина в одном круге, м	Наружный диаметр круга, мм	Примечание
10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	0,30	—	200	Для промышленности
10, 15, 20		20 и 50	—	Для ширпотеха

Примечания: 1. Выпускается для промышленности односторонней обычной липкости (1ПОЛ) и двусторонней обычной (2ПОЛ) и повышенной (2ППЛ) липкости, для ширпотреба - односторонней (1ШОЛ) и двусторонней (2ШОЛ) обычной липкости. 2. Допустимая рабочая температура ленты от -30 до +30°C.

Таблица 1.5.35. Лента поливинилхлоридная электроизоляционная (ГОСТ 28020-89)

Ширина, мм	Толщина, мм	Наружный диаметр рулона, мм	Применение
15, 20, 30, 40 20, 30, 50 30 50	0,20 0,30 0,40 0,45	85 ± 15	Ремонт и сращивание кабелей с неметаллическими оболочками

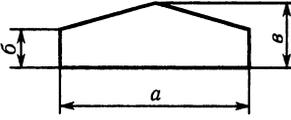
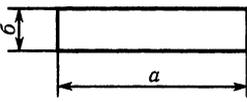
Примечания: 1. Выпускается различных цветов первого и второго сортов. Первый сорт обладает большой липкостью. 2. Допустимая рабочая температура в статическом состоянии от -50 до +50°C. 3. При работе с лентой соблюдают санитарно-гигиенические требования, так как она содержит вредные примеси.

**Таблица 1.5.36. Лента из поливинилхлоридного пластика
(ГОСТ 28033-89)**

Ширина, мм	Толщина, мм	Применение
10	0,65	Защита и дополнительная изоляция проводов и кабелей
13	0,55	
15	0,65; 1,5	
18	0,55	
20	0,55; 0,9; 1,5	
40	0,55; 0,5; 0,9; 1,35	
50	0,9	

Примечание: Выпускается различных цветов в рулонах-кругах. Допустимая температура в статическом состоянии от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1.5.37. Лента электроизоляционная термостойкая самослипающаяся резиновая радиационной вулканизации ЛЭТСАР (ГОСТ 28020-89)

Профиль	Марка	Цвет	Условное обозначение	Размеры, мм		
				а	б	в
Фигурный «Ф» 	К	Красный	ЛЭТСАР КФ-0,5	26	0,2	0,5
	Б	Белый	ЛЭТСАР КФ-0,25	26	0,1	0,25
	К	Красный	ЛЭТСАР КФ-0,25	26	0,1	0,25
Прямоугольный «П» 	К	Красный	ЛЭТСАР КП-0,2-26	26	0,2	—
	К	»	ЛЭТСАР КП-0,2-29	29	0,2	—
	К	»	ЛЭТСАР КП-0,2-38	38	0,2	—
	К	»	ЛЭТСАР КП-0,2-48	48	0,2	—
	Б	Белый	ЛЭТСАР БП-0,2	26	0,2	—

Примечание. Лента представляет собой электроизоляционный эластичный, нетоксичный материал, влагостойкий, стойкий к озону, ультрафиолетовым лучам, ряду масел и химических веществ. Ее применяют для изоляции обмоток электромашин и кабельной арматуры и поставляют в роликах $\varnothing 130-150$ мм. Рабочая температура ленты марки К от -50 до $+250^{\circ}\text{C}$ (кратковременно 300°C), марки Б — от -50 до $+200^{\circ}\text{C}$ (кратковременно 250°C), самослипание при $15-35^{\circ}\text{C}$ — 48 ч, при 150°C — 3 ч.

Таблица 1.5.38. Лакоткань электроизоляционная (ГОСТ 28034–89Е)

Марка	Толщина, мм	Свойства и назначение
ЛХМ–105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	Для работы на воздухе*
ЛХМС–105	0,17; 0,2	С повышенными диэлектрическими свойствами для работы на воздухе* и в трансформаторном масле
ЛХММ–105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы в горячем (до 105°C) трансформаторном масле
ЛХБ–105	0,17; 0, 2; 0, 24	Для работы на воздухе*
ЛШМ–105	0, 17; 0, 2; 0, 24	С малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры, возможно при пайке, для работы на воздухе*
ЛШМС–105	0, 06; 0, 1; 0, 12; 0, 15	То же, с повышенными диэлектрическими свойствами, для работы на воздухе* и в трансформаторном масле
ЛКМ–105	0, 1; 0, 12; 0, 15	С повышенной эластичностью для работы на воздухе*
ЛКМС–105	0, 1; 0,12; 0, 15	То же, с повышенными диэлектрическими свойствами для работы на воздухе* и в трансформаторном масле

* При относительной влажности воздуха 45–75% и температуре 5–35°C.

Примечания: 1. Буквы и цифры в обозначении лакоткани означают следующее: первая Л — лакоткань, вторая — основу (Х — хлопчатобумажная, Ш — шелковая, К — капроновая), третья — пропитку (М — на основе масляного, Б — на основе битумно-масляного лака), четвертая — вид (С — специальная, М — маслостойкая), 105 — нагревостойкость, °С. 2. Выпускается рулонами шириной 700–1050 мм в зависимости от вида ткани первой (с пробивным напряжением от 3 до 9,3 кВ_{эфф}) и высшей (от 3,2 до 9,8 кВ_{эфф}) категории качества. 3. Пример обозначения лакоткани марки ЛХММ–105 толщиной 0,17 мм:

«Лакоткань ЛХММ — 105 — 0,17 ГОСТ 28034–89Е»

5. Высокополимерные электроизоляционные материалы

Высокополимерные электроизоляционные материалы (полимеры) состоят из молекул очень большой величины.

Различают полимеры природные (натуральный каучук, шеллак и др.) и синтетические (синтетический каучук, полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и др.). Главное применение находят синтетические диэлектрики.

Характерной особенностью полимеров являются их хорошие электроизоляционные свойства. Синтетические полимеры образуются в процессе реакций полимеризации (полимеризационные материалы) или поликонденсации (поликонденсационные материалы). Последние имеют более низкие электроизоляционные свойства, так как в процессе поликонденсации они загрязняются побочными веществами (кислотами, водой и др.).

Высокополимерные материалы, состоящие из линейных ориентированных молекул (каучук, резины и др.), обладают гибкостью, а высокополимеры, состоящие из пространственно развитых молекул (бакелиты, глифтали и др.), ею не обладают. Линейные полимеры, как правило, являются веществами термопластичными, т.е. размягчающимися при нагреве. Этим свойством пользуются при изготовлении из термопластичных полимеров гибких изделий: пленок, нитей, а также при производстве литых деталей (каркасы катушек, платы и др.). Высокополимерные материалы, состоящие из пространственно развитых молекул, являются, как правило, веществами терморезистивными. Эти материалы после термической обработки переходят в неплавкое и нерастворимое состояние (бакелиты, глифтали и др.).

Высокополимерные материалы выпускаются химической промышленностью в виде порошков, гранул, а также в виде листов, пластин и тонких пленок. Эти полуфабрикаты затем перерабатываются в электроизоляционные изделия (каркасы катушек, изоляционные платы и др.) методами прессования, литья под давлением и др. Основные характеристики полимерных диэлектриков приведены в табл. 1.5.41.

В электросетях 0,4–35 кВ широко применяют следующие высокополимерные электроизоляционные материалы:

- полистирол и полистирол ударопрочный, стабилизированный — для изоляции проводов катушек реле в цепях управления приводами выключателей 6–35 кВ и др;
- полиэтилен низкой плотности — для изоляции проводов и кабелей, для изготовления полиэтиленовых колпачков к изоляторам ВЛ и др.;
- полиэтилен высокой плотности — для изоляции проводов катушек реле и проводов цепей управления приводами выключателей 6–35 кВ и др.;
- винипласт — для изготовления распорок проводов ВЛ и др.;
- эбонит — для изоляции в электроприборах.

Таблица 1.5.39. Основные характеристики синтетических

Наименование	Плотность*, г/см ³	Предел прочности			Теплостой- кость по Мартенсу, °С	Холодо- стойкость, °С
		при растя- жении, кгс/см ³	при стати- ческом изгибе, кгс/см ²	при ударном изгибе, кгс • см см ²		
Полистирол	1,05–1,10	350–500	950–1000	12–18	78–80	–60
Полистирол, ударо- прочный стабилизиро- ванный	1,1	300	550–650	40–50	75	–60
Полиэтилен низкой плотности (высокого давления)	0,92	100–140	120–170	Не ломается	55–60	–(50-70)
Полиэтилен высокой плотности (низкого давления)	0,96	220–230	200–350	Не ломается	60–70	–60
Полипропилен	0,91	300–350	900–1100	70–80	Темпера- тура раз- мягчения 160–170	–20
Полиформальдегид	1,42	700	1000	90–100	100	–45
Полиуретан	1,21	500–600	700–800	50–60	60	–35
Поликапролактан (капрон)	1,14	500–800	800–950	150–160	50–55	–25

высокополимерных диэлектриков

Электрические характеристики при 20°C				Общая характеристика и область применения
удельное объемное сопротивление, Ом·см	диэлектрическая проницаемость при 50Гц	тангенс угла диэлектрических потерь при 50 Гц	электрическая прочность, кВ/мм	
$10^{15}-10^{17}$	2,4-2,7	$(2-4) \cdot 10^{-4}$	25-30	Прозрачный термопластичный материал. Применяют для изготовления каркасов катушек, изоляционных плат и пленок.
10^{15}	2,6	$6 \cdot 10^{-4}$	25	Непрозрачный термопластичный материал. Область применения та же, что и у полистирола.
$10^{15}-10^{17}$	2,3	$(2-3) \cdot 10^{-4}$	40-42	Непрозрачный термопластичный материал, но обладает гибкостью, стойкостью к воде и растворителям. Применяют в качестве гибкой изоляции проводов и кабелей.
$10^{15}-10^{17}$	2,4	$5 \cdot 10^{-4}$	40-42	Непрозрачный термопластичный материал, стойкий к воде и растворителям. Применяют для изготовления каркасов, катушек, плат и других изделий.
$10^{15}-10^{17}$	2,1	$(2-3) \cdot 10^{-4}$	30-35	Прозрачный термопластичный материал, стойкий к воде и растворителям. Область применения та же, что и у полистирола.
$10^{14}-10^{15}$	3,7	$(3-5) \cdot 10^{-4}$	24	Непрозрачный термопластичный материал с повышенными механическими и антифрикционными свойствами и малой усадкой. Область применения та же, что и у полистирола, и, кроме того, применяется для изготовления подшипников и шестерен.
10^{14}	4,6	$12 \cdot 10^{-3}$	20-25	Непрозрачный термопластичный материал с повышенными механическими свойствами. Область применения та же, что и у полистирола и полипропилена. Кроме того, применяется для изготовления лаков и пенопластов.
$10^{13}-10^{14}$	4,0	$(25-40) \cdot 10^{-3}$	16-20	Непрозрачный термопластичный материал. Обладает повышенным водопоглощением (8-10%). Применяют для изготовления деталей низкого напряжения.

1. Общая часть

Наименование	Плотность*, г/см ³	Предел прочности			Теплостой- кость по Мартенсу, °С	Холодо- стойкость, °С
		при растя- жении, кгс/см ³	при стати- ческом изгибе, кгс/см ²	при ударном изгибе, кгс * см см ²		
Полиметилметакри- лат (органическое сте- кло)	1,19	600-700	800-1000	12-16	60-70	-60
Пластикат поливи- нилхлоридный	1,3-1,4	100-180	Не ломается		Темпера- тура раз- мягчения 170-180	-25...-50
Винипласт	1,4	400-500	800-900	90-120	60-70	-15
Полиэтилентерефта- лат (лавсан)	1,3-1,4	300	1500	-	Темпера- тура плавления 255	-55
Фторопласт-3	2,10-2,18	300-400	600-800	20-30	70-75	-185
Фторопласт-4**	2,14-2,25	160-290	120-140	100-120	200-250	-195
Эскапон	0,98-1,00	450-600	500-600	10-20	130-150	-60
Эбонит	1,15-1,25	300-500	700-1000	4-15	50-58	-50

* Для выражения плотности, пределов прочности при растяжении, сжатии, статическом и ударном изгибе в СИ необходимо значения табличных величин умножить соответственно на 10³, 10⁶ и 10³.

Продолжение таблицы 1.5.39.

Электрические характеристики при 20°C				Общая характеристика и область применения
удельное объемное сопротивление, Ом · см	диэлектрическая прочность при 50Гц	тангенс угла диэлектрических потерь при 50 Гц	электрическая прочность, кВ/мм	
$10^{12}-10^{13}$	3,6	$6 \cdot 10^{-2}$	15-18	Прозрачный термопластичный материал. Применяют для изготовления электроизоляционных и конструкционных деталей.
$10^{13}-10^{14}$	4,7	$(3-8) \cdot 10^{-2}$	15-20	Негорючий термопластичный химически стойкий материал, обладающий значительной гибкостью. Применяют в качестве гибкой изоляции проводов и для изготовления трубок, шлангов и лент.
10^{14}	3,5-4,0	$(1-5) \cdot 10^{-2}$	20	Негорючий термопластичный ударопрочный химически стойкий материал. Применяют для изготовления конструкций и деталей, стойких к удару и агрессивным средам.
$10^{14}-10^{15}$	3,5	$(2-6) \cdot 10^{-3}$	30	Прозрачный термопластичный химически стойкий материал. Применяют в виде литых изделий и пленок в изоляции электрических машин и аппаратов.
$10^{15}-10^{16}$	2,5-3,0	$(10-15) \cdot 10^{-3}$	15-20	Термопластичный химически стойкий роговидный негорючий материал. Применяют в виде пленок и прессованных изделий.
$10^{17}-10^{18}$	2,0	$(1-3) \cdot 10^{-4}$	27-40	Непрозрачный химически стойкий негорючий и нерастворимый материал. Может применяться до температур 250°C. Применяют в виде пленок и прессованных изделий.
$10^{15}-10^{17}$	2,8-3,0	$(5-8) \cdot 10^{-4}$	30-35	Твердый роговидный материал желтого цвета, поддающийся всем видам механической обработки. Выпускают в виде брусков, плит и труб. Применяют в качестве изоляции в электроприборах.
$10^{14}-10^{15}$	3,0-3,5	$(5-10) \cdot 10^{-3}$	15-20	Твердый роговидный материал на основе каучуков. Поддается всем видам механической обработки и горячей штамповке. Применяют в качестве изоляции в электроприборах.

** Имеется несколько разновидностей фторопласта-4 (фторопласт-4Д, фторопласт-40Ш и др.), отличающихся повышенной гибкостью и технологичностью. Эти разновидности фторопласта-4 применяются преимущественно в качестве гибкой нагревостойкой изоляции проводов. Механические характеристики фторопласта-4 приведены для незакаленных образцов, легко механически обрабатываемых.

Таблица 1.5.40. Основные характеристики электроизоляционных

Материал	Плотность, (кг/м ³) · 10 ³	Удельное сопротивле- ние, Ом · м	Электрическая прочность, кВ/мм	Диэлектри- ческая прони- цаемость
Асбест	2,3-2,6	10 ⁶ -10 ¹⁰	1,5-3	—
Асбестоцемент	1,7-2,0	10 ⁷ -10 ¹⁰	1,5-3	6-8
Смола бакелитовая	1,1-1,3	10 ⁸ -10 ¹⁰	10-40	4-4,5
Битумы	~1	10 ¹²	5-15	2,5-3
Бумага кабельная	0,7-1,1	10 ⁴ -10 ¹²	5-10	2,0-3,5
Воздух	0,0012	10 ¹⁵	3-4	1
Гетинакс	1,25-1,4	10 ⁸ -10 ⁹	20-30	5-8
Карболит	1,1-1,3	10 ⁹ -10 ¹⁰	13	6
Картон электроизо- ляционный	0,95-1,25	10 ⁷	8-30	1,8-2,5
Смола кремнийорга- ническая	1,6-1,75	10 ¹² -10 ¹⁴	15-20	3-5
Лакоткань	0,9-1,2	10 ⁸ -10 ⁹	12-60	4-6
Масло трансформа- торное	0,84-0,92	10 ¹¹ -10 ¹⁰	15-20	2,1-2,4
Микалекс	2,6-3,0	10 ¹⁰ -10 ¹²	10-20	6-8,5
Мрамор	2,4-2,8	10 ⁶ -10 ¹⁰	2-5	8-10
Парафин	0,85-0,93	10 ¹⁴	20-25	2,1-2,2
Поливинилхлорид	1,35-1,7	10 ¹⁰ -10 ¹⁴	15-45	3-5
Плексиглас	1,2	10 ⁵ -10 ¹¹	20-35	3,5-4,5
Резина изоляционная	1,2-1,8	10 ¹² -10 ¹³	20-30	2,5-5
Резина мягкая	1,7-2,0	10 ¹² -10 ¹⁴	15-30	3-7
Слюда мусковит	2,8-2,9	10 ¹¹ -10 ¹⁴	50-100	6,5-7,2
Совол	1,5-1,56	10 ⁸ -10 ¹²	15-20	4-5
Совтол	1,52-1,54	10 ⁸ -10 ¹¹	15-20	4,5-4,8
Стеатит	2,7	5 · 10 ⁷ -5 · 10 ¹¹	20-25	6-6,5
Стекло	2,08-8,1	10 ⁶ -10 ¹⁵	10-40	3,8-16,24
Стеклотекстолит	1,8-1,9	10 ¹⁰ -10 ¹¹	20-23	4
Текстолит	1,3-1,85	10 ⁶ -10 ⁸	2-12	5-8
Фарфор	2,3-2,5	10 ¹⁰ -10 ¹²	12-28	6-10
Фибра	1,1-1,3	10 ⁶	3-7	—
Смола эпоксидная	1,1-1,25	10 ¹¹ -10 ¹³	16-20	0,001-0,08

* Па - ньютон, деленный на квадратный метр.

Классификация электроизоляционных материалов по нагревостойкости приведена ниже:

Класс	Y	A	E	B	F	H	C
Допустимая температура, °С	90	105	120	130	155	180	свыше 180

материалов (ГОСТ 27905.1-88)

Тангенс угла диэлектрических потерь	Допустимая рабочая температура, °С	Удельная теплопроводность, Вт/(м·К)	Предел прочности, 10 ⁸ Па* (кгс/см ²)	
			при растяжении	при изгибе
—	450	1,8 · 10 ⁻¹	5-12	—
—	250	—	—	350-500
0,03	150	—	—	—
0,01-0,02	18-90	(0,7-6) · 10 ⁻¹	—	—
0,023-0,037	90	(1-1,3) · 10 ⁻¹	370-880	—
4 · 10 ⁻⁷	—	(0,5-6) · 10 ⁻¹	—	—
0,07-0,2	150	(1,7-3,5) · 10 ⁻¹	700-1000	800-1400
~ 0,05	120	—	—	—
—	90	1,7 · 10 ⁻¹	280-1200	—
0,01-0,05	180	0,92 · 10 ⁻¹	280-490	1050-1200
0,03-0,19	105	(1,3-2,5) · 10 ⁻¹	150-350	—
0,002-0,01	95	(1,5-2) · 10 ⁻¹	—	—
0,003-0,01	—	—	—	—
0,005-0,01	110-200	3 · 10 ⁻¹	—	—
(3-7) · 10 ⁻⁴	50	2 · 10 ⁻¹	—	—
0,01-0,08	60-70	0,92 · 10 ⁻¹	180-400	1050-1200
0,02-0,08	—	(1,45-1,5) · 10 ⁻¹	—	—
0,01-0,03	55-65	—	—	—
0,02-0,1	—	1 · 10 ⁻¹	30-80	—
0,015	500	3,6 · 10 ⁻¹	—	—
0,02-0,08	150	—	—	—
0,1	150	—	—	—
(2-3,5) · 10 ⁻³	1000	2,2	300-450	1400-1500
(2-100) · 10 ⁻⁴	500	11 · 10 ⁻¹	—	—
0,01-0,018	180	3,5 · 10 ⁻¹	—	—
0,07	—	1,7 · 10 ⁻¹	350-900	900-1200
0,02-0,2	1200	(10-16) · 10 ⁻¹	200-350	450-650
—	—	—	300-700	—
0,001-0,08	110-120	—	800-900	1200

**Таблица 1.5.41. Электроизоляционная стеклолакоткань
(ГОСТ 28027-89)**

Марка	Толщина, мм	Область применения
ЛСМ-105/120	0, 15; 0, 17; 0, 2; 0, 24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
ЛСММ-105/120	0, 17; 0, 2; 0, 24	Для работы в горячем трансформаторном масле с температурой до 105°C
ЛСЭ-105/120	0, 12; 0, 15; 0, 17; 0, 2; 0, 24	

Примечание. Стеклолакоткань выпускают в рулонах шириной 690, 790, 890, 940, 990, 1060 и 1140 мм.

Таблица 1.5.42. Электроизоляционный картон для работы в воздушной среде (ГОСТ 2924 - 91)

Марка	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Электрическая прочность при 50 Гц, кВ/мм
ЭВ	0, 1... 3	950 ... 1150	8 ... 12
ЭВС	0, 2 ... 0, 4	1250	10 ... 12
ЭВП	0, 1 ... 0, 2	1250	9 ... 12
ЭВТ	0, 2 ... 0, 5	1150	9 ... 13

Примечания: 1. Применяется для катушек прокладки и других деталей с последующей пропиткой лаком. 2. Для картонов, предназначенных для работы в воздушной среде, нормируются значения электрической прочности. 3. Картон толщиной до 0,5 мм выпускают в рулонах и листах, выше 0,5 мм — только в листах. 4. Размеры листов картона 900 x 900, 900 x 1000 и 1000 x 1000 мм. 5. Прокладка под провода при их монтаже по металлическим или железобетонным поверхностям. 6. Изоляция токоведущих частей маслонаполненных аппаратов.

Таблица 1.5.43. Асбестовый картон КАЭ (ГОСТ 4248-92)

Толщина, мм	Средняя плотность, кг/м ³	Размеры листов, мм
2; 2, 5; 3; 3, 5; 4; 5; 6; 8; 10	1000 ... 1300	900x900; 900x1000; 1000x1000

Таблица 1.5.44. Поливинилхлоридная электроизоляционная лента ПВХ (ГОСТ 28020-89)

Ширина, мм	Толщина, мм
15; 20; 30; 40	0,2
20; 30; 50	0,3
30	0,4
50	0,45

Примечание. Применяется для сращивания кабелей с неметаллическими оболочками, изоляции соединений в устройствах низкого напряжения.

Таблица 1.5.45. Хлопчатобумажные ленты (ГОСТ 28018-89)

Наименование	Ширина, мм	Толщина, мм
Киперная	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,45
Тафтяная	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,25
Миткалевая	12; 16; 20; 25; 30; 35	0,22
Батистовая		0,12; 0,16; 0,18

Примечание. Применяется для обмоток электрических машин и аппаратов; для крепления изоляции обмоток и в качестве бандажей изоляции для временных покрытий.

Таблица 1.5.46. Изоляционная прорезиненная лента (ГОСТ 2162-89)

Толщина, мм	Ширина, мм	Длина в одном ролике или в рулоне, м	Область применения
0,2; 0,3	10, 15, 20, 25, 50	55-75 (односторонняя), 65-85 (двусторонняя)	Промышленного применения: изоляция соединений при монтаже проводов и кабелей осветительных и силовых электроустановок
0,2; 0,3	10, 15, 20	20 и 25	Для широкого применения.

Примечание. Ленту для промышленных целей выпускают одностороннюю обычной липкости и двустороннюю обычной и повышенной липкости; для широкого потребления — одностороннюю и двустороннюю обычной липкости.

Таблица 1.5.47. Смоляная изоляционная лента (ГОСТ 28018-89)

Ширина, мм	Толщина, мм	Длина в одном ролике или в рулоне, м	Область применения
30, 50, 60, 75	0,6; 0,8; 1,0	20 - 32	Уплотнения мест ввода кабелей и проводов в соединительные муфты и коробки. Подмотка изолированных проводов в местах наложения проволоочной вязки.

Примечание: Смоляную ленту выпускают в роликах. Длина ленты в ролике при толщине 0,6 мм — 32 м, при 0,8 мм — 27 м и при 1,0 мм — 20 м. Число разрезов в ролике должно быть не более одного.

Таблица 1.5.48. Электроизоляционные ленты из поливинилхлоридного (ПХВ) пластика (ГОСТ 17617-80)

	Ширина, мм	Толщина, мм	Область применения
ЛВ-40, ЛВ-50, ЛВ-40Т	10	0,65	Сращивание пласт- массовых оболочек кабелей, восстано- вление и повышение уровня изоляции проводов.
	13	0,55	
	15	0,65; 1,0	
	18	0,55	
	20	0,55; 0,9	
	40	1,5	
	40	0,55; 0,9	
	50	1,5	
	50	0,9	
	105	1,5	

П р и м е ч а н и я: 1. Применяются для изоляции проводов и кабелей. 2. Электрическая прочность 15 МВ/м. 3. Допустимая температура — 60 ...70°С. 4. В обозначении марки число означает температуру хрупкости ниже нуля, °С. Длина ленты в одном рулоне или в одном роликe составляет 100–250 м.

Таблица 1.5.49. Трубы винилпластовые для электропроводок (ГОСТ 17675-87)

Тип	Диаметр, мм		Масса 1 м, кг
	наружный	внутренний	
Л	75	71	0,6
	90	86	0,8
СЛ (1)	40	36	0,3
	50	46	0,4
	63	59	0,6
	75	70	0,8
	90	84	1,1
СЛ (11)	20	17	0,1
	25	22	0,2
	32	28	0,3
	40	36	0,4
	50	45	0,6
	63	57	0,9
	75	67	1,2
90	81	1,7	
Т	20	17	0,1
	25	21	0,2
	32	27	0,3
	40	34	0,5
	50	42	0,8
	63	53	1,3
	75	63	1,8
	90	76	2,6

П р и м е ч а н и е. Кроме труб выпускаются соответствующие угловые элементы, муфты, прижимные коробки, уплотнительные втулки, скобы-клипы.

Таблица 1.5.50. Трубы напорные из полиэтилена (ГОСТ 22056-76Е)

Наружный диаметр, мм	Трубы из полиэтилена							
	легкие (Л)		среднелегкие (СЛ)		средние (С)		тяжелые (Т)	
	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг
<u>Трубы из полиэтилена низкого давления</u>								
16	—	—	—	—	—	—	2,0	0,092
20	—	—	—	—	—	—	2,0	0,118
25	—	—	—	—	2,0	0,51	2,3	0,172
32	—	—	—	—	2,0	0,197	3,0	0,28
40	—	—	2,0	0,249	2,3	0,286	3,7	0,432
50	—	—	2,0	0,315	2,9	0,443	4,6	0,669
63	2,0	0,401	2,5	0,497	3,6	0,691	5,8	1,06
75	2,0	0,48	2,9	0,678	4,3	0,981	6,9	1,49
90	2,2	0,643	3,5	0,982	5,1	1,39	8,2	2,13
110	2,7	0,946	4,3	1,47	6,3	2,09	10,0	3,16
<u>Трубы из полиэтилена высокого давления</u>								
16	—	—	—	—	2,0	0,089	2,7	0,112
20	—	—	—	—	2,2	0,125	3,4	0,176
25	—	—	2,0	0,146	2,7	0,189	4,2	0,221
32	2,0	0,19	2,4	0,226	3,5	0,311	5,4	0,441
40	2,0	0,241	3,0	0,364	4,3	0,477	6,7	0,682
50	2,4	0,364	3,7	0,534	5,4	0,745	8,4	1,07
63	3,0	0,564	4,7	0,85	6,8	1,17	10,5	1,68
75	3,6	0,805	5,6	1,2	8,1	1,67	12,5	2,38
90	4,3	1,15	6,7	1,72	9,7	2,38	15,0	3,42
110	5,3	1,73	8,2	2,54	11,8	3,54	18,4	5,11

Примечания: 1. Трубы изготавливают в отрезках длиной 6, 8, 10 и 12 м. 2. Условное обозначение труб из полиэтилена: низкого давления диаметром 63 мм среднего типа — «Труба ПНД63СЛ ГОСТ 18599 - 83»; высокого давления диаметром 25 мм тяжелого типа — «Труба ПВД25Т ГОСТ 18599 - 83».

Таблица 1.5.51. Трубы гладкие из жесткого поливинилхлорида для электропроводок (ГОСТ 17875-87)

Средний наружный диаметр, мм	Нормальные (Н) трубы		Усиленные (У) трубы	
	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг
16	—	—	1,2	0,09
20	—	—	1,5	0,137
25	—	—	1,5	0,174
32	—	—	1,8	0,264
40	—	—	1,9	0,35
50	1,8	0,422	2,4	0,552
63	1,9	0,562	3,0	0,854
75	2,2	0,782	3,6	1,22
90	2,9	1,15	4,3	1,75

Примечание. Трубы выпускаются в отрезках длиной 5,5 и 6 м. Допускается отклонение по длине ± 50 мм. Трубы типа Н применяют при открытой и скрытой прокладке близко под поверхностью, трубы типа У — при скрытой прокладке в массиве бетона.

Таблица 1.5.52. Трубки термоусаживаемые электроизоляционные

Размеры трубки, мм			
внутренний диаметр		толщина стенки	
до усадки	после усадки в свободном состоянии	до усадки	после усадки в свободном состоянии
2,0 \pm 0,5	1,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	0,8 \pm 0,1
4,0 \pm 0,5	2,0 \pm 0,5	0,65 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
5,0 \pm 0,5	2,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
6,0 \pm 0,5	3,0 \pm 0,5	0,60 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
8,0 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5	0,60 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
10,0 \pm 0,5	5,0 \pm 0,5	0,60 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
12,0 \pm 0,5	6,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
14,0 \pm 0,5	7,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
16,0 \pm 1,0	8,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
18,0 \pm 1,0	9,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
20,0 \pm 1,0	10,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
24,0 \pm 1,0	12,0 \pm 0,5	0,55 \pm 0,15	1,0 \pm 0,1
32,0 \pm 1,0	16,0 \pm 1,0	0,55 \pm 0,15	1,5 \pm 0,1

Примечания: 1. Трубки выпускают длиной не менее 100 мм марок ТТЭ-С (термоусаживаемая электроизоляционная из стабилизированного полиэтилена) и ТТЭ-Т (термоусаживаемая электроизоляционная из термостабилизированного полиэтилена). Их изготавливают из полиэтилена методом радиационного модифицирования различных цветов (натурального красного — К, зеленого — З, синего — С, желтого — Ж и черного — Ч цветов). 2. Трубки имеют два класса нагревостойкости — А (ТТЭ-С) и В (ТТЭ-Т) и могут работать при температуре от -60 до $+130^{\circ}\text{C}$ и напряжении до 660 переменного и 750 В постоянного тока. Их усадка происходит при нагреве до $150 - 180^{\circ}\text{C}$. 3. Пример обозначения термоусаживаемой электроизоляционной трубки из термостабилизированного полиэтилена с внутренними диаметрами 6 (до усадки) и 3 мм (после усадки) натурального цвета: «ТТЭ-Т6/3-НТУ16-503.229-82».

Таблица 1.5.53. Трубки термоусаживаемые для корпусов кабельных муфт

Размеры трубки, мм			
внутренний диаметр		толщина стенки	
до усадки	после усадки в свободном состоянии	до усадки	после усадки в свободном состоянии
40±2,5	20±2,5	1,0±0,3	2,0±0,5
50±2,5	25±2,5	1,0±0,3	2,0±0,5
60±2,5	30±2,5	1,0±0,3	2,0±0,5
70±2,5	35±2,5	1,0±0,3	2,0±0,5
80±2,5	40±2,5	1,0±0,3	2,0±0,5
90±2,5	45±2,5	1,3±0,4	2,5±0,5
100±2,5	50±2,5	1,3±0,4	2,5±0,5
110±2,5	55±2,5	1,3±0,4	2,5±0,5

Примечания: 1. Трубки изготовляют из композиций полиэтилена методом радиационного модифицирования натурального и черного цветов длиной 850±50 мм. 2. Трубки марки ТТЭ-Т, используемые в арматуре кабелей для АЭС, могут работать при температуре от -60 до +110°C, а марки ТТЭ-С, используемые в арматуре кабелей с пластмассой и бумажной изоляцией, — при температуре от -60 до +90°C. 3. Пример обозначения термоусаживаемой электроизоляционной трубки из термостабилизированного полиэтилена с внутренними диаметрами 40 (до усадки) и 20 мм (после усадки) черного цвета:

«ТТЭ-Т40/20-ЧТУ16-503.250-84».

Таблица 1.5.54. Трубки из поливинилхлоридного пластика (ГОСТ 17675-87)

Размеры трубки, мм		Размеры трубки, мм		Размеры трубки, мм	
внутренний диаметр	толщина стенки	внутренний диаметр	толщина стенки	внутренний диаметр	толщина стенки
0,5	0,3	4,5	0,6	16	0,9
0,75	0,3	4,5	1,2	18	0,9
1,0	0,4	5	0,6	20	1,15
1,5	0,4	5	1,2	22	1,15
1,75	0,4	6	0,6	25	1,15
2,0	0,4	—	—	30	1,4
2,0	1,0	7	0,6	35	1,4
2,5	0,4	8	0,6	40	1,75
3,0	0,4	9	0,6	50	4,5
3,0	1,0	10	0,7	—	—
3,5	0,4	12	0,7	—	—
4,0	0,6	14	0,7	—	—
4,0	1,2	—	—	—	—

Примечание. Трубки выпускаются различных цветов и служат для защиты и дополнительной изоляции проводов и кабелей при напряжении до 1 кВ. Допустимые рабочие температуры трубок в статическом состоянии от -60 до +105°C.

Таблица 1.5.55. *Электромонтажные установочные материалы*
(ГОСТ 18690–82Е)

Наименование	Масса, кг
Короба одноканальные шириной 70, 150 и 200 мм В комплект входят: секции прямые длиной 3м углы горизонтальные углы вертикальные тройники кресты	11; 21; 27 1,2; 3,3; 4,2 1,2; 3; 3,4 1,2; 3,3; 4,2 2,8; 5,7; 7
Лотки В комплект входят: секции прямые длиной 2 м и шириной 50, 100, 200, 400 мм углы с радиусом поворота 450 и 900 мм соединители для поворота в вертикальной плоскости	2,2; 3,5; 6,5; 8 0,7; 3,5 0,3
Конструкции для крепления лотков и коробов: стойки настенные длиной 400, 600, 800, 1200, и 1800 мм подвесы длиной 400, 600, 800 мм полки длиной 160, 250, 360 и 450 мм основания для крепления одиночных полок	0,8; 1,3; 1,6; 2,4; 3,5 2,3; 3,5; 4,6 0,2; 0,3; 0,5; 0,7 0,22
Профили монтажные перфорированные длиной 2 м Г-образные профиль-уголок	5,4 4,8
Гибкие вводы длиной 425...925 мм для соединения, ввода и оконцевания труб диаметром 25...61 мм	0,6...2,66
Дюбели для крепления деталей толщиной 7 мм с допустимым усилием выдергивания 0,7...0,9 кН	0,003
То же, для крепления деталей толщиной до 10 мм с допустимым усилием выдергивания 1,5...2 кН	0,008
То же, для крепления деталей толщиной до 15 мм с допустимым усилием выдергивания 7...12 кН	0,1

6. Электроизоляционные лаки, эмали и компаунды.

Лаки представляют собой растворы пленкообразующих веществ: смол, битумов, высыхающих масел (льняного, тунгового и др.), эфиров целлюлозы и композиций этих материалов в органических растворителях. В процессе сушки лака из него испаряются растворители, а в лаковой основе происходят физико-химические процессы, приводящие к образованию лаковой пленки. По своему назначению электроизоляционные лаки делят на пропиточные, покровные и клеящие (табл. 1.5.56 и 1.5.60).

Пропиточные лаки применяются для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с целью цементации их витков, увеличения коэффициен-

Таблица 1.5.56. Электроизоляционные лаки, компаунды и эмали (ГОСТ 5406-84)

Марка	Наименование	Свойства	Разбавитель	Применение
КФ-965	Электроизоляционный лак	Сушка при 235°C не более 20 мин. Пленка коричневая глянцевая маслястая. Пожароопасен, токсичен.	Уайт-спирит, осветительный керосин, сольвент, бензин-растворитель	Покрытие электротехнической стали для изделий с изоляцией нагревостойкостью до 130°C
БТ-99	Электроизоляционный лак	Высыхание при 20°C до степеней 1-3 ч, до степеней 3-24 ч, при 107°C до степеней 3-0,5 ч. Пленка черная гладкая. Пожароопасен, токсичен	Сольвент, ксилол или смесь (1:1) одного из них с уайт-спиритом	Покрытие обмоток электрических машин и аппаратов, а также других изделий внутри помещения
МЛ-92	Электроизоляционный лак	Сушка 1 ч при 105-110°C. Высыхание в толстом слое 16 ч при 115-120°C. Пленка коричневая, глянцевая, маслястая. Пожароопасен, токсичен	Толуол, ксилол или смесь (3:1) одного из них с уайт-спиритом	Пропитка обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов и покрытия электроизоляционных деталей с нагревостойкостью до 130°C
ПЭ-933	Пропиточный лак	Температура, °C: рабочая от -60 до +155, отверждения 165±5	Толуол	Пропитка обмоток электроэлементов
КП-34	Пропиточный компаунд	Температура, °C: рабочая от -60 до +150, отверждения 155	—	Пропитка обмоток электроэлементов при повышенной нагревостойкости

Продолжение таблицы 1.5.5б.

Марка	Наименование	Свойства	Разбавитель	Применение
ГФ-95	Электроизоляционный пропиточный лак	Сушка 2 ч при 105-110°C. Высыхание в смеси (1:1) с лаком № 951+1 ч при 18°C. Пленка глянцевая твердая, маслястой-кая	Толуол, ксилол, сольвент или смесь (1:1) одного из них с бензином-растворителем	Пропитка обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов с изоляцией нагревостойкостью до 130°C
БТ-980 БТ-987 БТ-988	Электроизоляционные пропиточные лаки	Сушка при 105-110°C не более, ч: 10 (БТ-980), 6 (БТ-987), 3 (БТ-988). Пожароопасен, токсичен	Толуол, ксилол, сольвент или смесь (1:1) одного из них с уайт-спиритом	Пропитка обмоток электрооборудования
ГФ-92	Эмали марок: ГФ-92 ГФ-92ХС ГФ-92ГС	Пленка ровная, гладкая, глянцевая Цвет серый и красный Цвет серый Высыхание при 20°C до степени 3-24 ч, а электрическая прочность 30 кВ/мм	Сольвент, ксилол, толуол и смесь ксилола с бензином. Содержание бензина в смеси не должно превышать 50%	Покрытие неподвижных обмоток электромашин (эмаль ГФ-92ХС) Покрытие неподвижных и вращающихся частей обмоток электрических машин и аппаратов (эмаль ГФ-92ГС) с нагревостойкостью до 130°C
УП-5-162-1	Электроизоляционный герметизирующий компаунд	Температура, °С: рабочая от -60 до +120, отверждения 80	—	Герметизация различной аппаратуры, работающей в условиях резких колебаний температур
БТ-783	Черный кислотостойкий лак	Время высыхания 48 ч при 20°C. Пленка глянцевая	Уайт-спирит	Покрытие поверхности аккумуляторов и их деталей во избежание воздействия серной кислоты

та теплопроводности обмоток и повышения их влагостойкости. Покровные лаки позволяют создать защитные влагостойкие, маслостойкие и другие покрытия на поверхности обмоток или пластмассовых и других изоляционных деталей. Клеящие лаки предназначаются для склеивания листочков слюды друг с другом или с бумагой и тканями с целью получения слюдяных электроизоляционных материалов (миканиты, микалента и др.).

Эмали представляют собой лаки с введенными в них пигментами — неорганическими наполнителями (окись цинка, двуокись титана, железный сурик и др.). Пигментирующие вещества вводятся с целью повышения твердости, механической прочности, влагостойкости, дугоустойкости и других свойств эмалевых пленок. Эмали являются покровными материалами.

По способу сушки различают лаки и эмали горячей (печной) и холодной (воздушной) сушки. Первые требуют для своего отверждения повышенных температур (от 80 до 200°С), вторые высыхают при комнатной температуре. Лаки и эмали горячей сушки, как правило, обладают более высокими диэлектрическими, механическими и другими свойствами. С целью улучшения характеристик лаков и эмалей воздушной сушки, а также для ускорения отверждения сушку их иногда производят при повышенных температурах (40–80°С).

Компаунды называются изоляционные составы, жидкие в момент их применения, которые затем отвердевают. Компаунды не содержат растворителей (см. табл. 1.5.57).

Таблица 1.5.57. Заливочные компаунды

Марка	Температура размягчения, °С	Морозостойкость, °С	Объемная усадка при охлаждении, %	Область применения
МК-45	45...48	-8	6...7	Заливка кабельных, соединительных и концевых муфт на напряжение 35 кВ и прошпарка концов кабелей — до 3кВ
МБ-70	70...73	-10	8...9	Заливка соединительных муфт и концевых воронок на напряжение до 10 кВ на кабелях, проложенных в земле или в отапливаемых помещениях (до -10°С)
МБ-90	90...92	-10	8...9	То же в отапливаемых помещениях
МБМ-1	50...62	-35	7...8	То же в наружных установках с температурой до -35°С
МБМ-2	55...60	-45	7...8	То же, до -45°С
КХЗ158-ВЭИ	80...82	-40	0,9...1,1	Заливка кабельных муфт

По своему назначению компаунды делятся на пропиточные и заливочные. Первые применяют для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов, вторые — для заливки полостей в кабельных муфтах, а также в электрических аппаратах и приборах (трансформаторы, дроссели и др.) с целью их герметизации.

Компаунды могут быть термореактивными (неразмягчающимися после отверждения) или термопластичными (размягчающимися при последующих нагревах). К термореактивным относятся компаунды на основе эпоксидных, полиэфирных и некоторых других смол; к термопластичным — компаунды на основе битумов, воскообразных диэлектриков и термопластичных полимеров (полистирол, полиизобутилен и др.). Пропиточные и заливочные компаунды на основе битумов по нагревостойкости относятся к классу А (105°С), а некоторые к классу У (до 90°С). Наибольшей нагревостойкостью обладают эпоксидные и кремнийорганические компаунды.

У одного и того же компаунда можно существенно повысить нагревостойкость введением в него минеральных наполнителей (пылевидный кварц, слюдяной порошок и др.). Для повышения уровня механических характеристик в компаунды вводят армирующие наполнители волокнистого строения (асбестовое и стеклянное волокно и др.).

Таблица 1.5.58. Пропиточный и заливочный составы для соединительных муфт и концевых заделок

Наименование состава и марка	Температура заливки, °С	Область применения
Пропиточный и канифольный состав МП	120–130	Прошпарка разделанных концов кабеля 3–10 кВ в процессе монтажа муфт для удаления влаги и загрязнений и пополнение пропитывающего состава в изоляции кабеля
Заливочный битумный состав МБ70/60	160–170	Заливка муфт и заделок кабелей до 10 кВ, соединительных муфт, монтируемых в земле, соединительных муфт и концевых заделок, монтируемых в неотапливаемых помещениях с температурой не ниже –10°С, концевых муфт наружной установки в районах с температурой не ниже –10°С
Заливочный битумный состав МБ90/75	180–190	Заливка муфт и заделок кабелей до 10 кВ, соединительных муфт, монтируемых в земле, концевых муфт наружной установки в районах с жарким климатом, соединительных муфт и концевых заделок, монтируемых внутри отапливаемых сооружений (коллекторах, туннелях) и других помещениях
Заливочный маслобитумный морозостойкий состав МБМ	130–140	Заливка муфт и заделок кабелей до 10 кВ, монтируемых на открытом воздухе и в неотапливаемых помещениях при температуре окружающей среды до 2–35°С

Введение наполнителей в компаунды позволяет также повысить теплопроводность и уменьшить объемную усадку у отвержденных компаундов.

Введение специальных наполнителей (сажи, графита и др.) позволяет резко снизить удельное электрическое сопротивление компаундов.

При ремонте электрооборудования, а также при электромонтажных работах применяют разнообразные лаки, краски и эмали, которые могут быть электроизоляционными или общего назначения.

Таблица 1.5.59. Растворяющие вещества

Наименование	Цвет	Для чего предназначены
Олифа льняная натуральная (ГОСТ 7931-88)	Светложелтого цвета	Для растворения масляных красок.
Олифа «Аксоль» (НКТП 7474/581)		Для разведения густотертых масляных красок
Бензин авиационный Б-70 (ГОСТ 1017-88)	Бесцветная, легкоиспаряющаяся жидкость; пары взрывоопасны.	Для разбавления и растворения лаков и красок на основе битумов; для обезжиривания поверхностей.
Керосин	Слегка желтоватая медленно испаряющаяся жидкость.	Для промывки краскораспылителей, кистей, тары и рук.
Скипидар (ГОСТ 1571-88)	Бесцветная жидкость с сильным запахом.	Для растворителей и разбавления лаков, эмалей и масляных красок и ускорения их высыхания.
Ацетон (ГОСТ 2603-84)	Бесцветная жидкость с сильным запахом, легко воспламеняющаяся; пары взрывоопасны	Для разбавления нитроцеллюлозных и первинилхлоридных лаков и эмалей; для обезжиривания поверхностей и промывки окрасочных инструментов.
Растворитель Р-4, Р-5 (Гост 7827-84)	То же	Для разбавления лаков и эмалей на основе первинилхлоридных смол.
Разбавитель	То же	Для разбавления нитролаков и нитроэмалей.

Лаки и эмали служат для создания пленок, повышающих электрическую прочность покрываемых ими изделий или предохраняющих их от коррозии и проникновения влаги. Лакокрасочные покрытия наносят на тщательно очищенные пескоструйным аппаратом или стальными щетками и обезжиренные поверхности. При работе окрашиваемого оборудования в зонах, содержащих

значительные промышленные агрессивные загрязнения, для повышения службы покрытий рекомендуется увеличить количество слоев покраски и на верхний слой нанести дополнительно слой петролатума.

Таблица 1.5.60. Электроизоляционные лаки и эмали (дополнительные сведения)

Марка	Режим высыхания		Разбавитель	Область применения
	температура сушки, °С	время сушки, ч		
<u>Битумно-масляный лак (ГОСТ 6244-70)</u>				
БТ-987	105	6	Бензин, толуол, скипидар, бензин-растворитель	Пропитка обмоток
БТ-988	105	3	То же	То же
<u>Глифталево-масляный лак (ГОСТ 8018-70)</u>				
ГФ-95	105	1...22	Ксилол, скипидар, сольвент-нафта и их смеси	Пропитка и покрытие обмоток трансформаторов, работающих в масле
<u>Алкидно-меламиновый лак (ГОСТ 15865-70)</u>				
МЛ-92	105	1	Смесь толуола с бензином-растворителем	Пропитка обмоток статоров и роторов асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт
<u>Эпоксидная эмаль (ГОСТ 15943-80)</u>				
ЭП-91	190	1,5	Толуол, ксилол, этиловый спирт и их смеси	Покрытие лобовых частей, узлов и деталей электрических машин и аппаратов при температуре до 180°С
<u>Кремнийорганические эмали</u>				
КО-935	120	1...2	Толуол	Покрытие лобовых частей секций, катушек и других деталей электрических машин и аппаратов, длительно работающих при температуре 180°С
КО-911	20	20...24	То же	Ремонтная, для лобовых частей секций, катушек и других узлов электрических машин и аппаратов. Отделка различных изоляционных деталей.
КО-936	200	2...3	То же	Покрытие обмоток секций, катушек и других частей электрических машин
<u>Эмаль на основе глифталевых и карбамидных смол</u>				
У-416	105	2...3	Смесь ксилола и бутанола	Окрашивание баков трансформаторов и других видов оборудования

По составу различают электроизоляционные лаки масляные, асфальтобитумные, смоляные, целлюлозные и другие, а по назначению — пропиточные, покрывные или клеящие. Покрывные лаки, в состав которых введены размельченные неорганические вещества — пигменты, называют эмальями. Пигменты придают лаковой пленке большую плотность, твердость, механическую прочность и необходимый цвет, а также улучшают ее теплопроводность.

Таблица 1.5.61. Нагревостойкость электроизоляционных материалов

Класс нагревостойкости	Температура, °С	Характеристика основных групп электроизоляционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
У	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, непропитанные и непогруженные в жидкий электроизоляционный материал.
А	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка или натурального, искусственного и синтетического шелка, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляционный материал.
Е	120	Синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы и др.) и другие материалы или простые сочетания материалов, для которых на основании практического опыта или соответствующих испытаний установлено, что они могут работать при температуре, соответствующей данному классу.
В	130	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами.
Е	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами, которые соответствуют данному классу нагревостойкости.
Н	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами, кремнийорганическими эластомерами.
С	Свыше 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами. Температура применения этих материалов определяется их физическими, химическими, механическими и электрическими свойствами.

Масляные лаки содержат льняное масло, пленка которого обладает высокой электрической прочностью, эластичностью и теплостойкостью. Асфальтобитумные лаки имеют высокую электрическую прочность, теплостойкость

и маслоустойчивость. Смоляные лаки получают из искусственных и естественных смол с добавлением растворителей. В качестве естественных смол чаще всего используют шеллак и канифоль, из искусственных — поливинилхлоридные смолы. Целлюлозные лаки являются растворами в эфирах целлюлозы и нитроцеллюлозы. Лаки, изготовленные на основе нитроцеллюлозы, называют нитролаками.

При ремонтных и монтажных работах в электроустановках применяют смешанные масляно-битумные пропиточные лаки № 317, 458Л-1100, 447Л-1100, 460Л-2110, битумно-покровный лак БТ-299, глифталево-масляный ГФ-95, защитно-покровные лаки «Кузбасский» А и Б, перхлорвиниловые эмали и др.

Кроме лаков и эмалей используют различные масляные краски на связующей основе — олифах, которые могут быть натуральными (из льняного или конопляного масла) и искусственными (из растительного масла с добавлением 50% растворителей).

Лакокрасочные покрытия наносят вручную или с помощью краскораспылителей. При работе с лаками и нитроэмалями необходимо соблюдать противопожарные меры (запрещается курить, а в помещении, где с ними работают, не разрешается пользоваться паяльными лампами, электросваркой).

7. Жидкие и полужидкие диэлектрики

К жидким диэлектрикам относят *электроизоляционное нефтяное масло* (трансформаторное, конденсаторное, кабельное и др.) и синтетические жидкие диэлектрики (совол, совтол, ПЭС-Д, ПМС-10Д и др.).

Основное назначение жидких диэлектриков — отвод тепла от нагревающихся внутренних частей электрооборудования, гашение электрической дуги в масляных выключателях, усиление электрической прочности твердой изоляции и герметизация электрических аппаратов, маслonaполненных вводов и маслопропитанных кабелей.

Жидким диэлектриком для электрооборудования служит *трансформаторное масло* (продукт ступенчатой переработки нефти), которое обладает очень хорошими электроизоляционными свойствами, однако имеет высокую гигроскопичность, что требует особых условий для его хранения, транспортировки и специальной подготовки (сушки, фильтрации) перед заливкой в аппараты и оборудование. Основные его характеристики приведены в табл. 1.5.62.

В табл. 1.5.63. представлены основные характеристики жидких и полужидких диэлектриков.

Совол более нагревостоек, чем трансформаторное масло, но под действием высокой температуры электрической дуги выделяет большое количество веществ, оседающих на поверхности контактов, поэтому не пригоден для заполнения масляных выключателей.

Совтол-10 негорюч и устойчив к окислению.

Совол применяется для пропитки бумажных конденсаторов, а совтол-10 — как заменитель трансформаторного масла для заполнения взрывобезопасных силовых трансформаторов.

Совол и совтол-10 токсичны, и поэтому применение их требует соблюдения специальных мер предосторожности.

Таблица 1.5.62. Предельно допустимые значения показателей качества трансформаторного масла, предназначенного для заливки (ГОСТ 982-80, ТУ 10121-76)

Показатель качества	Значение показателей масла									
	свежего сухого перед заливкой в оборудование					непосредственно после заливки в оборудование				
	ГОСТ 982-80 (ТКп)	1-й категория качества	с государственным Знаком качества	ТУ-38-101-281-75 (адсорбционной очистки)	ТУ-38-101-226-74 (Т-1500)	ГОСТ 982-80 (ТКп)	1-й категория качества	с государственным Знаком качества	ТУ-38-101-281-75 (адсорбционной очистки)	ТУ-38-101-226-74 (Т-1500)
1. Минимальное пробивное напряжение, кВ, определяемое в стандартном масляробойном аппарате для трансформаторов, аппаратов и вводов на напряжение:	30	30	20	30	—	25	25	25	25	—
	35	35	35	35	—	30	30	30	30	—
2. Содержание механических примесей	Отсутствуют (определение визуально)									
3. Кислотное число, мг КОН на 1 г масла (не более)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
4. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствуют									
5. Температура вспышки, °С (не ниже)	135	150	150	135	135	135	150	150	135	135

Показатель качества	Значение показателей масла									
	свежего сухого перед заливкой в оборудование					непосредственно после заливки в оборудование				
	ГОСТ 982-80 (ТКп)	ГОСТ 10121-76*		ТУ-38-101-281-75 (адсорбционной очистки)	ТУ-38-101-226-74 (Т-1500)	ГОСТ 982-80 (ТКп)	ГОСТ 10121-76*		ТУ-38-101-281-75 (адсорбционной очистки)	ТУ-38-101-226-74 (Т-1500)
6. Тангенс угла диэлектрических потерь при 90°С, % (не более)	2,6	2,6	0,5	1	0,5	—	—	0,7	1,5	0,7
	1	1	1	—	1	1	1	1	—	1
7. Нагретая проба, баллы (не более)										
8. Общая стабильность против окисления (ГОСТ 981-75): количество осадка после окисления, % (не более)	0,01	Отсутствуют	0,01	0,01	Отсутствуют					
	0,1	0,1	0,25	0,1	0,05					
9. Реакция водной вытяжки					Нейтральная					
10. Температура застывания, °С (не выше)	-45	-45	-45	-50	-45					

Примечание. В разделе 6 приведены сведения об использовании масла в электроаппаратах и в оборудовании.

Таблица 1.5.63. Основные характеристики кабельных масел

Характеристики	Единицы измерения	Масло маловязкое МН-2	Масло повышенной вязкости С-110	Масло повышенной вязкости С-220	Высоковязкое масло (Брайт-сток) П-28	Высоковязкое синтетическое масло (Октол)
Плотность при 20°C	г/см ³	0,89—0,9	0,89—0,895	0,88—0,89	0,9—0,92	0,85—0,87
Цвет	—	Светло-желтый	Бесцветный	Бесцветный	Желтый	Светло-желтый
Зольность (не более)	%	0,005	0,001	0,001	0,005	0,004
Кислотное число (не более)	мг КОН/г	0,04	0,01	0,02	0,05	0,03
Температура застывания (не выше)	°С	-45	-15	-30	-10	-15
Температура вспышки паров (не ниже)	°С	135	200	180	240	165
Вязкость:						
при 20°C		36—37	680—800	800—900	2000	(13—14) 10 ⁹
при 50°C	сСт	9,0—9,6	80—120	50—60	—	410—460
при 100°C		—	15—17,5	11—12	26—30	45—60
Удельное объемное сопротивление при 20°C	Ом·см	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	10 ¹⁵ —10 ¹⁶	10 ¹³ —10 ¹⁴	10 ¹⁴
Диэлектрическая проницаемость при 20°C	—	2,2—2,3	2,1—2,2	2,1—2,2	2,2—2,4	2,2—2,4
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100°C и 50 Гц (не более)	—	0,003	0,003	0,003	0,025	0,005
Электрическая прочность при 20°C и 50 Гц	кВ/мм	18—20	18—22	20—24	14—18	16—17

Таблица 1.5.64. Основные характеристики

Характеристики	Единицы измерения	Электроизоляционные масла		
		трансформаторное ТК	трансформаторное ТКп	конденсаторное
Плотность*** при 20°C	г/см ³	0,88	0,89	0,92
Цвет	—	Желтый	Желтый	Желтый
Зольность (не более)	%	0,005	0,005	0,0015
Кислотное число (не более)	мг КОН/г	0,015	0,02	0,02
Температура застывания (не выше)	°C	-45	-45	-45
Температура вспышки паров (не ниже)	°C	135	135	135
Температурный коэффициент расширения	1°C	0,00070	0,00063	0,00067
Коэффициент теплопроводности при 20–90°C	Вт/см·град	0,0020	0,0020	0,00162
Вязкость при 20°C (не более)	сСт	30	30	40
Вязкость при 50°C (не более)	сСт	9,6	9,0	10,5
Удельное объемное сопротивление при 20°C	Ом·см	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	10 ¹⁴ —10 ¹⁵
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20°C и 50Гц (не более)	—	0,003****	0,002****	0,005
Диэлектрическая проницаемость при 20°C	—	2,1—2,2	2,1—2,4	2,1—2,3
Электрическая прочность при 20°C и 50Гц	кВ/мм	18	18	20

* Для выражения плотности (кг/м³ коэффициент теплопроводности (Вт/м°C) и вязкости (м³/с) в системе единиц СИ необходимо значение табличных величин умножить соответственно на: 10³, 10² и 10⁶.

** Кремнейорганическая жидкость ПМС-10 отличается виброустойчивостью.

*** Приведены средние значения плотности.

**** У высушенного и профильтрованного масла.

***** При температуре 90°C у совола $\text{tg } \delta = 0,03$, а у совтола $\text{tg } \delta = 0,04$.

электроизоляционных жидкостей*

Синтетические электроизоляционные жидкости

совол	совтол-2	совтол-10	ПЭС-Д	ПМС-10Д**
1,56	1,52	1,54	1,00	0,95
Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный
—	—	—	—	—
0,015	0,01	0,01	—	—
+5	-40	-7	-60	-60
200	200	—	150	170
0,00065	0,0006	0,0008	0,0003	0,0009
9	—	3...45	—	—
При 40°C 290	115	650	85	10
При 65°C 28	При 65°C 3,4	25	—	—
10^{14}	10^{13} — 10^{14}	10^{13}	10^{12} — 10^{14}	10^{12} — 10^{14}
0,05*****	0,008*****	0,01*****	0,0003	0,0008
5,2	4,6	4,3	2,4—2,8	2,6
18	20	20	18	6

К полужидким диэлектрикам относятся очищенные нефтяные и синтетические вазелины. Вазелины, как и электроизоляционные масла, являются материалами горючими. Совол и совтол — жидкости негорючие, но токсичные.

Все кабельные масла отличаются малым газовыделением, что обеспечивает высокую электрическую прочность изоляции высоковольтных кабелей.

Кремнийорганические жидкости ПЭС-Д, ПМС-10Д и вазелины обладают повышенной нагревостойкостью и холодостойкостью. Они могут применяться в интервале температур от -60 до $+180^{\circ}\text{C}$.

В табл. 1.5.64. — 1.5.65. приведены характеристики электроизоляционных жидкостей и вазелинов.

Таблица 1.5.65. Основные характеристики электроизоляционных вазелинов

Характеристики	Единицы измерения	Нефтяной конденсаторный вазелин	Вазелины кремнийорганические	
			КВ-3/10	КВ-3/16
Плотность	г/см	0,82–0,84	0,9	0,92
Зольность (не более)	%	0,004	—	—
Кислотное число (не более)	мг КОН/г	0,004	—	0,002
Вязкость при 60°C (не более)	сСт	28–30	—	—
Температура каплепадения	$^{\circ}\text{C}$	37	—	—
Удельное объемное сопротивление при 20°C	Ом • см	10^{12} – 10^{14}	10^{12}	10^{13} – 10^{14}
Диэлектрическая проницаемость при 20°C	—	3,8	2,8	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20°C и $f = 10^6$ Гц	—	0,002	0,005	0,004
Электрическая прочность при 20°C и 50 Гц (не менее)	кВ/мм	20	15	20

8. Клеи (ГОСТ 22345–77Е)

Клей эпоксидный универсальный ЭДП. Этот клей, применяемый для склеивания металлов, древесины, керамики, фарфора, стекла и заделки трещин и раковин, состоит из двух компонентов: эпоксидной смолы ЭД–2, смешанной с дибутилфталатом (флакон из стекла или полиэтилена емкостью 125 или 250 г), и отвердителя — полиэтиленполиамины марки А (стеклянный флакон емкостью 15 или 30 г). Перед склеиванием смолу тщательно перемешивают с отвердителем. Склеиваемые поверхности обезжиривают ацетоном, смазывают клеем и прижимают под давлением 0,05 МПа (0,5 кгс/см²). Клей полностью отверждается не менее чем за 24 ч. Отвержденный клеевой шов очень прочен, не дает усадки, обладает хорошими диэлектрическими свойствами.

Клей не огнеопасен, но токсичен. При попадании на кожу его следует удалить тампоном, смоченным ацетоном или бензином, затем вымыть участок кожи теплой водой с мылом.

Клей БФ. Применяют для склеивания различных изоляционных-пластмассовых (кроме полиэтилена и фторопласта), фарфоровых, стеклянных и металлических деталей, пакетов электротехнической стали трансформаторов, якорей, статоров, а также в качестве антикоррозионных покрытий шлифованных поверхностей якорей и статоров электромашин.

Используя минеральные наполнители (тальк, кварцевую муку, каолин, лигитопон, оксид цинка и др.), на клеях БФ можно изготовить электроизоляционные замазки, которые после прогрева приобретают хорошую механическую прочность.

Клеевой шов после отверждения приобретает электроизоляционные свойства. Клей БФ–2 дает жесткий нагрево- и кислотостойкий шов, а клей БФ–4 — эластичный ненагревостойкий, но щелочестойкий шов.

При подготовке склеиваемые поверхности протирают ацетоном, ацетатами или спиртом. При склеивании металлов, фенопластов, аминопластов и кожи поверхности предварительно зачищают наждачной бумагой, затем дважды покрывают клеем. Причем после каждого покрытия просушивают 1 ч клеевой слой. Оптимальная толщина клеевого шва 0,15–0,25 мм. Для соединения склеиваемые детали прижимают друг к другу и выдерживают 0,5–1 ч при давлении $(5...15) \cdot 10^5$ Па (5–15 кгс/см²) и температуре 150°C.

Клей 88. Применяют для приклеивания холодным способом резин (в том числе губчатых) к металлам, стеклу, фарфору, дереву и пластмассам, а также резины к резине. Контакт с клеем не вызывает коррозии металлов. В качестве разбавителя используют смесь бензина с этилацетатом в отношении 1 : 2. Клей наносят на резину и металл в два слоя, причем первый слой сушат 5–8 мин, а второй — 1–3 мин. Прочность клеевого шва на отрыв через 48 ч после склеивания при 20°C должна быть не менее $13 \cdot 10^5$ Па (13 кгс/см²). Клей пожароопасен.

Дополнительные сведения о клеях приведены в табл. 1.5.66.

Таблица 1.5.66. Клеи

Марка	Состав	Назначение
Д-23 (эпоксидный)	Композиция на основе смолы ЭДЛ, дициандиамида и пылевидного кварца в соотношении массовых частей: 100; 0,49; 1,5.	Склеивание металлов, керамики, пластмасс. Клеевые швы обладают хорошими электроизоляционными свойствами, работают при температуре $-60...130^{\circ}\text{C}$. Швы водо-,масло- и термостойки, стойки к кислотам и щелочам. Срок хранения 1...2 месяца.
ЛН	Композиция на основе клея ЛН и двуокиси титана (порошок), а также 20% раствора нейрита в дихлорэтане в соотношении массовых частей: 1; 1,2; 3.	Склеивание пластмасс с металлами, закрепление отдельных проводов и жгутов. Клеевые швы эластичны, вибростойки, ударопрочны. Работают при температуре $-60...120^{\circ}\text{C}$. Срок хранения 8 ч.
Д-6, Д-9 (эпоксидные)	Композиция на основе смолы ЭД-6 и отвердителя.	Склеивание металлов, керамики, стекла и пластмасс. Клеевые швы работают при температуре $-60...80^{\circ}\text{C}$. Швы водо-, масло- и тропикостойкие, герметичные. Срок хранения 30...40 мин.
БОВ-1	Готовая композиция на основе эпоксидной и фуфурольной смол и ацетона.	Склеивание металлов, пластмасс и инертных полимеров (полиэтилен, капрон, фторопласт-4). Клеевые швы работают при температуре $-60...200^{\circ}\text{C}$. Швы водо-, маслостойки, обладают хорошими электроизоляционными свойствами. Срок хранения более суток.

1.5.4. Полупроводниковые приборы

Работа полупроводниковых приборов основана на управлении электрическими процессами в твердой среде сложной структуры.

Собственная удельная проводимость полупроводников (германия, кремния) очень мала, но она может быть повышена за счет примесей. Поэтому на практике пользуются примесной проводимостью полупроводников, которая достигается путем добавления к химически чистому кремнию или германию примесей мышьяка, индия и др. При электронной проводимости (–проводимость) — происходит направленное движение отрицательных зарядов-электронов вдоль проводника — как это происходит обычно в большинстве металлических проводников. Дырочная (–проводимость) характеризуется перемещением вдоль проводника освободившегося места отрицательного заряда-электрона (перемещение «дырки»).

Диод. Простейшим полупроводниковым прибором является двухэлектродный силовой диод (см. табл. 1.5.67.).

Таблица 1.5.67. Силовые диоды (ГОСТ 25529-82 и 17465-80)

Марка	Средний прямой ток, А	Повторяющееся импульсное обратное напряжение (В) для типов:		Масса, г
		Д	ДЛ	
Д112-10, ДЛ112-10	10	100...1400	400...1500	6
Д112-10, ДЛ112-10	16	100...1400	400...1500	6
Д112-25, ДЛ112-25	25	200...1400	400...1500	12
Д122-32, ДЛ122-32	32	100...1400	400...1500	12
Д122-40, ДЛ122-40	40	100...1400	400...1500	27
Д132-50, ДЛ132-50	50	100...1400	400...1500	27
Д132-63, ДЛ132-63	63	100...1400	400...1500	27
Д132-80, ДЛ132-80	80	100...1400	400...1500	27
Д151-100	100	300...1600	—	180
Д151-125	125	300...1600	—	180
Д151-160	160	300...1600	—	180
Д161-200, ДЛ161-200	200	300...1600	400...1600	290
Д161-250	250	300...1600	—	290
Д161-320	320	300...1600	—	290
Д143-800	800	1800...2800	—	290
Д253-1600	1600	400...2000	—	610

П р и м е ч а н и я: 1. При определении допустимого неповторяющегося напряжения величину повторяющегося следует умножить на коэффициент 1,15. 2. При определении импульсного рабочего обратного напряжения величину повторяющегося импульсного обратного напряжения следует умножать на коэффициент 0,8. 3. Для определения напряжения пробоя лавинных диодов величину повторяющегося импульсного обратного напряжения следует умножать на коэффициент 1,25.

В настоящее время применяются германиевые, кремниевые и некоторые другие диоды. Основной частью кремниевого диода служит тонкая пластинка кремния, которая плотно соединяется с алюминиевой накладкой. Часть атомов алюминия при этом проникает в кремний, вследствие чего на границе этих веществ образуется слой с *n* и *p*-проводимостями, т.е. возникает так называемый *n-p* переход, обеспечивающий одностороннюю проводимость. Диод пропускает в одном направлении гораздо больший ток, чем в другом, так что обратным током часто можно пренебречь. Их отношения характеризуется коэффициентом выпрямления:

$$R_{\text{в.ст.}} = I_{\text{пр}}/I_{\text{об}} \quad \text{или} \quad R_{\text{в.ст.}} = Y_{\text{пр}}/Y_{\text{об}}$$

где $I_{\text{пр}}$, $I_{\text{об}}$ и $Y_{\text{пр}}$, $Y_{\text{об}}$ — прямой и обратный токи и проводимости.

Этот коэффициент получается при одинаковых значениях прямого и обратного напряжения на зажимах диода, что на практике не выполняется. Обратное напряжение в реальных условиях оказывается больше прямого. Поэтому чаще пользуются динамическим коэффициентом выпрямления, который учитывает разницу между фактическим прямым и обратным напряжением:

$$R_{\text{в.дин.}} = I_{\text{пр}}^*/I_{\text{об}}^*$$

где $I_{\text{пр}}^*$ и $I_{\text{об}}^*$ — фактически прямой и обратный ток через диод (для германиевых и кремниевых диодов $R_{\text{в.дин.}}$ обычно бывает больше 1000).

Силовые диоды с током более 10 А называются **вентильями**.

Важнейшими параметрами силовых диодов являются прямой ток $I_{\text{пр}}$, падение напряжения в прямом направлении $U_{\text{пр}}$, соответствующее номинальному прямому току, допустимое обратное напряжение $U_{\text{об.мах}}$ и обратный ток $I_{\text{об}}$.

Свойства диодов существенно зависят от температуры окружающей среды, например, обратный ток диода приблизительно удваивается на каждые 10°C . Для кремниевых диодов допустимый диапазон температур — $60\dots150^\circ\text{C}$, для германиевых — $60\dots70^\circ\text{C}$. При увеличении обратного напряжения сверх допустимого предела возникает пробой p - n перехода, что сопровождается резким увеличением обратного тока. Различают три вида пробоя:

электрический пробой, сопровождаемый увеличением обратного тока вследствие увеличения напряженности электрического поля в переходе;

лавинный пробой, при котором обратный ток увеличивается вследствие поляризации нейтральных атомов;

тепловой пробой, вызванный нагревом перехода и следовательно резким увеличением термогенерации носителей зарядов, что и сопровождается увеличением обратного тока.

Первые два вида могут быть обратимыми: они не разрушают переход и при снижении напряженности электрического поля прекращаются.

Тепловой пробой приводит к разрушению перехода, т.е. является необратимым.

Каждый тип диодов подразделяется на классы и в зависимости от него может выдерживать разные обратные напряжения, допустимая величина которых указывается в каталогах или непосредственно на диодах. В таблице приведены только крайне минимальные и максимальные значения обратных напряжений. При выборе и замене диодов необходимо обязательно обращать внимание на допустимые прямой ток и обратное напряжение, так как несоответствие этим параметрам может привести к выводу диодов из строя.

Тиристор (табл. 1.5.68.) представляет собой четырехслойный кремниевый управляемый полупроводниковый прибор с двумя внешними и одним

средним $p-n$ -переходами. Крайние слои (рис. 1.5.5) с p и g -проводимостью имеют выводы и являются соответственно анодом А и катодом К. Вывод от внутреннего слоя p служит управляющим электродом УЭ. При наличии напряжения между анодом и катодом два крайних перехода оказываются в проводящем состоянии, внутренний $p-n$ -переход — в противоположном непроводящем состоянии, вследствие чего тиристор оказывается «запертым» (пропускает лишь малый ток — обратный для внутреннего $p-n$ -перехода). Ток в цепи УЭ при этом отсутствует. При повышении приложенного напряжения в обратном направлении внутренний $p-n$ -переход открыт для тока, но два крайних $p-n$ -перехода препятствуют току, тиристор «заперт».

Таблица 1.5.68. Силовые тиристоры (ГОСТ 20332-84)

Марка	Средний прямой ток, А	Повторяющееся импульсное обратное напряжение и повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии, В	Масса, г
T112-10	10	100...1200	77
T112-16	16	100...1200	7
T112-25	25	100...1200	12
T112-32	32	100...1200	12
T132-40	40	100...1200	27
T132-50	50	100...1200	27
TБ151-50	50	700...1200	180
T142-63	63	100...1200	53
TБ151-63	63	700...1200	180
T142-80	80	100...1200	53
T161-80	80	700...1200	290
T161-100	100	300...1600	290
TБ161-100	100	700...1200	290
T171-200	200	300...1600	560
T143-500	500	400...1600	290
T153-630	630	1300...2400	610
T253-1000	1000	1000...1800	610

Примечание.

Допустимая температура корпуса — +85° С.

Повышение напряжения прямого направления до некоторого критического значения приводит к обратному пробую внутреннего p - n -перехода, сопротивление этого слоя снижается почти до нуля, и прямой ток в тиристоре резко возрастает, при этом напряжение может снижаться и становиться значительно меньше критического. Тиристор будет оставаться открытым до тех пор, пока ток станет меньше некоторого значения, называемого током удержания, после чего скачком перейдет в «запертое» состояние. Если в этот момент изменить направление напряжения, пробой прекращается и тиристор снова «запирается». При повышении обратного напряжения до критического уровня пробой не возникает, так как два p - n -перехода препятствуют этому и

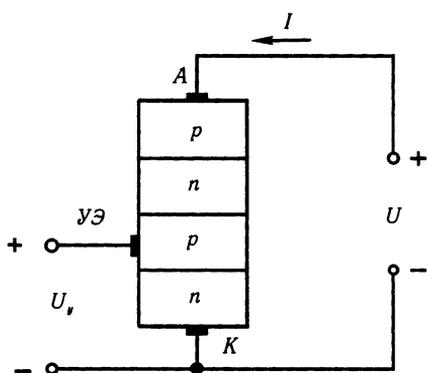


Рис. 1.5.5. Тиристор

критическое напряжение оказывается недостаточным для пробоя обоих переходов. Такая работа тиристора без участия тока цепи управляющего электрода называется *режимом динистора*. Он подобен вентильному бесконтактному ключу, отпирающемуся в прямом направлении при напряжении равном определенному (критическому) уровню. При помощи управляющего электрода можно регулировать напряжение отпирания, если подать на него некоторый положительный потенциал от э.д.с. E_y , который понижает напряжение отпирания и возбуждает некоторый сравнительно небольшой ток управления между УЭ и К (рис.1.5.5.)

С увеличением этого тока уровень напряжения отпирания уменьшается и тиристор открывается при меньшем напряжении, что позволяет регулировать этот процесс. При некотором значении тока управления тиристор уподобляется диоду.

Таким образом тиристор является бесконтактным рубильником, работающим с помощью регулирования маломощного тока управления, который в десятки, сотни, а иногда и тысячи раз меньше рабочего тока. При выборе и замене тиристора следует особо обращать внимание на класс тиристора, обозначенный на нем.

Электропромышленностью выпускается также симметричные тиристоры (триаки или симисторы), которые имеют тиристорное строение с двумя, равноправными главными выводами, каждый из которых может служить как катодом, так и анодом, и выводом от управляющего электрода. Подача управляющего сигнала на УЭ переводит симметричный тиристор в открытое состояние для любого направления тока в зависимости от приложенного напряжения.

Интегральные микросхемы могут быть пленочными и твердыми. В

первом случае схема в виде пленки наносится на изоляционную основу из стекла или керамики. Сама пленка имеет проводящие, полупроводящие и изоляционные слои толщиной не менее 1 мм. Различные части пленки выполняют функции резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, тиристоров и т.д.

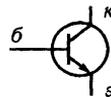
В твердых микросхемах активные и пассивные элементы схемы заключаются в одном кристалле материала, обладающего полупроводниковыми свойствами. При этом в кристалле формируются участки, образующие p - n -переходы и объемные сопротивления. Например, в качестве конденсаторов используют p - n -переход.

Преимуществом интегральных микросхем является очень высокая плотность монтажа, достигающая 1600 элементов на 1 см² и более, надежность, малое число электрических соединений.

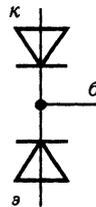
Конструктивно интегральные микросхемы разделены на три группы, которым присвоены следующие обозначения: полупроводниковые, гибридные, прочие (пленочные, вакуумные, керамические).

В заключение приведем обозначения транзисторов типа p - n - p и n - p - n и их диодные аналоги:

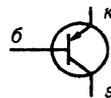
Транзисторы типа p - n - p



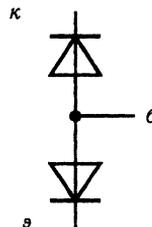
и его диодная аналогия



Транзистор типа n - p - n



и его диодная аналогия



1.6. Условное обозначение элементов принципиальных схем электрических сетей

1.6.1. Коды видов элементов электроустановок

В целях унификации применения принципиальных и других видов схем (структурная, функциональная, монтажная, подключения и других, не рассматриваемых в данном разделе) электрических сетей и их элементов, обеспечения ввода схем в ЭВМ и последующего их использования между подразделениями предприятий электросетей, особенно, в оперативном управлении электросетями и для других случаев, приняты буквенные коды видов элементов электроустановок на основе международных стандартов, методик, опыта работы энергетики и других отраслей народного хозяйства.

Буквенные коды видов элементов сети приведены в табл. 1.6.1.

Элементы разбиты по видам на группы, имеющие обозначения из одной буквы. Для уточнения вида элементов применяют двухбуквенные и многобуквенные коды. При применении двухбуквенных и многобуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент. Дополнительные обозначения должны быть пояснены на поле схемы.

Буквенные коды для функционального назначения элементов приведены в табл. 1.6.2.

Эти коды используют только для общей характеристики функционального назначения элемента, например, «главный», «измеряющий». Для уточнения функционального назначения однобуквенный код допускается дополнять последующими буквами или цифрами, давая соответствующие пояснения на поле схемы.

Линии. В зависимости от назначения и типа схем линиями изображают: электрические взаимосвязи (функциональные, логические и т.п.), пути прохождения электрического тока (электрические связи), механические взаимосвязи, материальные проводники (провода, кабели, шины), условные границы устройств и функциональных групп и др.

Линии связи должны состоять из горизонтальных или вертикальных отрезков и иметь минимальное количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий связи, длину которых следует по возможности ограничивать.

Толщины линий выбирают в зависимости от формата схемы и размеров условных графических обозначений. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типоразмеров линий по толщине: тонкую b , утолщенную $2b$ и толстую $3...4b$, где b — толщина линии, которая выбирается в зависимости от размеров схемы. Выбранные толщины линий должны быть постоянными во всем комплексе схем на изделии.

Электрические связи изображают, как правило, тонкими линиями (b), толщину которых выбирают в пределах от 0,2 до 1,0 мм.

Для выделения наиболее важных цепей (например, цепей силового питания) можно использовать утолщенные и толстые линии.

Таблица 1.6.1. Буквенные коды видов элементов сети

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код	Русское обозначение
А	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры		
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для управления или измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин-приемник Телефон (капсюль) Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Звукосниматель Датчик скорости	ВА ВВ ВД ВЕ ВF ВС ВК ВL ВМ ВР ВQ ВR ВS ВV	
С	Конденсаторы			С
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройство задержки	DA DD DS DT	
Е	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы и др.)	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET	
Ф	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA FP FU FV	П

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код	Русское обозначение
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батарея	GB	Б
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL	У
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	KA KH KK KM KT KV	РТ РУ РТ К РВ РН
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL	К
M	Двигатели постоянного и переменного тока			
P	Приборы, измерительное оборудование. Примечание. Сочетание PE применять не допускается.	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW	А Ч СА СР Ом В
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS	ВА КЗ Р
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU	

Продолжение таблицы 1.6.1.

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код	Русское обозначение
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных. Примечание. Обозначение SF применяются для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей.	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK	B BA
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	TA TS TV	TT TH
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI UZ	П
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS	Д
W	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль	WE WK WS	КЗ
A	Антенны	Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Аттенюатор Антенна	WT WU WA	Т
X	Соединения контактные	Токоъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW	ТС Ш

Продолжение таблицы 1.6.1.

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код	Русское обозначение
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YH	Э
Z	Устройства оконечные, фильтры Ограничители	Фильтр кварцевый Ограничитель	ZQ ZL	Ф О

Таблица 1.6.2. Буквенные коды для указания функционального назначения элементов сети

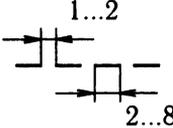
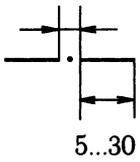
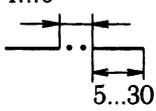
Буквенный код	Функциональное назначение	Буквенный код	Функциональное назначение
A	Вспомогательный	N	Измерительный
B	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)	P	Пропорциональный
C	Считающий	Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
D	Дифференцирующий	R	Возврат, сброс
F	Защитный	S	Запоминание, запись
G	Испытательный	T	Синхронизация, задержка
H	Сигнальный	V	Скорость (ускорение, торможение)
I	Интегрирующий	W	Сложение
K	Толкающий	X	Умножение
M	Главный	Y	Аналоговый
		Z	Цифровой

Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине b и основное назначение линий приведены в табл. 1.6.3.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях выбирают в указанных пределах в зависимости от размера схемы. Штрихи в линии, а

также промежутки между штрихами должны быть приблизительно одинаковой длины.

Таблица 1.6.3. Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине и их назначение

Наименование	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине b	Основное назначение
Сплошная тонкая		b	Линия электрической связи; провод; кабель; шина; линия групповой связи; линии условных графических обозначений
Сплошная толстая основная		$2b,$ $3b \dots 4b$	Примечание. Допускается для линий групповой связи применять утолщенные ($2b$) и толстые ($3b \dots 4b$) линии
Штриховая		b	Линия экранирования, механической связи
Штрихпунктирная тонкая		b	Линия для выделения на схеме групп элементов, составляющих устройство или функциональную группу
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		b	Линия разъединительная (для графического разделения частей схемы)

1.6.2. Принципиальная схема сети (ГОСТ 4409–83; ГОСТ 527–77)

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием в поле режима, для которого изображены эти элементы. В данном справочном пособии все схемы участков сети и электроустановок выполнены в рабочем положении, за исключением отдельных случаев.

Условные графические обозначения элементов и устройств выполняют совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены на изделии, т.е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей элементов располагают в разных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним тока (т.е. последовательно) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом можно вычерчивать как отдельные элементы или устройства (например, обмотки и контактные группы и др.), так и всю схему. Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия). При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещенным способом. При этом элементы или устройства, используемые в изделии частично, допускается изображать только использованных частей. Выводы неиспользованных элементов изображают короче выводов использованных (см. рис. 1.6.1.).

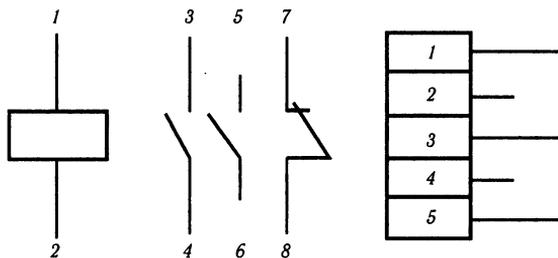


Рис.1.6.1. Изображение выводов элементов на схемах

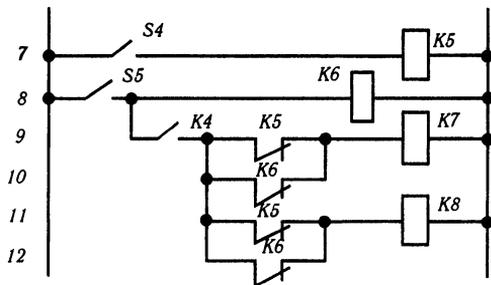


Рис. 1.6.2. Обозначения элементов и их составных частей

Рекомендуется выполнять схемы строчным способом: условные графические обозначения элементов или их составные части в соответствии с функциональным назначением группировать в горизонтальные и вертикальные цепи. При этом цепи нумеруют арабскими цифрами (см. рис. 1.6.2.).

Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении. При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы в цепях — отдельными условными обозначениями, как показано на рис. 1.6.3.,а.

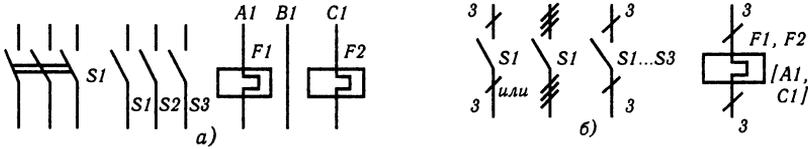


Рис. 1.6.3. Изображение цепей и элементов в цепях

При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей — одним условным обозначением (рис. 1.6.3.,б).

Провода и кабели на схеме показывают отдельными линиями.

На схеме допускается указывать марки и сечения проводов, их расцветку, марки кабелей, количество и занятость жил, их сечение. Если для этого используют условные обозначения, они должны быть расшифрованы на поле схемы.

На схеме подключения электросварочного поста (рис.1.6.4.) составные части изделия изображены в виде прямоугольников, а выходные и входные элементы (клемные зажимы) — в виде условных графических обозначений, что соответствует действительному расположению контактов.

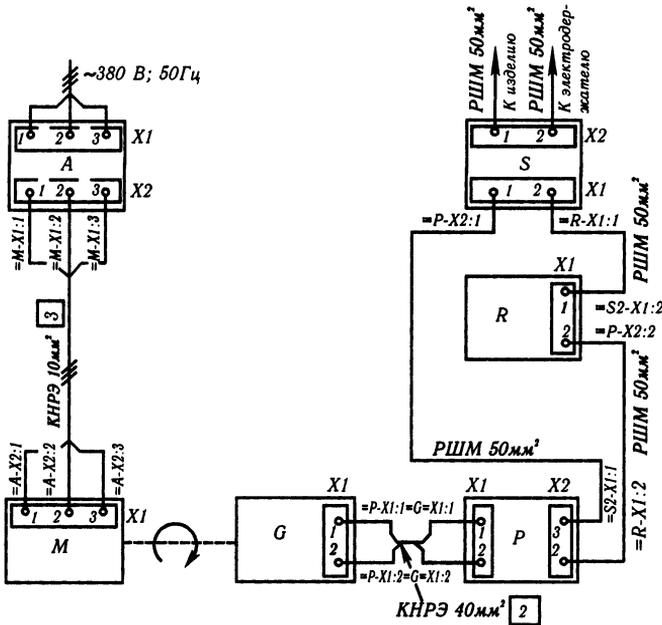


Рис. 1.6.4. Изображение составных частей изделия

На схеме указаны марки и сечение проводов, марки кабелей, количество и сечение жил кабелей. В качестве примера приведем схему расположения узлов и оборудования этого же сварочного поста (см. рис. 1.6.5.).

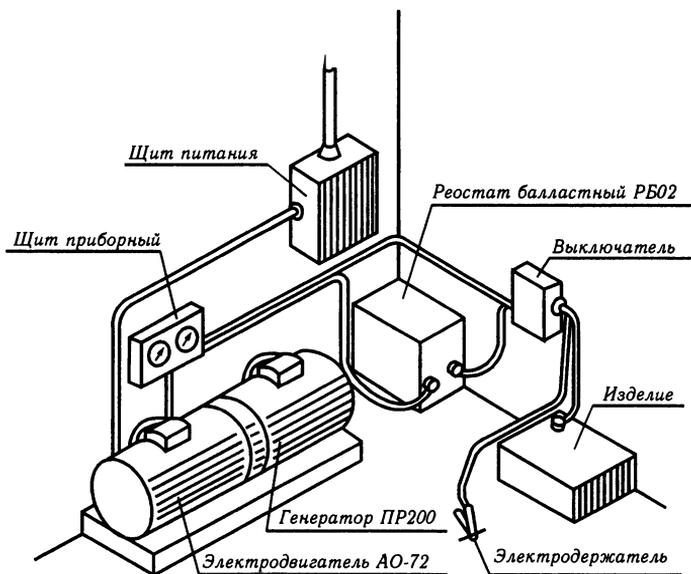


Рис. 1.6.5. Схема расположения изделия

1.6.3. Схемы, выполняемые на цифровой вычислительной технике (ГОСТ 21021-85; ГОСТ 28857-90Е)

Особенности выполнения схем.

1. При большой графической насыщенности листов схем допускается делить поле листа на колонки, ряды, зоны или применять метод координат. При делении поля листа на зоны (см. рис. 1.6.6., а) колонки обозначают по верхней кромке листа слева направо порядковыми номерами с постоянным количеством знаков в номере (00, 01....., 10....., 20), а ряды — по вертикали сверху вниз прописными буквами латинского алфавита. Ширину колонки принимают равной ширине минимального основного угла УГО (условные графические обозначения) элемента, а высоту ряда — равной минимальной высоте УГО. Обозначение зоны состоит из обозначения ряда и обозначения колонки, например, В01, С10. При делении поля координатным методом (см. рис.1.6.6.,б), вертикальные и горизонтальные координаты обозначают прописными буквами латинского алфавита (кроме 1 и 0). Допускается давать

дополнительную разметку ряда и колонки при помощи вертикальных и горизонтальных шкал, как показано на рисунке. Деление шкал обозначают порядковыми номерами с постоянным их количеством в пределах каждого ряда и колонки. Расстояние между делениями шкалы должно быть не менее 2 мм.

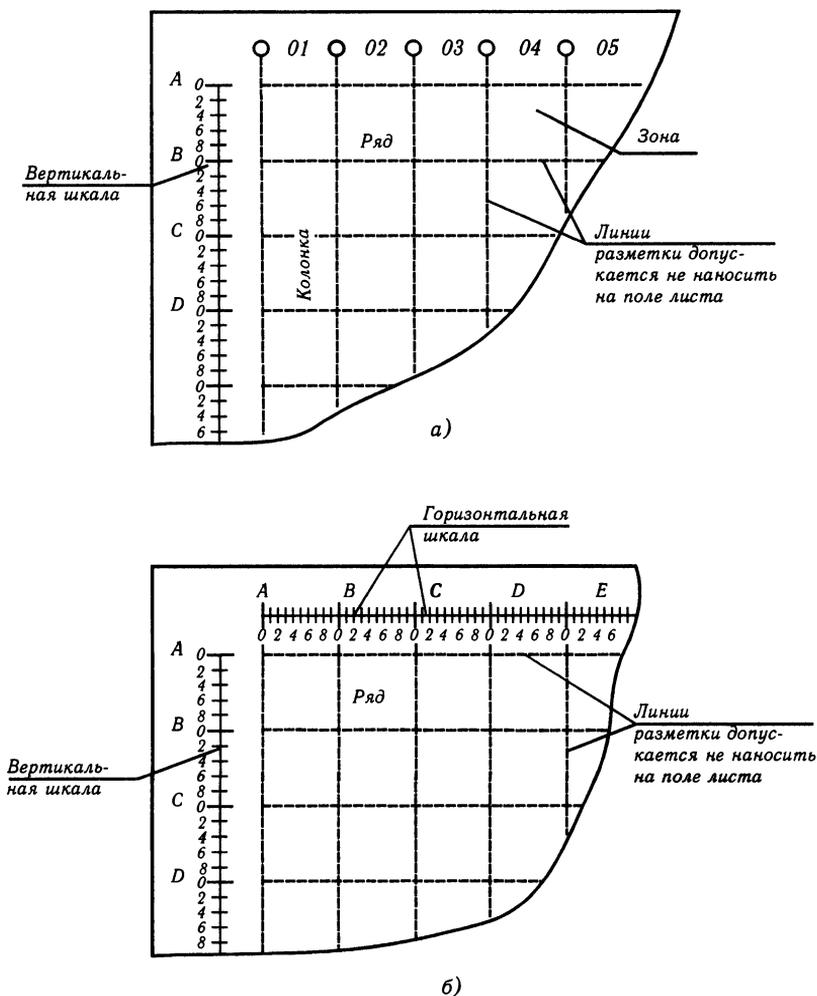


Рис. 1.6.6. Деление поля схемы на экране ЭВМ координатным методом

2. Электрические связи с входными выводами изделия показываются входящими линиями листа схемы, начиная с левой стороны или сверху листа, а связи с выходящими выводами показываются выходящими линиями, заканчивая их на правой стороне листа или внизу листа.

При большой графической насыщенности схемы допускается: а) входящие и выходящие линии связи начать и обрывать внутри листа; б) прерывать

в пределах листа отдельные линии связи между удаленными друг от друга УГО. В местах обрыва линий (над линией, на уровне или в разрыве линии) указывают цифровые, буквенные или буквенно-цифровые обозначения. Для обозначений используют наименование (обозначение сигнала, порядковые номера и т.п.) или адресное обозначение (координаты места выхода линии связи из элемента или координаты места обрыва линии).

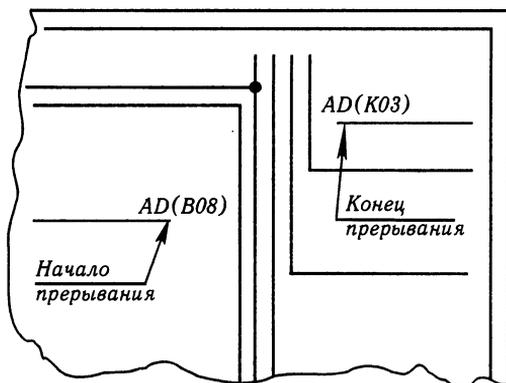


Рис. 1.6.7. Порядок указания линий связи при их переносе с одного участка схемы на другой

На выходящих линиях, которые переходят из одного листа на другой, а также на прерванной внутри листа после обозначения указывают в круглых скобках адреса мест их продолжения (рис. 1.6.8.).



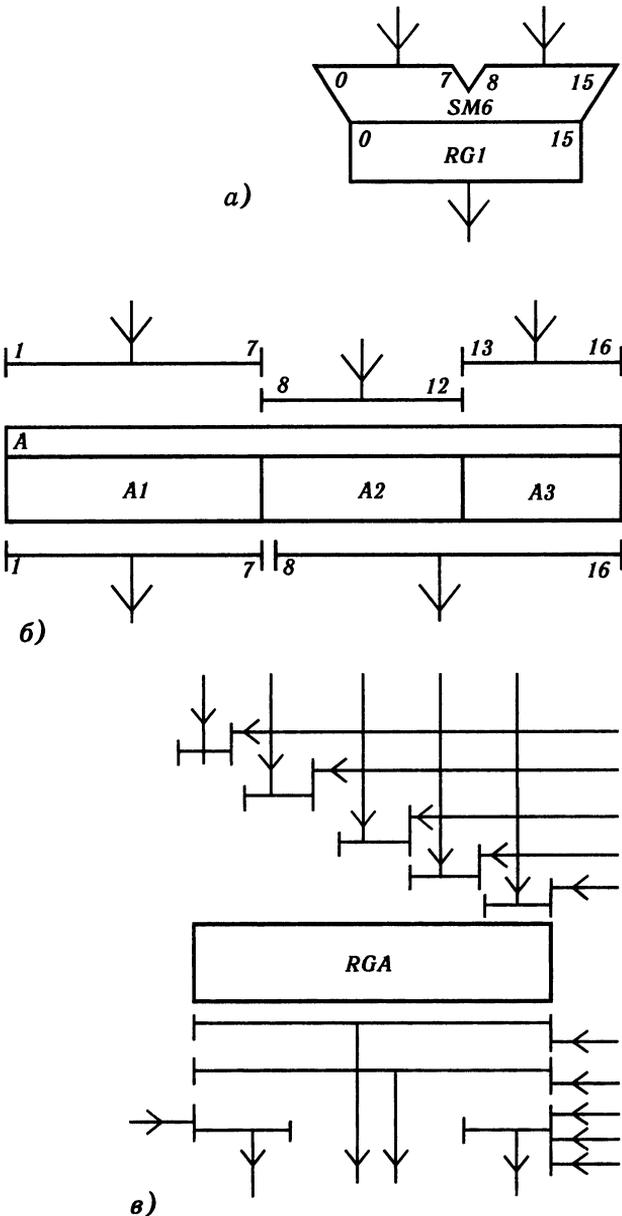
Рис. 1.6.8. Обозначение двоичных логических элементов на схеме

Допускается УГО функциональных частей поворачивать на 90° , а также совмещать обозначения функциональных частей, если выходы одной полностью соответствуют входам другой (рис. 1.6.9. а). Внутри УГО функциональной части указывают ее наименование и (или) условное обозначение. Допускается указывать символ функции или ее разрядность.

Если функциональным частям присвоены порядковые номера или адресные обозначения, их проставляют под обозначением функциональной части. Дополнительную информацию, например, обозначения конструктивного рас-

положения, состояния функциональных частей и другую, помещают в таблицах на поле схемы. Обозначение таблиц должно соответствовать обозначениям соответствующей функциональной части.

При этом справа от номера или адресного обозначения данной функциональной части проставляют знак «*» (знак не проставляется при однозначном соответствии между адресами функциональной части и таблицы).



Линии связи на схеме подразделяются на информационные и управляющие. Информационные линии связи подводят к большей стороне УГО, а управляющие линии — к меньшей стороне УГО. Отводят линии от противоположных сторон УГО.

Если необходимо уточнить соответствие входов и выходов определенным составным частям функциональной части, составные части показываются горизонтальными линиями с ограничителями. Располагают линии над или под УГО составной части (рис. 1.6.9. б). На линиях может быть показана разрядность функциональной части и ее составных частей. При большом количестве управляющих сигналов, подведенных к УГО, допускается продолжить стороны УГО или соответствующие ограничители линий (рис. 1.6.9. в).

Рис. 1.6.9. Порядок расположения большого количества управляющих сигналов функциональной схемы (управляющие сигналы)

В принципиальных схемах двоичные логические элементы изображают в виде УГО, построен-

ных по правилам, установленным ГОСТ 2.743–82. В основном поле УГО элемента или устройства (рис.1.6.8.) должна быть помещена следующая информация: в первой строке — символ функции по ГОСТ 2.743–82; во второй строке — полное или сокращенное наименование, тип или код устройства или элемента; в последующих строках — буквенно-цифровое обозначение или порядковый номер; обозначение конструктивного расположения; адресное обозначение УГО элемента на листе (выражается координатами левого верхнего угла данного УГО) и другая информация. Характер и расположение информации в последующих строках поясняют на поле схемы.

Буквенно-цифровое обозначение допускается помещать над УГО.

Взамен буквенно-цифровых обозначений можно использовать конструктивные обозначения устройств, если эти обозначения однозначно определяют данное устройство в изделии.

Номера контактов устройств указывают над или в разрыве линий связи рядом с соответствующими УГО логических элементов. Если логический элемент имеет группу равноценных входов (выходов), то номера контактов для таких входов (выходов) можно указывать в произвольном порядке.

Принципиальная схема с обозначением элементов цифровой вычислительной техники (фрагмент схемы имитатора целей для обзорных радиолокационных станций) показан на рис. 1.6.11.

Упрощения на схеме. 1. На схеме допускается изображать в виде прямоугольников логические элементы с n состояниями, а также их элементы и устройства, не выполняющие в изделии логические функции, но применяемые в изделии (например, аналоговые и аналого-цифровые элементы, диодные и резисторные сборки и т.п.).

2. Непосредственное электрическое соединение выходов нескольких логических элементов в одну цепь (монтажная логика) допускается изображать на схеме в виде псевдоэлемента монтажной логики (рис. 1.6.10.).

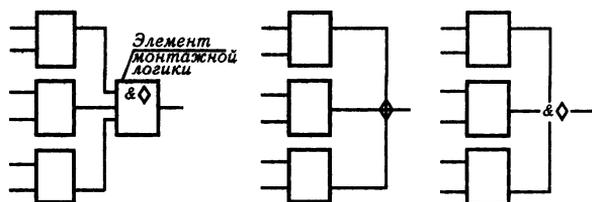


Рис. 1.6.10. Электрическое соединение выходов нескольких логических элементов в одну цепь

1.6.4. Условные графические обозначения (ГОСТ 34.301–91)

Для практического применения при выполнении электрических схем электроустановок и электроустройств в табл. 1.6.4. приведены условные графические обозначения их элементов и частей.

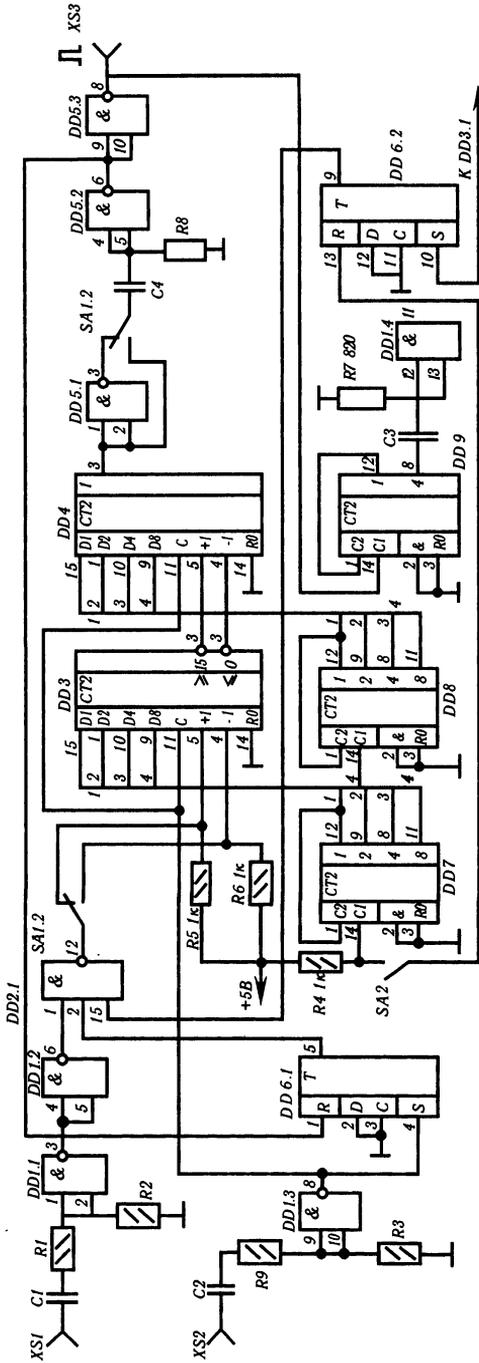
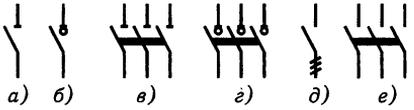
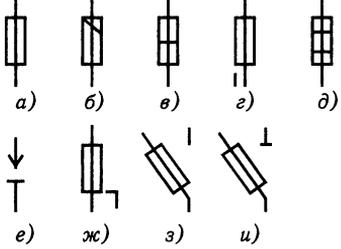
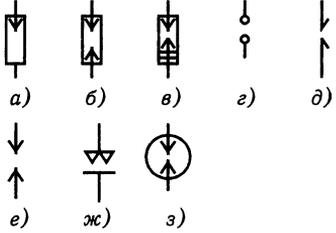
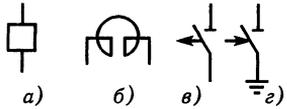
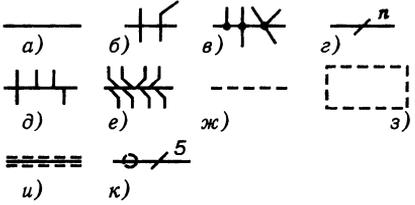


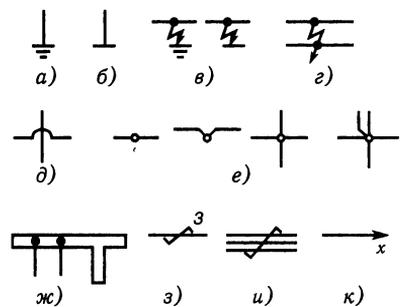
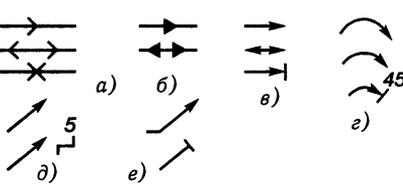
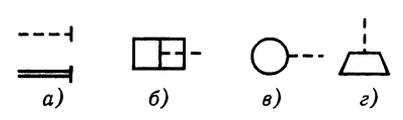
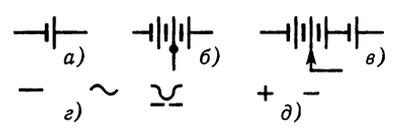
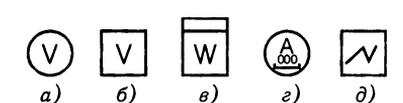
Рис. 1.6.11. Порядок расположения большого количества управляющих сигналов функциональной части схемы (обозначение элементов цифровой вычислительной техники. Пример)

Таблица 1.6.4. Условные графические обозначения на электрических схемах

Оборудование	Обозначение
<p>Электростанции (ЭС) и подстанции (ПС) — обозначения без конкретизации конструктивного исполнения (при необходимости различения действующих и проектируемых объектов в первом случае применяется штриховка), ГОСТ 2.748-68*:</p> <p><i>а</i> — ЭС, общее обозначение; <i>б</i> — ЭС тепловая; <i>в</i> — ЭС паротурбинная на твердом топливе; <i>г</i> — ТЭЦ на твердом топливе; <i>д</i> — АЭС; <i>е</i> — ГЭС; <i>ж</i> — ГАЭС; <i>з</i> — ЭС геотермальная; <i>и</i> — ПС, общее обозначение; <i>к</i> — ПС трансформаторная; <i>л</i> — ПС выпрямительная</p>	
<p>ПС с указанием вида установки, ГОСТ 2.748-68*:</p> <p><i>а</i> — открытая; <i>б</i> — закрытая; <i>в</i> — подземная; <i>г</i> — полуподземная; <i>д</i> — передвижная</p>	
<p>Машины электрические, ГОСТ 2.722-68*:</p> <p><i>а</i> — генератор трехфазный, общее обозначение; <i>б</i> — двигатель трехфазный с соединением обмоток статора в звезду, общее обозначение; <i>в</i> — асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, общее обозначение; <i>г</i> — генератор постоянного тока с независимым возбуждением (два варианта изображения); <i>д</i> — то же с последовательным; <i>е</i> — то же с параллельным; <i>ж</i> — то же со смешанным; <i>з</i> — двигатель постоянного тока реверсивный с двумя последовательными обмотками возбуждения</p>	
<p>Трансформаторы и автотрансформаторы, ГОСТ 2.723-68*:</p> <p><i>а</i> — трансформатор со ступенчатым регулированием; <i>б</i> — автотрансформатор с третиной обмоткой в однофазном изображении; <i>в</i> — трансформатор с ферромагнитным магнитопроводом однофазный (два варианта изображения); <i>г</i> — то же трансформатор трехфазный со схемой обмоток звезда — звезда с выведенной нейтралью; <i>д</i> — то же, со схемой звезда — треугольник; <i>е</i> — трансформатор однофазный с ферромагнитным магнитопроводом и управляющей обмоткой</p>	
<p>Катушки индуктивности, трансформаторы тока, ГОСТ 2.723 - 68*:</p> <p><i>а</i> — общее обозначение, если требуется, начало обмотки обозначается точкой; <i>б</i> — дроссель с ферромагнитным магнитопроводом; <i>в</i> — катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим магнитопроводом; <i>г</i> — катушка индуктивности со скользящим контактом и отводом; <i>д</i> — трансформатор тока с одной вторичной обмоткой (два варианта изображения); <i>е</i> — трансформатор тока быстроснабщающийся; <i>ж</i> — реактор</p>	

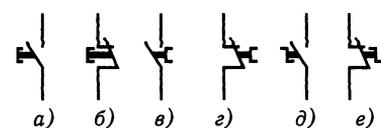
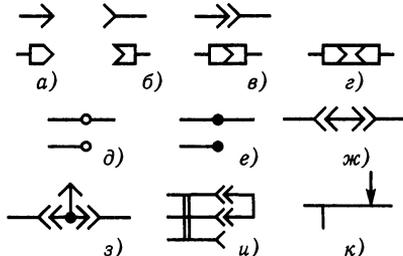
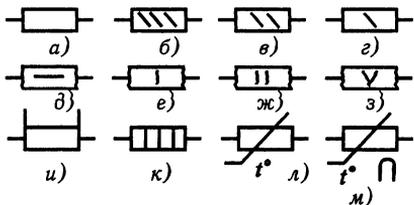
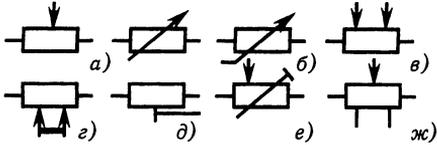
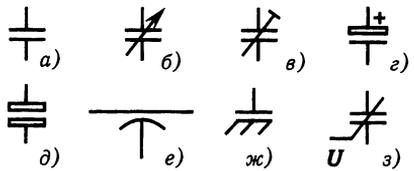
Продолжение таблицы 1.6.4.

Оборудование	Обозначение
<p>Коммутационные устройства высокого напряжения, ГОСТ 2.755-74*: <i>a</i> — разъединитель однополюсный; <i>b</i> — выключатель-разъединитель однополюсный; <i>в</i> — разъединитель трехполюсный; <i>г</i> — выключатель-разъединитель трехполюсный; <i>д, е</i> — выключатель трехполюсный (два варианта изображения)</p>	
<p>Предохранители, ГОСТ 2.727-68*: <i>a</i> — плавкий, общее обозначение; <i>b</i> — инерционно-плавкий; <i>в</i> — тугоплавкий; <i>г</i> — быстродействующий; <i>д</i> — катушка термическая (предохранительная); <i>e</i> — пробивной; <i>ж</i> — с общей цепью сигнализации; <i>з</i> — выключатель-предохранитель; <i>и</i> — разъединитель-предохранитель</p>	
<p>Разрядники, ГОСТ 2.727-68*: <i>a</i> — общее обозначение; <i>b</i> — трубчатый; <i>в</i> — вентильный; <i>г</i> — шаровой; <i>д</i> — роговой; <i>e</i> — искровой промежуток двухэлектродный, общее обозначение; <i>ж</i> — угольный; <i>з</i> — вакуумный</p>	
<p>Некоторые однолинейные обозначения аппаратов высокого напряжения, не предусмотренные стандартами ЕСКД, но принятые практикой: <i>a</i> — выключатель; <i>b</i> — реактор сдвоенный; <i>в</i> — отделитель; <i>г</i> — короткозамыкатель</p>	
<p>Провода, кабели и шины, ГОСТ 2.751-73*: <i>a</i> — общее обозначение линии связи, провода, кабели, шины (групповое обозначение чертится толще других); <i>b</i> — пересечение линий без соединения; <i>в</i> — ответвления; <i>г</i> — однолинейное обозначение группы из <i>n</i> линий; <i>д, е</i> — примеры графического слияния линий электросвязи в групповую линию; <i>ж</i> — линия экранирования; <i>з</i> — экранирование группы элементов; <i>и</i> — экранированная линия связи; <i>к</i> — группа из пяти линий связи в общем экране</p>	

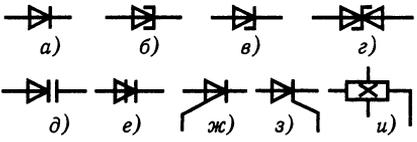
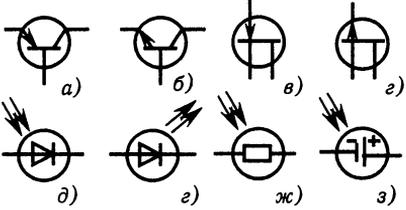
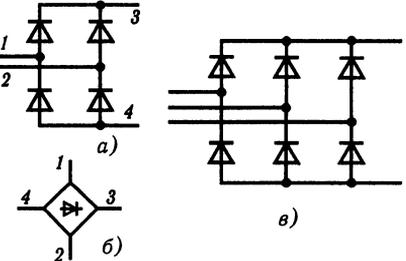
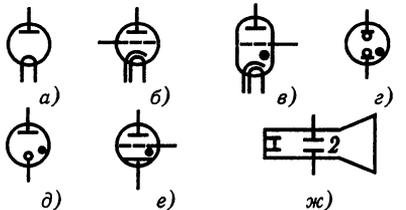
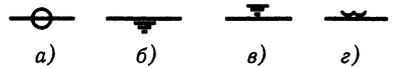
Оборудование	Обозначение
<p>Заземления, соединения, повреждение проводов, кабелей и шин, ГОСТ 2.751-73*: <i>а</i> — заземление; <i>б</i> — соединение с корпусом; <i>в</i> — повреждение на землю, корпус; <i>г</i> — повреждение изоляции между проводами; <i>д</i> — графическое пересечение проводов с учетом их взаимного расположения (верхний провод обозначается полуокружностью); <i>е</i> — примеры подключения проводов к одной точке; <i>ж</i> — шина с ответвлением и двумя отводами (отпайками); <i>з</i>, <i>и</i> — однолинейное и многолинейное изображение группы из трех скрученных проводов; <i>к</i> — обрыв линии (на месте знака <i>х</i> указываются данные о продолжении линии на схеме)</p>	 <p>а) б) в) г) е) ж) з) и) к)</p>
<p>Обозначения общего применения, ГОСТ 2.721-74*: <i>а</i> — поток электромагнитной энергии, сигнал электрический (в одном направлении, в обоих направлениях одновременно, в обоих — одно- временно); <i>б</i> — то же для жидкостей (при неза- черненном треугольнике — для газа); <i>в</i> — дви- жение прямолинейное одностороннее, возвратное, с ограничением; <i>г</i> — движение вращательное од- ностороннее, возвратное, на угол 45°; <i>д</i> — регу- лирование линейное, общее обозначение, и ступен- чатое (пять ступеней); <i>е</i> — регулирование нели- нейное и подстроечное</p>	 <p>а) б) в) г) д) е)</p>
<p>Приводы коммутационных аппаратов, ГОСТ 2.721-74*: <i>а</i> — ручной, общее обозначение (два варианта); <i>б</i> — пневматический; <i>в</i> — электромашинный; <i>г</i> — тормоз</p>	 <p>а) б) в) г)</p>
<p>Источники тока, ГОСТ 2.742- 68* и 2.750-68: <i>а</i> — элемент гальванический или аккумулятор- ный; <i>б</i> — батарея аккумуляторная с отводом; <i>в</i> — то же с одинарным элементным коммута- тором; <i>г</i> — обозначение рода тока: постоянный, пе- ременный, пульсирующий; <i>д</i> — полярность: поло- жительная, отрицательная</p>	 <p>а) б) в) г) д)</p>
<p>Электроизмерительные приборы, ГОСТ 2.729-68*: <i>а</i> — показывающий вольтметр; <i>б</i> — регистри- рующий вольтметр; <i>в</i> — интегрирующий прибор (счетчик); <i>г</i> — амперметр с цифровым отсчетом; <i>д</i> — осциллограф</p>	 <p>а) б) в) г) д)</p>

Продолжение таблицы 1.6.4.

Оборудование	Обозначение
<p>Обмотки электромеханических устройств (пускатели, электромагниты, реле), ГОСТ 2.756-76*:</p> <p><i>a</i> — общее обозначение (два варианта); <i>b</i> — с одной обмоткой; <i>в</i> — с двумя обмотками (два варианта); <i>г</i> — отдельная обмотка катушки с несколькими обмотками при разнесении на схеме; <i>д</i> — с <i>n</i> обмотками; <i>e</i> — с двумя встречными обмотками; <i>ж</i> — с двумя встречными одинаковыми обмотками (бифилярные); <i>з</i> — с одним отводом; <i>и</i> — трехфазная; <i>к</i> — пример уточняющих указаний в основном графическом поле: обмотка реле максимального тока; <i>л</i> — примеры уточняющих указаний в дополнительном графическом поле: обмотка реле переменного тока, обмотка реле напряжения; <i>м</i> — обмотка теплового реле</p>	
<p>Контакты коммутационных устройств, общие обозначения, ГОСТ 2.755-74*:</p> <p><i>a</i> — замыкающий; <i>б</i> — размыкающий (два варианта изображения); <i>в</i> — переключающий (три варианта); <i>г</i> — переключающий без размыкания цепи; <i>д</i> — переключающий со средним положением; <i>e</i> — с двойным замыканием; <i>ж</i> — с двойным размыканием; <i>з, и</i> — замыкающий и размыкающий с механическими связями (два варианта)</p>	
<p>Контакты коммутационных устройств замыкающие, ГОСТ 2.755-74*:</p> <p><i>a</i> — с замедлением при срабатывании; <i>б</i> — с замедлением при возврате; <i>в</i> — с замедлением при срабатывании и возврате; <i>г</i> — без самовозврата; <i>д</i> — с самовозвратом; <i>e</i> — импульсные (замыкающие при срабатывании, при возврате, при срабатывании и возврате); <i>ж</i> — для силовоточной цепи; <i>з</i> — дугогасительный; <i>и</i> — теплового реле</p>	
<p>Контакты коммутационных устройств импульсные размыкающие, ГОСТ 2.755-74*:</p> <p><i>a</i> — при срабатывании; <i>б</i> — при возврате; <i>в</i> — при срабатывании и возврате</p>	
<p>Примеры обозначений коммутационных устройств в сборе, ГОСТ 2.755-74*:</p> <p><i>a</i> — реле электромагнитное с тремя контактами: замыкающим, размыкающим и переключающим; <i>б, в</i> — трехполюсные выключатели: путевой и с возвратом при перегрузке; <i>г</i> — трехполюсный переключатель</p>	

Оборудование	Обозначение
<p>Выключатели кнопочные с самовозвратом, ГОСТ 2.755-74*: <i>а, б</i> — с контактами замыкающим и размыкающим нажимной; <i>в, г</i> — то же вытяжной; <i>д, е</i> — то же поворотный</p>	
<p>Выключатели кнопочные без самовозврата, ГОСТ 2.755-74*: <i>а</i> — с возвратом вытягиванием кнопки; <i>б</i> — то же вторичным нажатием; <i>в</i> — то же нажатием специальной кнопки (сброт)</p>	
<p>Контактные соединения, ГОСТ 2.755-74*: <i>а</i> — разъемное, штырь; <i>б</i> — то же, гнездо; <i>в</i> — то же, в сборе; <i>г</i> — разъемное, проходное; <i>д</i> — разборное, контакт; <i>е</i> — неразборное, контакт; <i>ж</i> — перемычка коммутационная на размыкание; <i>з</i> — то же с выведенным штырем; <i>и</i> — перемычка коммутационная на переключение; <i>к</i> — скользящий контакт</p>	
<p>Резисторы постоянные и терморезисторы, ГОСТ 2.728-74*: <i>а</i> — общее обозначение; <i>б</i> — с нормальной мощностью рассеяния 0,05 Вт; <i>в</i> — 0,125 Вт; <i>г</i> — 0,25 Вт; <i>д</i> — 0,5 Вт; <i>е</i> — 1,0 Вт; <i>ж</i> — 2,0 Вт; <i>з</i> — 5,0 Вт; <i>и</i> — шунт измерительный; <i>к</i> — элемент нагревательный; <i>л, м</i> — терморезисторы прямого и косвенного подогрева</p>	
<p>Резисторы переменные, ГОСТ 2.728-74*: <i>а</i> — общее обозначение (два варианта); <i>б</i> — с нелинейной регулировкой; <i>в, г</i> — с двумя подвижными механически не связанными контактами; <i>д</i> — подстроечный; <i>е</i> — переменный с подстройкой; <i>ж</i> — с двумя дополнительными отводами</p>	
<p>Конденсаторы. ГОСТ 2.728-74*: <i>а</i> — постоянной емкости; <i>б</i> — переменной емкости; <i>в</i> — подстроечный; <i>г</i> — электролитический поляризованный; <i>д</i> — то же не поляризованный; <i>е</i> — проходной; <i>ж</i> — опорный; <i>з</i> — вариконд</p>	

Продолжение таблицы 1.6.4.

Оборудование	Обозначение
<p>Полупроводниковые приборы, ГОСТ 2.730-73*: <i>a</i> — диод, общее обозначение; <i>б</i> — туннельный диод; <i>в</i>, <i>г</i> — стабилитрон односторонний, двусторонний; <i>д</i> — варикап; <i>е</i> — диодный тиристор (динистор); <i>ж</i> — тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением по катоду; <i>з</i> — то же, по аноду; <i>и</i> — датчик Холла; <i>к</i> — диод Шоттки</p>	
<p>Транзисторы, приборы излучающие и фоточувствительные, ГОСТ 2.730-73*: <i>a</i> — транзистор типа <i>PNP</i>; <i>б</i> — лавинный транзистор типа <i>NPN</i>; <i>в</i> — полевой транзистор с каналом <i>N</i>-типа; <i>г</i> — то же <i>P</i>-типа; <i>д</i> — фотодиод; <i>е</i> — светодиод; <i>ж</i> — фоторезистор, общее обозначение; <i>з</i> — солнечный фотоэлемент</p>	
<p>Выпрямительные схемы, ГОСТ 2.730-73*: <i>a</i> — однофазная мостовая, развернутое изображение; <i>б</i> — то же, упрощенное изображение; <i>в</i> — трехфазная мостовая</p>	
<p>Приборы электровакuumные, ГОСТ 2.731-81: <i>a</i> — диод прямого накала; <i>б</i> — триод с катодом косвенного накала; <i>в</i> — тиратрон; <i>г</i> — лампа тлеющего разряда (например, неоновая); <i>д</i> — стабилитрон; <i>е</i> — вентиль ртутный управляемый; <i>ж</i> — электронно-лучевая двуханодная, упрощенное обозначение</p>	
<p>Линии электроснабжения и связи, виды прокладки. СТ СЭВ 160-75: <i>a</i> — воздушная на опорах; <i>б</i> — наземная; <i>в</i> — подземная; <i>г</i> — подводная</p>	

Оборудование	Обозначение
<p>Линии электроснабжения и связи, опоры ВЛ, СТ СЭВ 160-75:</p> <p><i>а</i> — общее обозначение и для круглого сечения; <i>б</i> — для квадратного и прямоугольного; <i>в</i> — с одной и двумя приставками; <i>г</i> — с оттяжкой и с поддержкой; <i>д</i> — промежуточная; <i>е</i> — А-образная; <i>ж</i> — порталная; <i>з</i> — 3-х стоечная железобетонная; <i>и</i> — то же, повышенная (в отличие от типовой) на переходе через инженерные сооружения; <i>к</i> — совместная подвеска проводов неизолированных ВЛ 0,4 и 6-10кВ; <i>л</i> — то же, неизолированные 6-10кВ и изолированные 0,4 кВ; <i>м</i> — то же, защищенные 6-10 кВ и изолированные 0,4 кВ; <i>н</i> — опора с повторным заземлением нулевого провода ВЛ 0,4 кВ; <i>о</i> — опора с фонарем уличного освещения; <i>п</i> — ввод 0,4 кВ с трубойстойкой (утка)</p>	<p>а) б) в) г) ж) з) д) е) ж) з) и) к) л) м) н) о) п)</p>
<p>Линии электроснабжения и связи, элементы и защита подземных, подводных линий, Стандарт СЭВ 160-75:</p> <p><i>а</i> — муфты концевые: прямая, ответвительная; <i>б</i> — муфты: линейная (соединительная), линейная повышенной надежности и ответвительная; <i>в</i> — покрытие, общее обозначение; <i>г, з</i> — покрытие кирпичом, черепицей, бетонными плитами, профилированной сталью, фольгой из пластмассы; <i>и</i> — канализация в трубе, в <i>n</i> трубах; <i>к</i> — канализация в кабельном блоке с тремя отверстиями; <i>с 9</i> отверстиями; <i>л</i> — канализация в открытом, закрытом кабельных каналах; <i>м</i> — канализация в кабельном туннеле; <i>н</i> — анод защитный</p>	<p>а) б) в) г) е) ж) з) и) к) л) м) н)</p>
<p>Линии электроснабжения и связи, элементы и конструкции ВЛ, СТ СЭВ 160-75:</p> <p><i>а</i> — подвес промежуточный двойной; <i>б</i> — подвес провода (кабеля) на тросе; <i>в</i> — провод (кабель) самонесущий; <i>г</i> — транспозиция провода на опоре, в пролете; <i>д</i> — гаситель вибрации; <i>е</i> — батарея конденсаторов в пролете; <i>ж</i> — разъединитель на опоре; <i>з</i> — разрядник на опоре, общее обозначение; <i>и</i> — молниевотвод на опоре; <i>к</i> — светильник на опоре</p>	<p>а) б) в) г) д) е) ж) з) и) к)</p>

1.6.5. Устройства телемеханики (ГОСТ 2.752-71)

Условные графические обозначения устройств телемеханики в схемах составляются из общих обозначений и обозначений функций, выполняемых устройствами телемеханики. При построении условных обозначений конкретных устройств телемеханики внутри общих обозначений помещают обозначения функций.

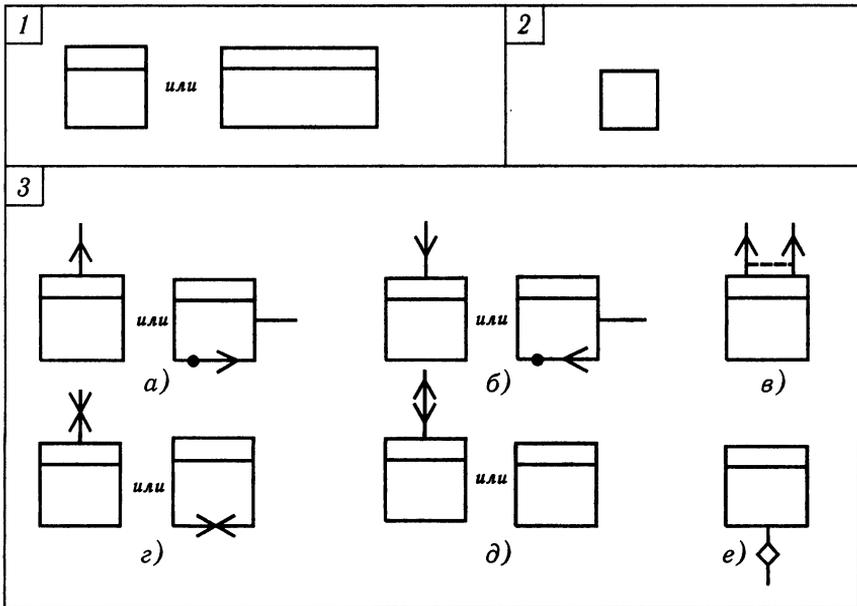
Общие обозначения устройств телемеханики (табл. 1.6.5.)

1. Устройство телемеханики.

2. Аппарат телемеханики.

3. Работа устройства телемеханики: а) на передачу; б) на прием; в) по нескольким направлениям; г) на прием и передачу одновременно; д) на прием и передачу попеременно; е) на ретрансляцию.

Таблица 1.6.5.



Квалифицирующие символы функций, выполняемых устройствами телемеханики (табл. 1.6.6.).

1. Телеуправление: а) передающая сторона; б) приемная сторона.

2. Телерегулирование: а) передающая сторона; б) приемная сторона.

3. Телесигнализация: а) передающая сторона; б) приемная сторона.

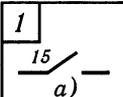
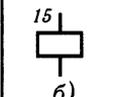
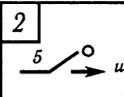
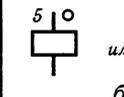
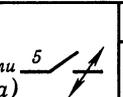
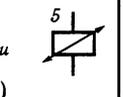
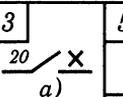
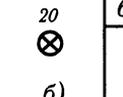
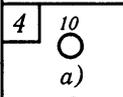
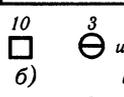
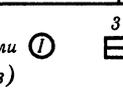
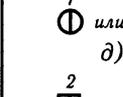
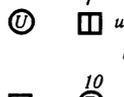
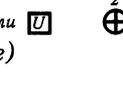
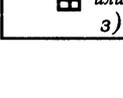
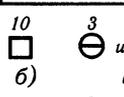
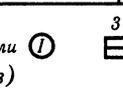
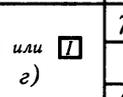
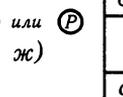
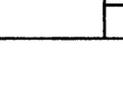
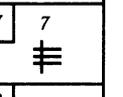
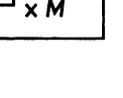
4. Телеизмерение: а) текущих значений параметров с индикацией; б) текущих значений параметров с записью; в) тока с индикацией; г) тока с записью; д) напряжения с индикацией; е) напряжения с записью; ж) мощно-

сти с индикацией; з) мощности с записью; и) интегральных значений параметров.

При телеизмерении для указания приемной стороны допускается про- ставлять квалифицирующий символ «□».

5. Телекомандование.
6. Телеавтоматика.
7. Передача производственно-статистической информации.
8. Вызов объекта.
9. Выбор масштаба.

Таблица 1.6.6.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1</div>  	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">2</div>  	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3</div>  	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">5</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">6</div> 
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">4</div>       	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">2</div> 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">7</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">8</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">9</div> 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">7</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">8</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">9</div> 

Примеры обозначения устройств телемеханики (табл.1.6.7.).

1. Устройство телеизмерения: а) текущих значений параметров с индикацией, осуществляющее передачу двоичным пятиразрядным кодово-импульсным методом 10 объектам; б) напряжения с индикацией, передающее с выводом цифровой информации; в) интегральных значений параметров 5 объектов; г) текущих значений параметров с индикацией по вызову 2 объектов; д) активной мощности; е) мощности с индикацией трехфазного тока по 2 объектам.

2. Устройство телеуправления: а) передающее переменным током 10 исполнительным объектам; б) и телеизмерения с индикацией и записью передающее, изменяющейся звуковой частотой модулирования и принимающее по п каналам связи; в) передающее на 10 объектов, телеизмерения тока с индикацией приемное от 2 объектов, телесигнализации приемное от 8 объектов по п каналам связи; г) передающее на 7 объектов, телеизмерения с записью приемное от 20 объектов, телесигнализации приемное от 15 объектов.

3. Устройство сигнализации: а) передающее на 15 объектов; б) на 20 объектов; в) по вызову от 15 объектов.

4. Устройство телерегулирования приемное от 2 объектов.

5. Устройство телекомандования 10 объектов.

6. Устройство телеавтоматики 5 объектов.

7. Устройство передачи производственно-статистической информации 3 объектам.

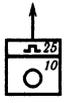
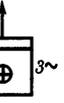
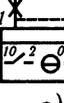
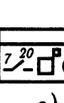
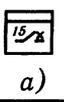
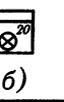
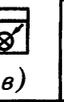
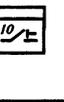
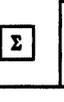
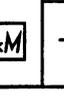
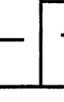
8. Сумматор.

9. Аппарат масштабирующий.

10. Усилитель суммирующий.

11. Преобразователь первичный (буквы X и Y обозначают соответственно входной и выходной параметры).

Таблица 1.6.7.

1					
					
a)	б)	в)	з)	д)	е)
2					
					
a)	б)		в)		з)
3			4		5
					
a)	б)	в)			
6	7	8	9	10	11
					

1.6.6. Сигнальная техника (ГОСТ 2.758–81)

Общие обозначения приборов сигнализации (табл.1.6.8.)

1. Срабатывание: а) ручное; б) автоматическое, общее обозначение; в) автоматическое с предупреждением; г) при наборе кода; д) при разрыве.

2. Контроль: а) общее обозначение; б) со схемой защиты; в) уровня, об-

щее обозначение.

3. Защитный контакт.
4. Вибрация.
5. Срочный вызов, неотложность.
6. Периодический временной интеграл, например, $2S$ для состояния «вкл.» (указание в качестве числителя) и $5S$ для состояния «откл.» (указания в качестве знаменателя).
7. Квитирование: а) ручное (подтверждение приема); б) автоматическое (регистрация).
8. Исполнение: а) защитное; б) взрывозащитное.
9. Электрическая защита.

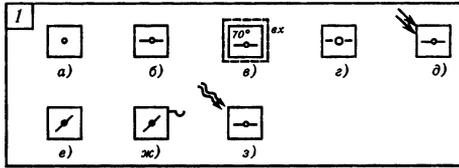
Таблица 1.6.8.

1	 а)	 б)	 в)	 г)	 д)
2	 а)	 б)	 в)	3  а)	4  а)
5	 а)	6 $2s/5s$	7  или  а)	 или  б)	
8	 а)	ex б)	9  а)		

Ручные и автоматические устройства для включения сигнала, а также устройства срочного вызова (табл. 1.6.9.)

1. Устройство: а) включения сигнала, приводимое в действие вручную, общее обозначение; б) для автоматического включения сигнала, общее обозначение; в) для автоматического включения сигнала в защитном исполнении для взрывоопасной окружающей среды с автоматическим срабатыванием при предельной температуре $t = 70^{\circ}\text{C}$; г) для автоматического включения сигнала с предупреждением; д) для автоматического включения сигнала со срабатыванием от световой энергии; е) сигнализация срочного вызова; ж) срочного вызова с телефоном; з) автоматическая сигнализация с помощью ионизационного пускового устройства.

Таблица 1.6.9.



Обозначения элементов привода и управляющих устройств
(табл.1.6.10)

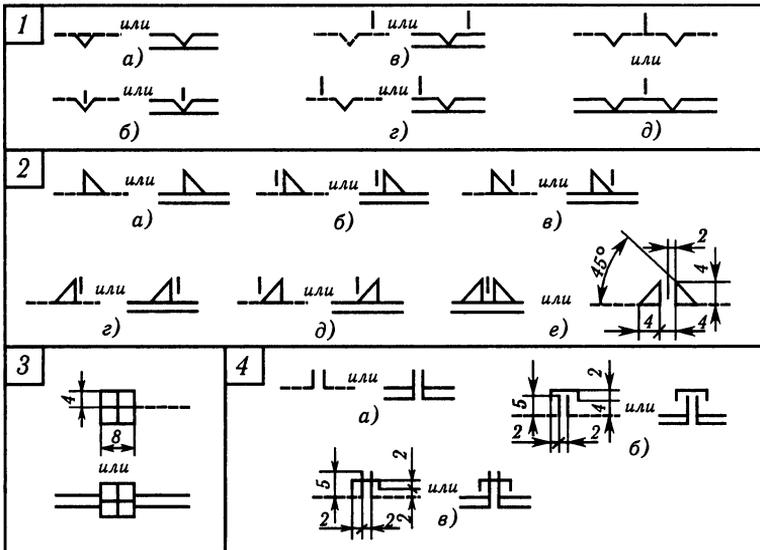
1. Фиксирующий механизм: а) общее обозначение; б) в положении фиксации; в) приобретающий положение фиксации после передвижения вправо; г) приобретающий положение фиксации после передвижения влево; д) приобретающий положение фиксации после передвижения вправо и влево.

2. Механизм с защелкой: а) общее обозначение; б) препятствующий передвижению влево в фиксированном положении; в) препятствующий передвижению влево в нефиксированном положении; г) препятствующий передвижению вправо в фиксированном положении; д) препятствующий передвижению вправо в нефиксированном положении; е) препятствующий передвижению в обе стороны.

3. Механизм свободного расцепления.

4. Муфта: а) общее обозначение; б) выключенная; в) включенная.

Таблица 1.6.10



5. Тормоз: а) общее обозначение; б) в отпущенном состоянии; в) в состоянии торможения.

6. Поводок.

7. Кулачок.

8. Линейка.

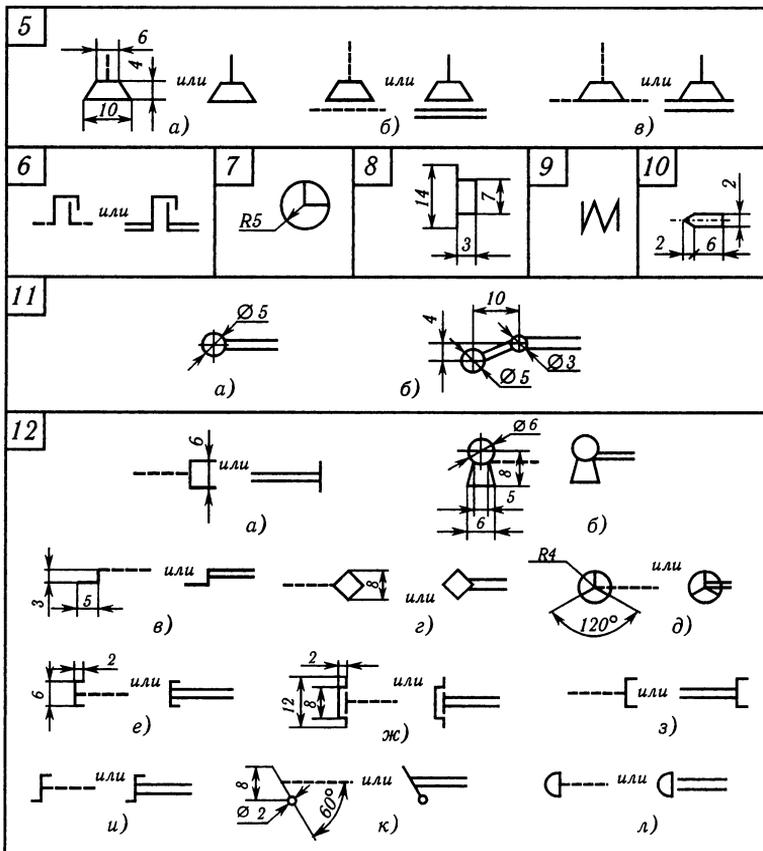
9. Пружина.

10. Толкатель.

11. Ролик: а) общее обозначение; б) срабатывающий в одном направлении.

12. Ручной привод: а) общее обозначение; б) приводимый в движение ключом; в) приводимый в движение несъемной рукояткой; г) приводимый в движение съемной рукояткой; д) приводимый в движение маховичком; е) приводимый в движение нажатием кнопки; ж) приводимый в движение с ограниченным допуском; з) приводимый в движение вытягиванием кнопки; и) приводимый в движение поворотом кнопки; к) приводимый в движение рычагом; л) аварийного срабатывания.

Продолжение таблицы 1.6.10.



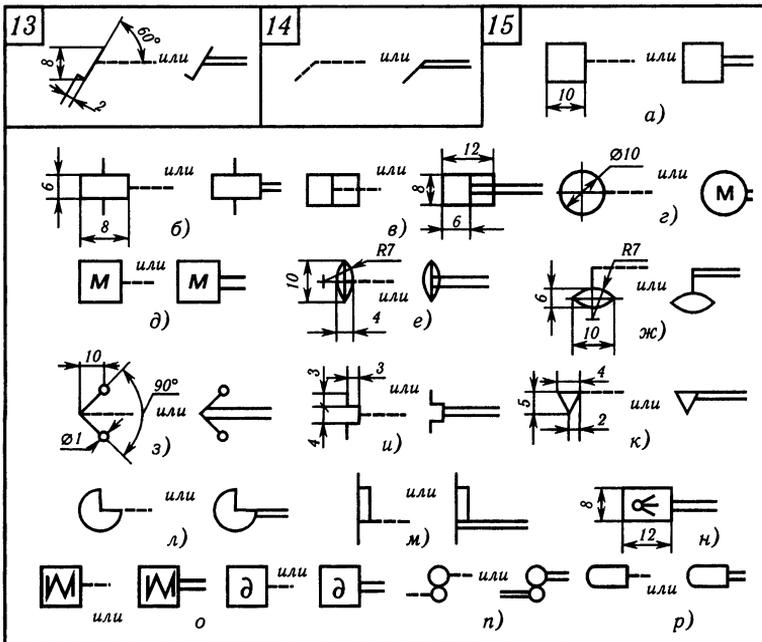
13. Ножной привод.

14. Привод другими частями тела.

15. Другие приводы: а) аккумулятор механической энергии, общее обозначение; б) электромагнитный; в) пневматический или гидравлический; г) электромашинный; д) тепловой (тепловой двигатель); е) мембранный; ж) поплавковый; з) центробежный; и) с помощью биметалла; к) струйный; л) кулачковый; м) привод линейкой; н) пиропатрон; о) привод механической пружиной; п) привод шестеренчатый; р) привод щупом или прижимной планкой.

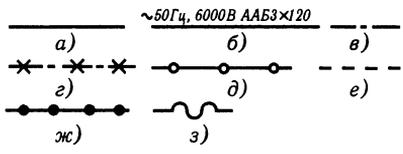
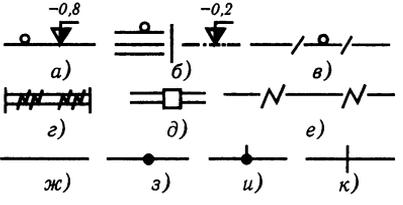
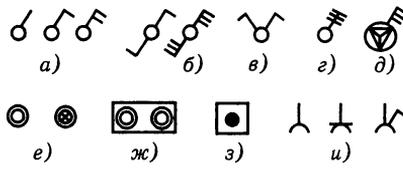
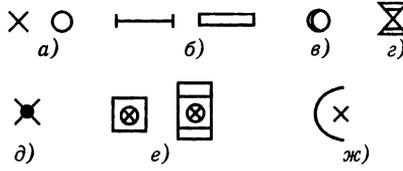
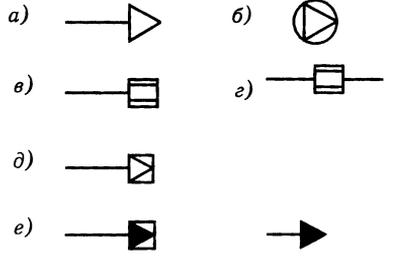
Примечание. Толщина основной линии выполняемых элементов должна быть в пределах от 0,6 до 1,5 мм; толщина штриховой линии — в два или три раза тоньше основной линии.

Продолжение таблицы 1.6.10.

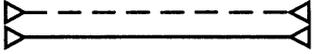
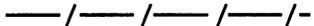
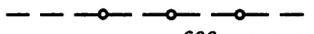
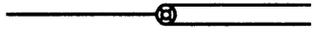
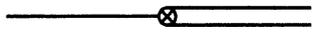
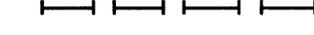
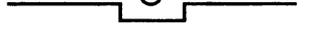


Примечания: 1. В таблице приведены обозначения лишь наиболее употребительных видов оборудования и, как правило, только основные варианты обозначения. 2. Допускается выполнять графические обозначения в зеркальном изображении.

Таблица 1.6.11. Условные графические обозначения на планах

Оборудование	Обозначение
<p>Электропроводки и заземления, ГОСТ 2.754-72*: <i>а</i> — линия проводки, общее обозначение; <i>б</i> — то же, пример для цепи переменного тока 50 Гц 6 кВ, выполненной кабелем ААБЗ 3 х 120; <i>в</i> — линия заземления или зануления; <i>г</i> — металлоконструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления; <i>д</i> — заземлители; <i>е</i> — линия аварийного, охранного освещения; <i>ж</i> — линия напряжением 36 В и ниже; <i>з</i> — проводка гибкая</p>	
<p>Электропроводки в трубах и каналах, шинопроводы, ГОСТ 2.754-72*: <i>а</i> — труба, прокладываемая скрыто, с отметкой заложения; <i>б</i> — группа труб, прокладываемых скрыто; <i>в</i> — труба, прокладываемая открыто; <i>г</i> — туннель кабельный; <i>д</i> — кабельный канал с колодезем; <i>е</i> — траншея кабельная; <i>ж</i> — линия, выполняемая голыми шинами или проводами; <i>з</i> — шинопровод закрытый на стойках; <i>и</i> — то же на подвесках; <i>к</i> — то же на кронштейнах</p>	
<p>Выключатели, переключатели, кнопки, розетки штепсельные, ГОСТ 2.754-72*: <i>а</i> — выключатель: общее обозначение, однополюсный, двухполюсный; <i>б</i> — переключатели на два направления однополюсный, трехполюсный; <i>в</i> — переключатель многопозиционный; <i>г</i> — переключатель числа пар полюсов; <i>д</i> — переключатель со звезды на треугольник; <i>е</i> — выключатель кнопочный: общее обозначение и со встроенной сигнальной лампой; <i>ж</i> — пост кнопочный на две кнопки; <i>з</i> — извещатель пожарный; <i>и</i> — розетки штепсельные: общее обозначение, с защитным контактом, совмещенная с выключателем</p>	
<p>Светильники и табло, ГОСТ 2.754-72*: <i>а</i> — светильники с лампами накаливания, общее обозначение (два варианта); <i>б</i> — с люминисцентной лампой; <i>в</i> — с лампой ДРЛ; <i>г</i> — аварийного освещения; <i>д</i> — указателя аварийного выхода; <i>е</i> — табло на один сигнал, на три сигнала; <i>ж</i> — прожектор, общее обозначение</p>	
<p>Трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ: <i>а</i> — мачтовая трансформаторная подстанция; <i>б</i> — мачтовая, с вынесенным на соседнюю опору ВЛ 10кВ разъединителем; <i>в</i> — комплектная тупикового питания; <i>г</i> — комплектная проходного типа; <i>д</i> — закрытого исполнения; <i>е</i> — закрытого исполнения, мачтового исполнения строящаяся</p>	

Продолжение таблицы 1.6.11.

Оборудование	Обозначение
Подземные коммуникации:	
<i>а</i> — силовой кабель;	 <i>а)</i>
<i>б</i> — трамвайный кабель;	 <i>б)</i>
<i>в</i> — радиокабель;	 <i>в)</i>
<i>г</i> — телефонный кабель;	 <i>г)</i>
<i>д</i> — телеграфный кабель;	 <i>д)</i>
<i>е</i> — кабель наружного освещения;	 <i>е)</i>
<i>ж</i> — водопровод;	 <i>ж)</i>
<i>з</i> — водосток;	 <i>з)</i>
<i>и</i> — канализация;	 <i>и)</i>
<i>к</i> — теплопровод;	 <i>к)</i>
<i>л</i> — газопровод;	 <i>л)</i>
<i>м</i> — дренаж;	 <i>м)</i>
<i>н</i> — блочная канализация;	 <i>н)</i>
<i>о</i> — щитовая проходка;	 <i>о)</i>
<i>п</i> — городской коллектор	 <i>п)</i>

1.6.7. Элементы цифровой техники (ГОСТ 2.743-82)

Элементы схемы — изделия или части изделия, реализующие функцию или систему функций алгебры логики (например, элемент И, ИЛИ, И-ИЛИ-НЕ, микросхема интегральная, набор элементов). К элементам цифровой техники относят также элементы, не выполняющие функции алгебры логики, но применяемые в логических цепях (генератор, усилитель и т.д.).

УГО элементов цифровой техники строят на основе прямоугольника. В самом общем виде УГО может содержать основное и два дополнительных поля, расположенных по обе стороны от основного (рис. 1.6.12). Размер прямоугольника по ширине зависит от наличия дополнительных полей и числа помещенных в них знаков (отметок, обозначения функции элемента), по высоте — от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительных полях. Согласно стандарту ширина основного поля должна быть не менее 10, дополнительных — не менее 5 мм (при большом числе знаков в

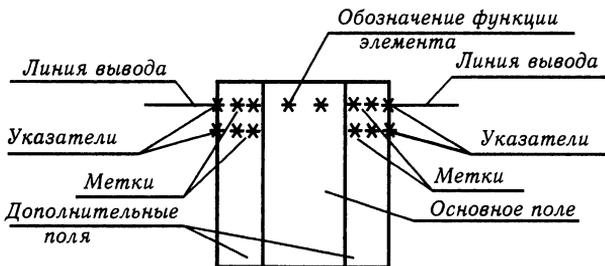


Рис. 1.6.12. Изображение элементов цифровой техники на основе прямоугольника

метках и обозначении функции элемента эти размеры соответственно увеличивают), расстояния между выводами — 5 мм, между выводом и горизонтальной стороной обозначения (или границей зоны) — не менее 2,5 мм и кратной этой величине. При разделении групп выводов интервалом величина последнего должна быть не менее 10 и кратна 5 мм.

Выводы элементов цифровой техники делятся на входы, выходы, двунаправленные выходы и выходы, не несущие информации. Входы изображают слева, выходы — справа, остальные выходы — с любой стороны УГО. При необходимости разрешается поворачивать обозначение на угол 90° по часовой стрелке, т.е. располагать входы сверху, а выходы — снизу (рис. 1.6.13).

Функциональное назначение элемента цифровой техники указывают в верхней части основного поля УГО. Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков, записываемых без пробелов (число знаков в обозначении функции не ограничивается). Обозначения основных функций и их производных приведены в табл. 1.6.12. и 1.6.13.

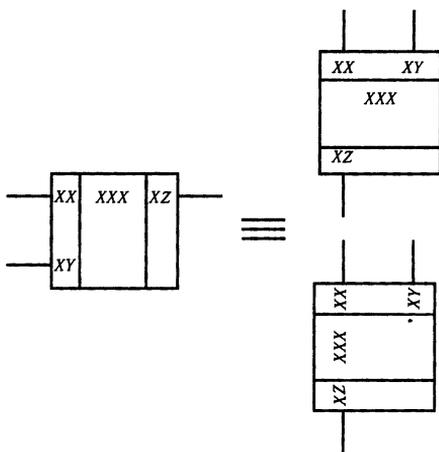


Рис. 1.6.13. Обозначение входов и выходов связей на экранах ЭВМ

В последующих строках изображают соответствующую информацию по ГОСТ 2.708–81; в дополнительных полях — информацию о функциональных назначениях выводов — указатели, метки, обозначения которых приведены в табл. 1.6.12. Все надписи выполняются основным шрифтом по ГОСТ 2.304–81.

Таблица 1.6.12.

Наименование основной функции	Обозначение	Наименование производной функции	Обозначение
Вычислитель	<i>CP</i>	Секция вычислителя	<i>CPS</i>
Процессор	<i>P</i>	Вычислительное устройство (центральный процессор)	<i>CPU</i>
		Секция процессора	<i>PS</i>
Память	<i>M</i>	Устройство запоминающее: оперативное с произвольным доступом	<i>RAM</i>
		оперативное с последовательным доступом	<i>SAM</i>
		запоминающее ассоциативное	<i>STM</i> <i>CAM</i>
		Матрица логическая программируемая	<i>PLM</i>
		Устройство запоминающее постоянное с возможностью программирования: однократного многократного	<i>ROM</i> <i>PROM</i> <i>RPROM</i>
Управление	<i>CO</i>	—	
Перенос	<i>CR</i>	—	
Прерывание	<i>INR</i>	—	
Передача	<i>TF</i>	—	
Прием	<i>RC</i>	—	
Ввод-вывод	<i>IO</i>	Ввод-вывод: последовательный параллельный	<i>IOS</i> <i>IOP</i>
Арифметика	<i>A</i>	Суммирование	<i>SM</i> или Σ
		Умножение	<i>MPL</i>
		Деление	<i>DIV</i>
		Вычитание	<i>SUB</i>
		Умножение по основанию <i>n</i> здесь и далее <i>n</i> -целое натуральное число, больше или равно 1)	<i>MPL_n</i>
		Деление по основанию <i>n</i>	<i>DIV_n</i>

Наименование основной функции	Обозначение	Наименование производной функции	Обозначение
Логика	L	Логический порог: мажоритарность (n из m) логическое ИЛИ (1 из m) логическое И (m из m) повторитель ($m=1$), где m — число входов логического элемента n и только n $n=1$ — исключающее ИЛИ	$\geq n$ или $\geq n$ $\geq n$ ≥ 1 & или И 1 $= n$ $= 1$
Элемент монтажной логики	\diamond или \boxtimes	Монтажное ИЛИ Монтажное И	1 \diamond или 1 & \diamond или \boxtimes &
Регистр	RG	Регистр со сдвигом: слева направо или сверху вниз справа налево или снизу вверх с реверсивным	$RG \rightarrow$ или $RG >$ $RG \leftarrow$ или $RG <$ $RG \leftarrow \leftarrow$ или $RG < >$
Счетчик	CT	Счетчик: по основанию n двоичный десятичный	CTn $CT2$ $CT10$
Дешифратор	DC	—	—
Шифратор	CD	—	—
Преобразователь	X/Y	Вместо X, Y можно использовать следующие значения: двоичный код; десятичный код; код Грея; аналоговая; цифровая; напряжение ток n -сегментный	B DEC G \cap или \wedge или A # или D U I nS
Примечание Буквы X, Y можно заменять обозначениями информации соответственно на входах и выходах.			
Сравнение	$= =$	—	—
Свертка по модулю n	Mn	Свертка по модулю	$M2$
Мультиплексор	MUX		
Демультимплексор	DMX		
Мультиплексор-селектор	MS		
Селектор	SL		
Генератор	G	Генератор: серии из прямоугольных импульсов с непрерывной последовательностью импульсов одиночного импульса (одновибратор)	Gn GN \sqcup или $G1$

Продолжение табл.1.6.12.

Наименование основной функции	Обозначение	Наименование производной функции	Обозначение
Пороговый элемент (триггер Шмитта)	 или <i>TH</i>	линейно изменяющихся сигналов синусоидального сигнала	<i>Gj</i> <i>GSIN</i>
Дискриминатор	 или <i>DIC</i>	Триггер двухступенчатый	<i>TT</i>
Триггер Задержка	<i>T</i> — или <i>DL</i>		
Формирователь	<i>F</i>	Формирователь уровня логического состояния <i>n</i> : логического нуля логической единицы	<i>FLn</i> <i>FLO</i> <i>FL1</i>
Усилитель	\triangleright или $>$	Усилитель с повышенной нагрузочной способностью	$\triangleright\triangleright$ или \gg
Ключ	<i>SW</i>		
Модулятор	<i>MD</i>		
Демодулятор	<i>DM</i>		
Нелогический элемент	*	Стабилизатор	<i>*ST</i>
		Стабилизатор: напряжения	<i>*STU</i>
		тока	<i>*STI</i>
		Наборы нелогических элементов:	
		резисторов	<i>*R</i>
		конденсаторов	<i>*C</i>
		индуктивностей	<i>*L</i>
		диодов	<i>*D</i>
		диодов с указанием полярности	<i>*D→</i> или <i>*D></i> <i>*D←</i> или <i>*D<</i>
		транзисторов	<i>*T</i>
трансформаторов	<i>*TR</i>		
индикаторов	<i>*H</i>		
предохранителей	<i>*FU</i>		
комбинированных (например, диодно-резисторных)	<i>*DR</i>		

Таблица 1.6.13.

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Установка: в состояние n	Sn	Квитирование	AK
в состояние «логическая 1»	S	Контроль	CH
в состояние «логический 0»	R	Маска (маскирование)	MK
в исходное состояние (сброс)	SR	Маркер	MR
Разрешение установки универсального JK -триггера: в состоянии «логическая 1» (J -вход)	J	Меньше	$<$
в состоянии «логический 0» (K -вход)	K	Меньше или равно	\leq или $<=$ или \leq
Вход увеличения (инкрементация) содержимого элемента на величину n	$+n$	Младший	LSB
Вход уменьшения (декрементация) содержимого элемента на величину n	$-n$	Начало	BG
Выход двунаправленный	\leftrightarrow или $<>$	Ожидание	WI
Выход, изменение состояния которого не происходит до тех пор, пока входной сигнал, вызывающий это изменение, не возвращается в свое исходное состояние	\lrcorner	Ответ	AN
Авария (ошибка)	ER	Открытый вывод общее обозначение	
Адрес	A	$\left\{ \begin{array}{l} \text{коллектор } PNP \\ \text{транзистора,} \\ \text{эмиттер } NPN \\ \text{транзистора,} \\ \text{сток } P \text{ канала,} \\ \text{исток } N \text{ канала} \end{array} \right\}$	\diamond или \circ
Адрес по координатам: X Y	X Y		$\overline{\diamond}$ или $\circ >$
Больше	$>$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{коллектор } NPN \\ \text{транзистора,} \\ \text{эмиттер } PNP \\ \text{транзистора,} \\ \text{сток } N \text{ канала,} \\ \text{исток } P \text{ канала} \end{array} \right\}$	$\underline{\diamond}$ или $\circ <$
Больше или равно	\geq или $>=$ или \geq		Вывод с состоянием высокого импеданса
Байт	BY	Перенос (общее обозначение)	CR
Бит	BIT	Распространение переноса	CRP
Блокировка (запрет)	DE	Генерация переноса	CRG
Буфер	BF	Перепополнение	OF
Выбор	SE	Повтор	RP
Готовность	RA	Позиция (например, микросхемы)	PO
Данные	D	Полярность: положительная	$+$
Заем	BR	отрицательная	$-$
Запись (команда записи)	WR	Приоритет	PR
Запрос (требование)	RQ	Продолжение	CN
Захват	TR	Пуск	ST
Знак	SI	Равенство	$=$
Исполнение (конец)	END	Равенство 0 (признак 0)	$= 0$
Инструкция (команда)	INS	Разрешение	E

Продолжение табл.1.6.13.

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Расширение Регенерация Режим Сдвиг	<i>EX</i> <i>REF</i> <i>MO</i> →← или < ←→<>	Считывание (команда считывания)	<i>RD</i>
Синхронизация	<i>SYN</i>	Условный бит («флаг»)	<i>FL</i>
Строб, такт	<i>C</i>	Условие	<i>CC</i>
Состояние	<i>SA</i>	Шина	<i>B</i>
Средний	<i>ML</i>	Вектор	<i>VEC</i>
Старший	<i>MSB</i>	Инверсия	<i>IN</i>
		Группа выводов, объединенных внутри элемента	1

Таблица 1.6.14.

Наименование	Обозначение
Вывод питания от источника напряжения Допускается: перед буквой <i>U</i> проставлять номинал напряжения в вольтах, проставляя при этом вместо буквы <i>U</i> букву <i>V</i> и указывать при необходимости полярность напряжения	<i>U</i> +5 <i>V</i>
после буквы <i>U</i> проставлять поясняющую информацию: порядковый номер	<i>U1</i>
указатель питания цифровой части элемента	<i>U#</i>
указатель питания аналоговой части элемента	∪ ∩ или <i>UV</i>
признак информационного питания	<i>UD</i>
Общий вывод	<i>OV</i>
Вывод питания от источника тока Допускается: перед буквой <i>I</i> проставлять номинал тока в миллиамперах	<i>I</i> 140 <i>I</i>
проставлять номинал тока в амперах, проставляя вместо буквы <i>I</i> букву <i>A</i>	0,14 <i>A</i>
после буквы <i>I</i> — порядковый номер	<i>I 2</i>
Коллектор	<i>K</i>
Эмиттер: общее обозначение	<i>E</i>
<i>NPN</i>	<i>E</i> → или <i>E</i> >
<i>PNP</i>	<i>E</i> ← или <i>E</i> <
База	<i>B</i>
Вывод для подключения: емкости	<i>C</i>
резистора	<i>R</i>
индуктивности	<i>L</i>

Обозначение УГО элементов цифровой техники (табл. 1.6.15.)

Таблица 1.6.15.

1	2	3	4
5	а)		б)

1. Основное поле с левым и правым дополнительными полями.
2. Основное поле с дополнительными, разделенными на зоны.
3. Выводы элемента (входы).
4. Выходы.
5. Изображение групп элементов в одной колонке: а) совмещенно; б) несовмещенно.

Обозначение выводов (табл. 1.6.16.)

Вывод элемента должен иметь условное обозначение, которое выполняют в виде указателей и меток. Размер указателя должен быть не более 3 мм (при выполнении схем вручную). Указатели проставляют на линии контура УГО или на линии связи около линии контура УГО со стороны линии вывода.

Указатель нелогических выводов не проставляют на выводах УГО в том случае, если он проставлен перед символом функции.

Таблица 1.6.16

1	2	3	4
а)	Форма а) б)	Форма а)	Форма б)
б)	Форма а) б)	Форма а)	Форма б)
5	а)		б)

1. Прямой статистический вход (а) и выход (б).
2. Инверсный статистический вход (а) и выход (б).
3. Динамический вход: а) прямой; б) инверсный.
4. Выход, не несущий логической информации: а) изображенный слева; б) изображенный справа.
5. Указатель полярности: а) вход; б) выход.

Примечание: Форма 1 изображения является предпочтительной. Для условного обозначения выводов, не несущих логической информации, рекомендуется использовать обозначения меток, приведенных в табл. 1.6.16.

Для указания сложной функции выводов допускается построение составной метки, образованной из основных меток. Примеры обозначений составных меток приведены в табл. 1.6.17.

Таблица 1.6.17.

Наименование	Обозначение
Выбор адреса	SEA
Выбор данных	SED
Данные контрольные	DCO
Данные последовательные	$D \rightarrow$ или $D >$
Запись в память	WRM
Разрешение сдвига	$E \rightarrow$ или $E >$
	$E \leftarrow$ или $E <$
Разрешение записи	EWR
Разрешение считывания	ERD
Разрешение состояния высокого импеданса	$E \diamond$ или EZ
Синхросигнал выбора (кристалла, микросхемы и т.д.)	CS
Синхросигнал разрешения (кристалла, микросхемы и т.д.)	CE
Строб записи	CWR
Строб считывания	CRD
Чтение из памяти	RDM
Управление адресом	COA
Управление данными	COD
Управление признаками (флагами)	COFL

Допускается в качестве меток вывода применять обозначения функций, порядковые номера, а также весовые коэффициенты разрядов. Для нумерации разрядов в группах выводов к обозначениям метки добавляют номера разрядов.

Буквенное обозначение метки допускается не проставлять при однозначном понимании УГО, например, информационный вход третьего разряда — D3 или 3.

Вместо номера разряда можно проставлять его весовой коэффициент из ряда P^n , где P — основание системы счисления; n — номер разряда из натурального ряда, например, в двоичной системе счисления, где ряд весов имеет вид $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, \dots = 1, 2, 4, 8, 16, \dots$, информационный вход нулевого разряда

обозначается $D1$ или 1 , информационный вход восьмого разряда — $D8$ или 8 .

Для уменьшения количества символов в метке разрешается вместо весовых коэффициентов применять степень основания весового коэффициента, проставленную после знака « \uparrow » или « \wedge », например, $D\uparrow 3$ или $\uparrow 3$. Если необходимо пронумеровать группы и разряды внутри групп, то обозначение каждого вывода содержит номер группы и номер разряда в группе, отделенные друг от друга точкой, например, информационный вход первого разряда нулевой группы имеет обозначение $D 0.1$.

Группы выводов элементов подразделяются на логические равнозначные, т.е. взаимозаменяемые без изменения функции элемента и логически неравнозначные. Логически равнозначные выводы разрешается объединять в группу и присваивать ей метку, обозначающую взаимосвязь между выводами внутри группы и (или) функциональное назначение всей группы. Например, группа выводов объединена по И и выполняет функцию сброса элемента (рис. 1.6.14, а.), группа выводов объединена по И (рис. 1.6.14, б). Метку в этом случае следует проставлять на уровне первого вывода группы. Если метки расположены последовательно и имеют одинаковые буквенные обозначения, отражающие одинаковую функцию, то эту часть меток выносят в групповую метку, располагая ее над соответствующей группой (метка A на рис. 1.6.15.). При этом метки внутри группы записывают без интервалов между строками.

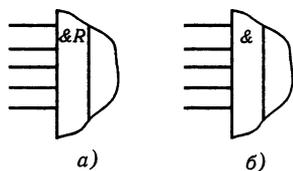


Рис. 1.6.14. Объединение группы выводов технологических связей схем

Группы меток или выводов разделяют интервалами или зонами. Из нескольких групповых меток может быть выделена групповая метка более высокого порядка. Эту метку проставляют через интервал над соответствующими группами (рис. 1.6.15, б).

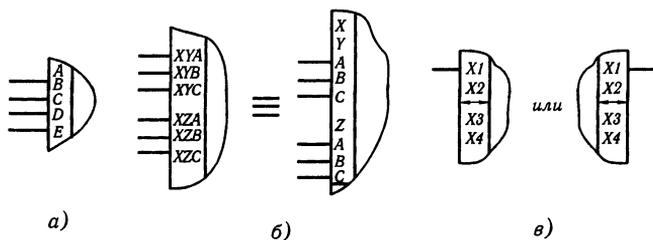


Рис. 1.6.15. Изображение групповых связей для выхода из схемы.

Для обозначения двунаправленного вывода применяют метку « \longleftrightarrow » или « $\langle \rangle$ », проставляя метки входных функций вывода над указанной меткой, а метки входных функций — под ней (рис. 1.6.15, в).

Взаимосвязь выводов. Выводы, имеющие несколько функциональных назначений или взаимосвязей, обозначают при помощи составных меток, которые образуют из основных меток, цифр, знаков, записанных в последовательности, влияющих взаимоотношений (рис. 1.6.16, а). Каждой метке может быть поставлен в соответствие указатель, определяющий условие выполне-

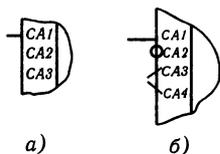


Рис 1.6.16. Обозначение выводов, имеющих несколько функциональных назначений и взаимосвязей

ния функции. На рис. 1.6.16, б изображен вывод, на котором сигнал состоянием «логическая 1» выполняет функцию CA1, состоянием «логический 0» выполняет CA2, переходом из состояния «логический 0» в состояние «логическая 1» выполняет функцию CA3, переходом из состояния «логическая 1» в состояние «логический 0» выполняет функцию CA4.

В составной метке, используемой для указания взаимосвязи, первая часть метки обозначает функциональное назначение вывода и (или) тип взаимосвязи, вторая часть — адрес взаимосвязи. В качестве адреса используют метку или часть метки вывода, связанного с данным выводом, позволяющую однозначно проследить взаимосвязь (рис. 1.6.17, а); условное обозначение функции элемента, с которой связан данный вывод. Например, на рис. 1.6.17, б вывод 1 является счетным входом триггера, вывод 2 — счетным входом счетчика, вывод 3 — входом сброса для всего элемента; условное обозначение режима элемента, который определяется данным выводом (рис. 1.6.17, в).

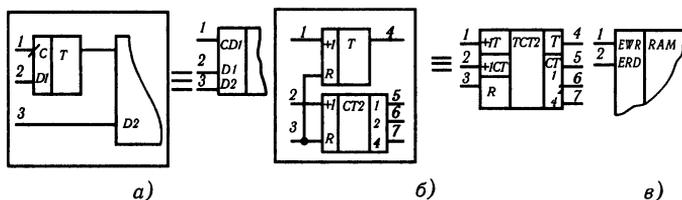


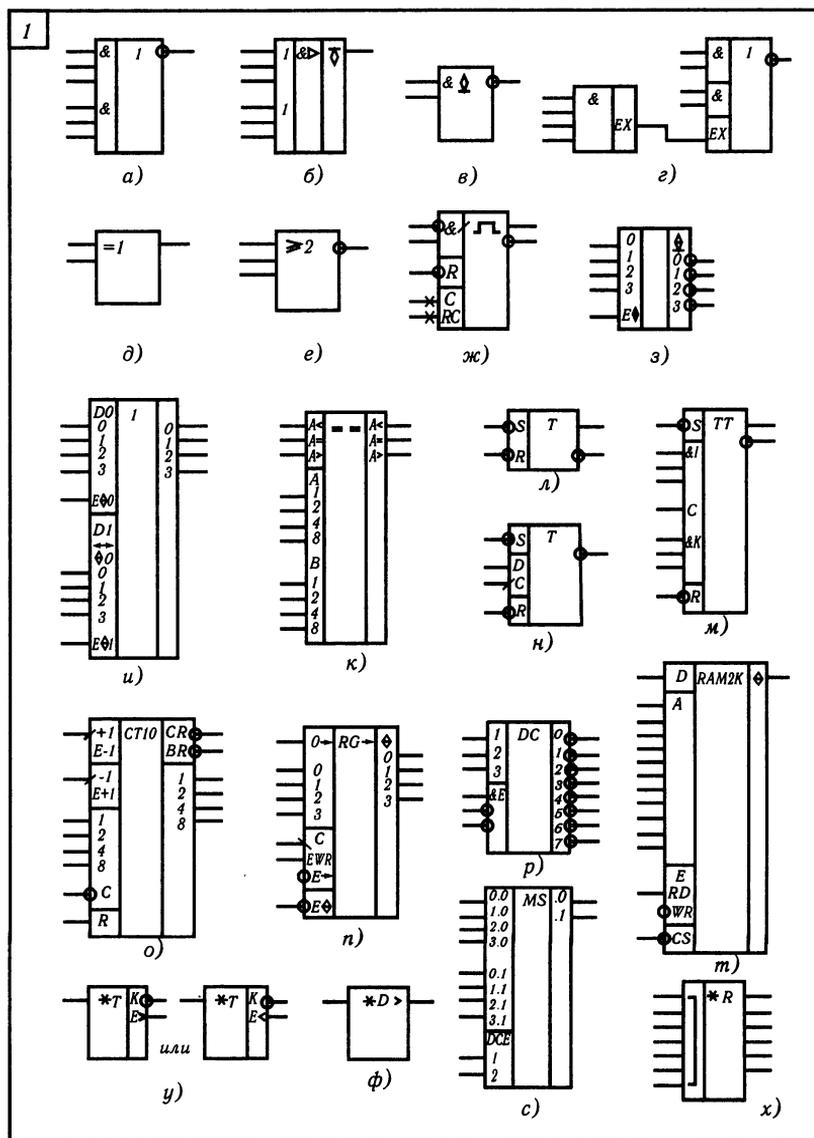
Рис. 1.6.17. Обозначение адреса вывода, определяющего взаимосвязь с остальной частью схемы

Адрес взаимосвязи допускается не указывать при взаимосвязи вывода с функцией элемента. Если взаимосвязь между выводами указывается взаимным расположением выводов, их располагают в одной зоне и адреса взаимодействия не указывают.

Условные графические обозначения элементов цифровой техники (табл. 1.6.18.)

1. Элемент цифровой техники: а) И–ИЛИ–НЕ–1; б) ИЛИ–И с мощным открытым эмиттерным выходом (структура *NPN*); в) И–НЕ с открытым коллекторным выходом (структура *NPN*); г) расширитель И функциональный для расширения по ИЛИ; д) двухходовый элемент (исключающее ИЛИ); е) мажоритарный элемент, выполняющий функцию голосования 2 из 3; ж) мультивибратор, имеющий входы «Запуск» по схеме «И», вход «Сброс» и выводы для подключения времязамедляющих элементов *C*, *R*; з) элемент четырехразрядный магистральный с состоянием высокого импеданса; и) элемент четырехразрядный магистральный, имеющий двунаправленные выводы

Таблица 1.6.18.



и состояние высокого импеданса; к) схема сравнения двух четырехразрядных чисел; л) RS-триггер с инверсными входами; м) JK-триггер двухступенчатый, с установкой по инверсным входам R и S; н) D-триггер с установкой по инверсным входам R и S, с динамическим входом C, реагирующим на изменение сигнала из состояния «логический 0» в состояние «логическая 1»; о) счетчик реверсивный четырехразрядный двоично-десятичный; п) регистр сдвига четырехразрядный, имеющий выходы с состоянием высокого импеданса и

динамический вход С, реагирующий на изменение сигнала из состояния «логическая 1» в состояние «логический 0»; р) дешифратор с управлением, преобразующий три разряда двоичного кода в восемь разрядов позиционного кода; с) селектор-мультиплексор двухразрядный, из четырех направлений в одно; т) устройство оперативное запоминающее, статического типа, информационная емкость 2К; у) наборы нелогических элементов транзисторов структуры PNP, NPN, соответственно; ф) наборы нелогических элементов диодов (прямая полярность); х) набор нелогических элементов резисторов (часть выводов объединена).

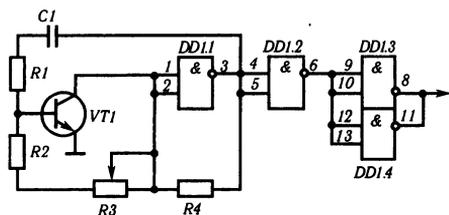


Рис. 1.6.18

На рис. 1.6.18 приведен фрагмент схемы с изображением УГО элементов цифровой техники.

Обозначения, выполняемые на алфавитно-цифровых печатающих устройствах (табл. 1.6.19.)

1. Прибор, устройство.
2. Линия для выделения устройств, функциональных групп, частей схемы: а) общее назначение; б) при перекрещивании с электрическими соединениями контур прерывают.
3. Заземление общее.
4. Электрическое соединение с корпусом (массой).
5. Линия электрической связи, провод, кабель, шина, линия групповой связи: а) общее обозначение; б) допускается применять для линий групповой связи; в) при наличии текста к линии электрической связи, кабелю, шине, линии групповой связи текст помещают над линией; в разрыве линии; в начале или в конце линии.
6. Графическое разветвление (слияние) линий электрической связи в линию групповой связи, разводка жил кабеля или проводов жгута.
7. Графическое разветвление (слияние) линий групповой связи.
8. Графический излом линии электрической связи, линии групповой связи, провода, кабеля, шины: а) под углом 90°; б) с наклонным участком.
9. Пересечение линий электрической связи, линий групповой связи электрически не соединенных проводов, кабелей, шин, электрически не соединенных (на одной схеме применять только одну форму точки пересечения).
10. Линия электрической связи с ответвлениями: а) с одним; б) изображать без выделения точки, если это не приведет к неправильному пониманию схемы; в) с двумя; г) расстояние между двумя точками ответвления выбирают равным одному интервалу (строке, позиции) печатающего устройства.
11. Группа линий электрической связи: а) имеющих общее функциональ-

ное назначение; б) в однолинейном обозначении буква n заменяется числом, указывающим количество линий в группе, например, группа линий электрической связи, состоящая из семи линий; в) состоящая из двух линий; г) состоящая из трех линий; д) состоящая из четырех линий.

12. Переход группы линий электрической связи (например, восьми линий), имеющих общее функциональное назначение, от многолинейного изображения к однолинейному.

13. Группа линий электрической связи: а) имеющих общее функциональное назначение, каждая из которых имеет ответвление; б) осуществляемых n скрученными проводами, например, шестью скрученными проводами.

14. Линия электрической связи, провод, кабель экранированные.

15. Экранированная линия электрической связи с ответвлениями.

16. Группа из n линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение: а) каждая из которых экранирована индивидуально; б) каждая из которых индивидуально экранирована и имеет ответвления.

17. Группа линий электрической связи в общем экране, например, шесть линий.

18. Кабель коаксиальный.

19. Постоянный ток, основное обозначение.

20. Полярность постоянного тока: а) положительная; б) отрицательная.

21. m проводная линия постоянного тока напряжением: а) двухпроводная линия постоянного тока напряжением 110 В; б) трехпроводная линия постоянного тока, включая средний провод, напряжением 110 В между каждым внешним проводником и средним проводом, 220 В между внешними проводниками.

22. Ток постоянный и переменный.

23. Пульсирующий ток.

24. Переменный ток: а) основное обозначение; б) допускается справа от обозначения переменного тока указывать величину частоты, например, ток переменный 10 кГц; в) с числом фаз m частотой f , например, трехфазный 50 Гц; г) трехфазный 50 Гц, 220 В; д) трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, нейтраль) 50 Гц, 220/380 В; е) трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) 50 Гц, 220/380 В; ж) трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, один провод защитный с заземлением, выполняющим функцию нейтрали) 50 Гц, 220/380 В.

25. Аналоговый сигнал.

26. Цифровой сигнал.

27. Высокий уровень сигнала.

28. Низкий уровень сигнала.

29. Распространение тока, сигнала, информации, потока энергии, основное обозначение: а) в одном направлении; б) в обоих направлениях одновременно; в) в обоих направлениях одновременно.

30. Усиление.

31. Обрыв линии электрической связи.

Таблица 1.6.19.

<p>1</p>	<p>2</p> <p>горизонтально</p> <p>вертикально</p> <p>или</p> <p>а) </p> <p>б) </p>			
<p>3</p>	<p>4</p>			
<p>5</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <p>горизонтально -----</p> <p>вертикально</p> <p>или</p> <p>а) </p> </td> <td style="width: 33%;"> <p>горизонтально =====</p> <p>вертикально</p> <p>б) </p> </td> <td style="width: 33%;"> <p>ABCDEF</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>или</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>ABCDEF----</p> <p>-----ABCDEF</p> <p>в) </p> </td> </tr> </table>		<p>горизонтально -----</p> <p>вертикально</p> <p>или</p> <p>а) </p>	<p>горизонтально =====</p> <p>вертикально</p> <p>б) </p>	<p>ABCDEF</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>или</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>ABCDEF----</p> <p>-----ABCDEF</p> <p>в) </p>
<p>горизонтально -----</p> <p>вертикально</p> <p>или</p> <p>а) </p>	<p>горизонтально =====</p> <p>вертикально</p> <p>б) </p>	<p>ABCDEF</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>или</p> <p>---ABCDEF---</p> <p>ABCDEF----</p> <p>-----ABCDEF</p> <p>в) </p>		
<p>6</p> <p>горизонтально</p> <p>II I I I I II I I I I =====</p> <p>I I I I I I I I I I I I</p> <p>вертикально</p> <p>---X X----- ---X ---X ---X X-----</p>	<p>7</p> <p>-----</p> <p>I I или</p> <p>====X=====</p> <p>X X X</p> <p>или</p> <p>X X X=====</p> <p>X X</p>	<p>8</p> <p>X-----</p> <p>I I I</p> <p>-----X-----</p> <p>-----X-----</p> <p>I I I</p>		
<p>9</p> <p>I I I I I I</p> <p>или</p> <p>I I I I I I</p> <p>или</p> <p>I I I I I I</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>				

<p>10</p>		<p>11</p> <p>-----/n----- или а) =====/n=====</p> <p>б) -----/7-----</p> <p>в) -----/2----- или -----//-----</p> <p>г) -----/3----- или -----///-----</p> <p>д) -----/4----- или -----////-----</p>	
<p>12</p>	<p>13</p> <p>горизонтально --/n--0--/n-- ===== 6 ===== или I -----6----- вертикально или X--/n-- X I ==/n==0==/n== X X I X X 6 6 X X или I X X I а) X==/n== X б) I</p>		
<p>14</p> <p>горизонтально -----0----- вертикально I I 0 I</p>	<p>15</p> <p>---0---0---0--- I I 0 I</p>	<p>16</p> <p>горизонтально ===== /n 0 ===== вертикально ==/n 0== 0== /n 0== X X X X /n 0 X X X X а) X б)</p>	
<p>17</p> <p>горизонтально -----0/6----- вертикально X X 0/6 X X</p>	<p>18</p> <p>-----0-----</p>	<p>19</p> <p>=</p>	<p>20</p> <p>+ - а) б)</p> <p>21</p> <p>а) 2 = 110 В б) 3М = 110 / 220 В</p> <p>22</p> <p>= или ≠</p> <p>23</p> <p>-----V-----</p>
<p>24</p> <p>а) ≠ б) ≠10 кГц в) 3 ≠50 Гц г) 3 ≠50 Гц 220 В д) 3N ≠50 Гц 220/380 В е) 3NPE ≠50 Гц 220/380 В ж) 3PEN ≠50 Гц 220/380 В</p>			
<p>25</p> <p>∩ или ∆ или A</p>	<p>27</p> <p>H</p>	<p>29</p> <p>----->----- <-----<----- б) или а) <-----<----- >----->----- в)</p>	<p>31</p> <p>-----> X или X <-----</p>
<p>26</p> <p>≠ или D</p>	<p>28</p> <p>L</p>	<p>30</p> <p>></p>	<p>31</p> <p>-----> X или X <-----</p>

1.7. Товарные знаки предприятий-изготовителей электротехнических изделий [Л4]

Таблица 1.7.1. Товарные знаки трансформаторных и электроаппаратных заводов.

Предприятие	Товарный знак	Предприятие	Товарный знак
Бакинский завод сухих трансформаторов		Кентаусский трансформаторный завод	
Бакинский завод высоковольтной арматуры		Производственное объединение «Кавказтрансформатор»	
Биробиджанский завод силовых трансформаторов		Куйбышевский завод измерительных трансформаторов Средневолжского производственного объединения «Трансформатор»	
Всесоюзный научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт трансформаторостроения (ВИТ)		Курган-Тюбинский трансформаторный завод	
Ереванский АРМэлектрозавод производственного объединения «Армэлектромаш»		Производственное объединение «Конденсатор»	
Запорожский трансформаторный завод производственного объединения «Запорожтрансформатор»		Минский электротехнический завод	
Ишлейский завод высоковольтной аппаратуры		Московское производственное объединение «Электрозавод»	

Продолжение табл. 1.7.1.

Предприятие	Товарный знак	Предприятие	Товарный знак
Ровенский завод высоковольтной аппаратуры		Чирчикский трансформаторный завод	
Троицкий электромеханический завод		Чимкентский трансформаторный завод	
АО Усть-Каменогорский конденсаторный завод		Производственное объединение «Электроаппарат»	
НПО Производственное объединение «Уралэлектротяжмаш»		Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры	
Хмельницкий завод трансформаторных подстанций		Благовещенский электроаппаратный завод	
		То же	

Таблица 1.7.2. Товарные знаки предприятий, изготавливающих электродвигатели.

Предприятие	Товарный знак	Предприятие	Товарный знак
Рижский электромашиностроительный завод		Специальное проектно-конструкторское бюро Псковского электромашиностроительного завода	
Пермский электротехнический завод		Завод «Сибэлектромотор» (г. Томск)	

Продолжение табл. 1.7.2.

Предприятие	Товарный знак	Предприятие	Товарный знак
Армавирский электротехнический завод имени 50-летия СССР		Производственное объединение «Азерэлектромаш», Бакинский электромашиностроительный завод им. 50-летия комсомола Азербайджана	
Кемеровский электромеханический завод		Новокаховский электромашиностроительный завод им. 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции	
Производственное объединение по выпуску электродвигателей «Эльфа» (г. Вильнюс)		Улан-Уденский завод «Электромашина»	
Фрунзенский завод «Киргизэлектродвигатель»		Ленинградское научно-производственное объединение «Электросила» им. С.М. Кирова (г. Ленинград)	
Производственное объединение «Укрэлектромаш» (г. Харьков)		Специальное проектно-конструкторское и технологическое бюро при Лысьвенском турбогенераторном заводе СКБ ЛТГЗ	
Завод «Электромашина» (г. Харьков)		Медногорский электротехнический завод «Уралэлектромотор»	
Харьковский завод «Электротяжмаш» им. В.И.Ленина		Ярославский электромашиностроительный завод ЯЭМЗ	
Сибирский завод тяжелого электромашиностроения «Сибэлектротяжмаш» (г. Новосибирск)		Таллинский завод «Вольта»	

Продолжение табл. 1.7.2.

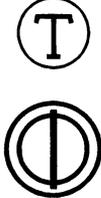
Предприятие	Товарный знак	Предприятие	Товарный знак
Могилевский завод «Электродвигатель»		Баранчинский электро-механический завод им. М.И. Калинина (пос. Баранчинский Свердловской обл.)	
Днепропетровский электромеханический завод		Московский электро-механический завод имени В.И. Ленина	
Ереванский завод электродвигателей		Производственное объединение «Армэлектромаш» имени В.И. Ленина	

Таблица 1.7.3. Товарные знаки кабельных заводов

Предприятие-изготовитель	Условное обозначение предприятия	Шифр	Цвета отличительных ниток
Электрокабель (г.Кольчугино)	ЭКЗ	К 01	Красный, желтый
Кирскабель (г. Кирс)	КИКЗ	К 03	Красный, коричневый
Саранскабель (г. Саранск)	САКЗ	К 04	Желтый, зеленый
Камкабель (г. Пермь)	КМКЗ	К 09	Красный, зеленый, коричневый
Севкабель (г. Пермь)	СКЗ	К 10	Желтый
Москабель (г. Москва)	МКЗ	К 11	Зеленый
Подольскабель (г. Подольск)	ПКЗ	К 13	Красный, черный
Куйбышевкабель (г. Куйбышев)	ККЗ	К 16	Черный
Уралкабель (г. Свердловск)	УРКЗ	К 19	Коричневый
Амуркабель (г. Хабаровск)	АМКЗ	К 20	Коричневый, зеленый
Укркабель (г. Киев)	УКЗ	К 24	Красный, синий
Азовкабель (г. Бердянск)	АКЗ	К 27	Черный, желтый
Южкабель (г. Харьков)	УКЗ	К 28	Синий, зеленый
Ташкенткабель (г.Ташкент)	ТКЗ	К 33	Синий
Молдкабель (г. Бендеры)	МЛКЗ	К 39	Синий, желтый, зеленый
Таджиккабель (г. Дюшанбе)	ТАКЗ	К 41	Белый, синий,зеленый
Кавказкабель (г. Прохладное)	КВКЗ	К 67	Белый, синий, черный

Примечание. Наименование предприятия-изготовителя кабеля может быть установлено по шифру на фирменной ленте (полоске) бумаги или ткани, находящейся под металлической оболочкой кабеля. На некоторых кабелях для их маркировки применяются цветные нитки.

Таблица 1.7.4. Товарные знаки предприятий, изготавливающих изоляторы, электроустановочные изделия из стекла, керамики, пластмассы.

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Завод «Изолятор» (г. Москва)		
Славянский завод высоковольтных изоляторов		
Славянский ордена Трудового Красного Знамени арматурно-изоляционный завод им. Артема		
Южно-Уральский арматурно-изоляционный завод		
Завод «Комиэлектростеотит» (г. Ухта, пос. Водный, Коми АССР)		
Производственное объединение «Укрэлектростеотит» (Первомайский фарфоровый завод, пос. Первомайск Житомирской обл.)		
Камышловский завод «Урализолятор» (г. Камышлов Свердловской обл.)		

Продолжение табл. 1.7.4.

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Пермский завод высоковольтных изоляторов		
Львовский завод стеклянных изоляторов	ЛИЗ 68	
Белоцерковский завод «Электроконденсатор»		
Ленинградский государственный ордена Трудового Красного Знамени фарфоровый завод им. Ломоносова		
Завод «Автостекло (г. Константиновка Донецкой обл.)»		
Гжельское производственное объединение «Электроизолятор» (пос. Ново-Харитоново Московской обл.)		
Львовская стеклофирма «Радуга»		
Бывшая Центральная научно-исследовательская лаборатория при арматурно-изоляционном заводе им. Артема (г. Славянск Донецкой обл.)		

Продолжение табл. 1.7.4.

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Ленинградское научно-производственное объединение «Электрокерамика» (завод «Пролетарий»)		
Великолукский завод электротехнического фарфора (ВЗЭФ)		
Андреапольский фарфоровый завод		
Опытный завод Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-технологического института электрокерамики (г. Москва)		
Фарфоровый завод имени 8 марта (с. Полянки Житомирской обл.)		

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Махарадзевский завод фарфоровых изделий		
Энгельский завод автотракторных запальных свечей		
Комбинат «Ярваканди-Техасед» (г. Ярваканди Эстония)		
Бендерский завод «Электрофарфор»		
Борисовский завод пластмассовых изделий		
Щекинский ордена «Знак почета» завод «Кислотоупор» (г. Щекино Тульской обл.)		
Специальное конструкторско-технологическое бюро неорганических материалов института неорганической химии АН Латвии (г. Рига)	 	

Продолжение табл. 1.7.4.

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Красноярский завод «Сибизолятор»		
Минский фарфоровый завод Управления промышленстройматериалов		
Завод «Азерэлектроизолит» (г. Мингечаур Азербайджан)		
Куйбышевский завод измерительных трансформаторов		
Корейская Народно-Демократическая Республика (КНДР)		
Испания	artechе	
Китайская Народная Республика		

Предприятие (страна-изготовитель)	Товарный знак	
	старый	новый
Япония	DA-85873  NGK JAPAN	
Дания	AEROFORM	
Франция	ALSTHOM SEDIVER	
Швейцария	SAMICATHERM DRYSOMIC	
Чехословацкая Республика		
ЭЗОИС (г. Москва)		

1.8. Основные сведения о пожаробезопасности в электроустановках.

1.8.1. Основные противопожарные мероприятия на производстве.

Для промышленных предприятий, в том числе и для предприятий электрических сетей, разработаны и утверждены «Типовые правила пожарной безопасности». Руководители предприятий электрических сетей организуют изучение и выполнение правил пожарной безопасности всеми инженерно-техническими работниками, служащими и рабочими, а также проведение противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму. Первичный противопожарный инструктаж проводят при оформлении на работу, а последующие — на рабочем месте.

Пожар приносит огромный материальный ущерб. В одних случаях он возникает из-за нарушений противопожарной безопасности при строительстве зданий и сооружений, в других — является результатом нарушения противопожарной безопасности при эксплуатации сооружений.

Причинами пожара в электроустановках являются:

- искрение в электрических машинах и аппаратах;
- токи короткого замыкания и перегрузки, приводящие к воспламенению изоляции;
- искрение от электростатических разрядов и ударов молнии;
- плохие контакты в соединении проводов;
- электродуга между контактами аппаратов;
- электродуга при сварочных работах;
- перегрузка и неисправность обмоток трансформатора при отсутствии токовой, тепловой или газовой защиты;
- аварии с масломполненными аппаратами, сопровождающиеся выбросом продуктов разложения масла и смесей их с воздухом.

Причинами пожаров неэлектрического характера могут быть:

- неосторожное обращение с огнем при газо и электросварочных работах или с паяльной лампой;
- неисправности печей и отопительных приборов;
- неисправности производственного оборудования (нагрев подшипников, механическое искрение);
- самовоспламенение некоторых материалов.

Опасными в пожарном отношении являются баллоны с горючими газами, например кислородом, ацетиленом. Их хранят отдельно от других материалов и в специально устроенных зданиях или сооружениях.

Помещения, в которых используются или хранятся горючие вещества, называются пожароопасными и подразделяются на классы, которые перечислены в табл. 1.8.3, с.180 и с.188.

Все производственные помещения и пожароопасные установки на открытом воздухе должны быть обеспечены средствами пожаротушения - кранами системы противопожарного водопровода, химическими огнетушителями, ящиками с песком, баграми, топорами, ведрами, а также автоматическими устройствами пожарной сигнализации и пожаротушения. Для тушения пожара в закрытых помещениях используют воду, водяной пар, химическую пену, сухой песок, а для небольших очагов — асбестовую или грубошерстную ткань для наброса.

Вода является наиболее распространенным средством для тушения. Однако ее нельзя применять при тушении легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин, масла), так как она имеет большую плотность и, скапливаясь под жидкостью, увеличивает горящую поверхность. Нельзя использовать воду для тушения находящихся под напряжением электроустановок во избежание поражения электрическим током через струю воды.

Из химических средств пожаротушения широко применяют углекислоту. Ее используют и в электроустановках под напряжением из-за безопасности в отношении поражения электротоком.

К первичным средствам пожаротушения относят *пенные огнетушители* ОП-5, углекислотные ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8, а также углекислотно-бромэтиловые ОУБ-3 и ОУБ-7 вместимостью 3 и 7 л соответственно.

Ручной огнетушитель ОП-5 предназначен для тушения химической пеной (в течение 1 мин) различных материалов на небольшой площади горения. Для приведения в действие необходимо поднять его рукоятку до отказа, повернуть баллон вверх дном и направить струю из сопла в место горения.

Ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 вместимостью соответственно 2, 5 и 8 л приводят в действие открытием запорного вентиля с помощью маховичка.

На предприятиях применяют технические мероприятия для устранения причин пожара. Электрические машины с нормально искрящимися частями устанавливают на расстоянии не менее 1 м от места скопления горючих веществ и отделяют несгораемым экраном. Щитки и выключатели осветительных цепей выносят из пожароопасных помещений. Распределительные устройства, щиты и шкафы напряжением до 1000 В и выше устанавливают в пожароопасном помещении только в закрытом и защищенном исполнении. Трансформаторы выбирают с сухим или негорючим заполнением. Изоляцию проводов электропроводок используют на напряжение не ниже 500 В. Кабели прокладывают без джутовой оплетки, а конструкции под них выполняют из негорючего материала.

Предохранители с плавкими вставками, рассчитанными на большой ток отключения (особенно некалиброванные), в электросетях напряжением до 1000 В являются причиной нагрева проводов и обмоток электромашин до недопустимых пределов при неисправности электросети. Это приводит к возгоранию изоляции проводов и кабелей, переходящему в пожар.

Рассмотрим, какие же участки являются опасными в пожарном отношении.

Кабель, проложенный в земле или трубах, ввиду отсутствия доступа воздуха безопасен в пожарном отношении, а проложенный открыто, в коллекторах, распределительных устройствах, может при повреждении стать причиной пожара. Пожар может возникнуть вследствие воспламенения горючих материалов, находящихся в кабельном сооружении, при электрическом пробое кабеля или в момент испытаний, или прожигания места повреждения, или при ремонтных работах из-за несоблюдения мер пожарной безопасности.

Во избежание пожара в действующих кабельных сооружениях проводят следующие профилактические мероприятия:

по окончании работ горючие материалы (бензин, кабельную массу, древесину, краски, отходы) выносят из кабельных сооружений;

наружный защитный покров с кабеля удаляют;

кабельные туннели, коллекторы, подвалы обеспечивают электрическим освещением, вентиляцией с закрываемыми снаружи задвижками и противопожарными средствами;

входы в кабельные сооружения и люки в них запирают;

при работах с открытым огнем у рабочего места устанавливают огнетушители, ящики с сухим песком и металлический ящик с крышкой для отходов от разделки кабеля. Разжигают паяльную лампу и разогревают массу вне кабельного сооружения. Бригада должна иметь два асбестовых (негорючих) одеяла, закрывающих кабели, ближайшие к месту работ. К проведению огневых работ допускаются лица, знающие Правила пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ и усвоившие программу пожарно-технического минимума. Бригаду допускают к работе по наряду-допуску.

В распределительных пунктах пожары крайне редки из-за отсутствия горючих материалов. Взрыв и загорание масла в баковых масляных выключателях, установленных в отдельных камерах, не вызовут повреждения оборудования всего РП. В трансформаторных подстанциях, где установлены силовые маслонаполненные трансформаторы, при вытекании масла и возникновении вследствие этого короткого замыкания внутри трансформатора может произойти пожар. Во вводных устройствах пожар может возникнуть из-за попадания влаги в концевую мастичную муфту, что вызовет короткое замыкание в муфте и загорание мастики.

Во избежании пожара в действующих РП, ТП и вводах проводят следующие профилактические мероприятия:

в РП и ТП не хранят горючие материалы и лишнее оборудование, после работ вывозят инструмент, материалы и отходы, не разжигают паяльные лампы и не разогревают мастику;

следят за исправностью маслонаполненных аппаратов, за нормальным уровнем масла в них и отсутствием течи масла;

вводные устройства устанавливают на негорюемых (кирпичных, бетонных) стенах, предохраняют вводные устройства и концевые муфты от попадания на них влаги.

1.8.2. Оснащение рабочих мест средствами пожаротушения

Таблица 1.8.1. Категории производств по пожарной безопасности

Категории	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Производство
А	Производства, связанные с применением: веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров 28°C и ниже и др.	Водородные станции; склады баллонов для горючих газов; склады бензина; стационарные аккумуляторные батареи электростанций и подстанций и др.
Б	Производства, связанные с применением: жидкости с температурой вспышки паров 28–120°C; горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха и др.	Цехи приготовления и транспортирования угольной пыли; промывочные пропарочные станции цистерн и тары от мазута, других воспламеняющихся жидкостей и др.
В	Производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов и др.	Цехи регенерации смазочных материалов и масел; склады горючих и смазочных материалов и др.
Г	Производства, связанные с обработкой негорюемых веществ и материалов в горючем, раскаленном или расплавленном состоянии и сопровождающиеся выделением тепла, систематическим выделением тепла и др.	Сварочные цехи; главные корпуса электростанций; распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержащей масло менее 60 кг в единице оборудования; лаборатории высокого напряжения и др.
Д	Производства, связанные с обработкой негорюемых веществ и материалов в холодном состоянии	Компрессорные станции воздуха и других негорючих газов; щиты управления; углекислотные и хлораторные установки и др.

[Л73, с.53] и [Л74, с.54]

Таблица 1.8.2. Нормы оснащения помещений ручными огнетушителями

Категория помещения	Предельная защищаемая площадь, кв. м	Класс пожара	Пенные и водные огнетушители вместимостью 10 л	Порошковые огнетушители вместимостью, л			Хладоновые огнетушители вместимостью 2 (3) л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л	
				2	5	10		2	5 (8)
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	200	А В С Д (Е)	2++	2+	1++	—	—	—	—
			4+	2+	1++	—	4+	—	—
			—	2+	1++	—	4+	—	—
			—	2+	1++	—	—	—	2++
В	400	А Д (Е)	2++	4+	2++	4+	—	2+	
			—	—	2+	—	—	2+	—
Г	800	В С	2+	—	2++	—	—	—	
			—	4+	2++	—	—	—	—
Г, Д	1800	А Д (Е)	2++	4+	2++	4+	—	—	—
			—	—	2+	—	—	—	—
			—	2+	2++	2+	4+	—	2++
Общественные здания	800	А (Е)	4++	8+	4++	8+	—	—	4+
			—	—	4++	—	4+	—	2++

П р и м е ч а н и я.

1. Для тушения очагов пожаров различных классов порошковые огнетушители должны иметь соответствующие заряды:

для класса А — порошок АВС (Е); для классов В, С и (Е) — ВС(Е) или АВС(Е) и для класса Д — Д.

2. Знаком «++» обозначены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители, «+» — огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании, «—» — огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

3. В замкнутых помещениях объемом не более 50 кв. м для тушения пожаров вместо переносных огнетушителей или дополнительно к ним могут быть использованы огнетушители саморазбрызгивающие порошковые.

[Л.75, с.128]

Таблица 1.8.3. Нормы оснащения помещений передвижными огнетушителями

Категория помещения	Предельная защищаемая площадь, кв.м	Класс пожара	Воздушно-пенные огнетушители вместимостью 100 л	Комбинированные огнетушители вместимостью (пена, порошок) 100 л	Порошковые огнетушители вместимостью 100 л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л		
						25	80	
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	500	А	1++	1++	1++	—	—	3+
		В	2+	1++	1++	—	—	3+
		С	—	1+	1++	—	—	3+
		Д	—	—	1++	—	—	—
		(Е)	—	—	1+	2+	—	1++
В (кроме горючих газов и жидкостей), Г	800	А	1++	1++	1++	4+	—	2+
		В	2+	1++	1++	—	—	3+
		С	—	1+	1++	—	—	3+
		Д	—	—	1++	—	—	—
		(Е)	—	—	1+	1++	—	1++

П р и м е ч а н и е.

- Для тушения очагов пожаров различных классов порошковые и комбинированные огнетушители должны иметь соответствующие заряды: для класса А — порошок АВС(Е), для классов В, С и (Е) — ВС(Е) или АВС(Е) и для класса Д — Д.
- Значения знаков «+++», «++» и «+» и «—» приведены в примечании 2 таблицы 1.8.2.

[Л75, с.129]

Таблица 1.8.4. Цвет окраски баллонов для сжатых, сжиженных и растворенных газов, цвет и текст надписей на них

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	—
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий	Синий
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	—
Бутилен	Красная	Бутилен	Желтый	Черный
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	—
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	—
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	—
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный	—
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	—
Кислород медицинский	Голубая	Кислород медицинский	Черный	—
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз	Красный	—
Пропан-бутан	Красная	Пропан-бутан	Белый	—
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	—
Фосген	Защитная	—	—	Красный
Фреон-11	Алюминиевая	Фреон-11	Черный	Синий
Фреон-12	Алюминиевая	Фреон-12	Черный	—
Фреон-13	Алюминиевая	Фреон-13	Черный	Две красные
Фреон-22	Алюминиевая	Фреон-22	Черный	Две желтые
Хлор	Защитная	—	—	Зеленый
Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан	Черный	—
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	—
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	—
Все другие негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	—

П р и м е ч а н и е. Надписи на баллонах наносятся по окружности на длину не менее $1/3$ окружности, а полосы — по всей окружности, причем высота букв на баллонах емкостью более 12 л должна быть не менее 60 мм, а ширина поперечной полосы 25 мм. Размеры надписей и полос на баллонах малой емкости должны определяться в зависимости от величины боковой поверхности баллонов.

1.8.3. Противопожарные действия оперативного персонала

Борьба с пожарами в распределительных сетях является одной из актуальных задач оперативного персонала. В этом направлении основное внимание должно уделяться мероприятиям, предотвращающим пожары в электроустановках. Поскольку оперативный персонал по роду своей работы чаще посещает электроустановки, то от того, как он понимает и выполняет противопожарные мероприятия зависит очень многое в предотвращении пожаров.

Таблица 1.8.5. Нормы первичных средств пожаротушения

Здания, помещения, склады, сооружения	Единица измерения площади, м ²	Требуемое количество первичных средств пожаротушения				
		Химические пенные огнетушители ОП-5	Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, УП-ТМ, УП-2	Ящики емкостью 0,5 м ³ с песком и лопатой	Бочки с водой емкостью 0,250 м ³ и двумя ведрами	Войлок или абесотовые одеяла, или кошмы размером 2x2 м
Помещения контор	200	1	—	—	—	—
Хозяйственные склады	100	1	—	—	1	—
Тарные хранилища легковоспламеняющихся жидкостей	50	1	—	1	—	—
Склад карбида кальция	100	—	1	1	—	—
Склад баллонов с сжатыми газами	200	1	—	—	—	—
Открытая стоянка автомобилей	100	1	—	1	—	1
Газоэлектросварочные цехи	200	1	1	1	—	—
Дворовая площадь	200	1	—	—	1	—
Мастерские электромонтажных заготовок	100	—	1	1	1	1

В диспетчерской службе должны быть противопожарные инструкции, согласованные с местной пожарной инспекцией. Весь оперативный персонал должен быть обучен в условиях, приближенных к реальным, действиям с средствами пожаротушения, предусмотренными для данных распределительных сетей. За всеми средствами пожаротушения должен осуществляться постоянный контроль. Они должны своевременно проверяться и быть готовыми к действию. У дежурного диспетчера должна быть карта-схема, указывающая какие средства пожаротушения имеются и где они находятся в распределительных сетях. Дежурные автомашины оперативно-выездных бригад (ОВБ) должны обеспечиваться углекислотными, углекислотными-бромэтиловыми огнетушителями. В табл. 1.8.5. приведены краткие сведения о первичных средствах пожаротушения, применяемых в распределительных сетях, а в табл. 1.8.6. — нормативы средств пожаротушения в районах.

Таблица 1.8.6. Рекомендуемые нормы первичных средств пожаротушения для электроустановок и ремонтно-производственных баз РЭС (РЭС) по нормативным документам Мосэнерго

Наименование электроустановки, помещения, в которых размещаются средства пожаротушения	Тип средства пожаротушения		
	Огнетушители		Ящик с песком (емкость 0,5 м ³) с лопатами
	ОП-5	ОУ-5 ОУ-8	
Кабельные туннели, на 100 м ²	нет	1	1
Коридоры управления, взрывные камеры с количеством масла в аппаратах до 20 кг, на 50 м длины	1	1	1
То же с количеством масла от 20 кг и более, на 50 м длины	2	1	1
Взрывные камеры с отдельно установленными маслonaполненными аппаратами, на одну камеру	1	1	1
Камеры с маслonaполненными трансформаторами, на камеру	1	1	1
Бачковые масляные выключатели, на три выключателя	2		1
Трансформаторные помещения, на 200 м ²	4	1	1
Диспетчерские пункты, на 50 м ²	нет	1	нет
Автомашина ОВБ, на одну автомашину	нет	2	нет

(Из местных инструкций по ППД)

При посещении электроустановок, например, РП, ЗТП, РУ подстанций до 35 кВ необходимо обращать внимание на то, чтобы ящики с песком были достаточно наполнены и имели плотные крышки. Пожарные рукава должны быть свернуты таким образом, чтобы соединительная головка с брандсбойтом были с наружной части свернутого рукава. Пожарные краны должны проверяться на легкость открывания вентиля. Применять пожарные рукава и краны не по назначению воспрещается. Каждая точка защищаемого помещения электроустановки должна перекрываться при пожаре не менее чем от двух пожарных рукавов.

Таблица 1.8.7. Краткая техническая характеристика основных огнетушителей (ГОСТ 12.2.047-86)

Основные показатели	Тип огнетушителей						
	ОП-3	ОП-5	ОУ-2	ОУ-5	ОУ-08	ОУБ-3	ОУБ-7
Емкость баллона, л	6	9	2	5	8	3 ± 0,25	7 ± 0,4
Масса, кг: заряда: заряженного огнетушителя	6	9	1,4-1,8	3,5-3,65	5-5,7	3,5	8
	9	11	6,2	13,2	19,8	6,5	13,8
Продолжительность эффективной работы, с	50	60	25-30	40-50	50-60	35	35
Длина струи, м	6-8	6-8	1,5	2	2-3,5	2	2-3,5
Давление, при котором происходит разрыв диафрагмы, кгс/см ²	180-210	180-210	—	—	—	—	—

Перед использованием огнетушителей необходимо помнить, что химические пенные имеют электропроводную противопожарную смесь, а углекислотные, углекислотные бромэтиловые и устройства с воздушно-механической пеной имеют неэлектропроводную противопожарную смесь. Перед использованием пенных огнетушителей необходимо прочищать в корпусе отверстие, через которое выбрасывается противопожарная смесь.

В углекислотных, углекислотных бромэтиловых огнетушителях во время выхода углекислоты через бронированный шланг и сифон при переходе углекислоты от жидкого состояния в газообразное понижается температура верхней части огнетушителя до -70°C . Поэтому держать огнетушитель необходимо за деревянную ручку во избежание чрезмерного охлаждения рук.

При приеме рабочих мест от работающих бригад необходимо проверять не оставлены ли на месте работ баллоны с горючими газами, керосин, бензин, промаслянная ветошь, кабельная масса, лаки, отходы после разделки кабелей,

древесные стружки и другие горючие вещества.

При осмотрах оборудования необходимо обращать внимание на отсутствие течи масла из маслонеполненных аппаратов, так как это при коротких замыканиях вблизи с такими аппаратами может вызывать пожар.

При проверке работающих бригад необходимо обращать внимание на соблюдение работающими бригадами противопожарных правил.

Дежурный диспетчер при допуске бригады к работе по нарядам техники безопасности должен учитывать характер работ по данному наряду и обращать внимание допускающего, производителя работ на соблюдение мер противопожарной безопасности.

Сообщение о пожаре поступает в диспетчерский пункт от потребителей. Вместе с этим необходимо, если есть телесигнализация положения выключателей в РУ, при поступлении сигнала об отключении выключателя, быть готовым к ликвидации загорания на электроустановках, так как пожар может быть причиной повреждения изоляции электроустановок и причиной отключения выключателя.

По прибытии на место загорания персонал ОВБ определяет очаг и характер пожара и в зависимости от размеров пожара и наличия средств пожаротушения определяет способ тушения, целесообразность привлечения местной пожарной команды и необходимость отключения оборудования, находящегося рядом с очагом пожара. После этого персонал ОВБ отключает горящую электроустановку сначала выключателем (разъединителем отключать электроустановку нельзя, так как неизвестно состояние изоляции электроустановки), а после этого разъединителями, заземляет ее токоведущие части в соответствии с требованиями правил ПТБ и приступают к тушению пожара. Если вызывается местная пожарная команда на место пожара, то оперативный персонал встречает пожарную команду, подготовив к ее прибытию место работ для тушения пожара. Если очаг загорания небольшой, то необходимо без отключения электроустановки, применяя углекислотные огнетушители потушить его. Порядок тушения пожара зависит от конкретных условий загорания электроустановки.

При обнаружении пожара в РП или ТП дежурная бригада в первую очередь производит всестороннее отключение горящего оборудования от сети и приступают к тушению пожара, применяя сухой огнетушитель или песок. В случае необходимости дежурная бригада вызывает городскую пожарную команду. Если обнаружен пожар в кабельном сооружении и невозможно ликвидировать его собственными силами, дежурная бригада также вызывает городскую пожарную команду и принимает меры к отключению кабельных линий, проходящих в кабельном сооружении.

При начале пожара дежурный персонал обязан своевременно сообщить в пожарную охрану и администрации и принять неотложные меры, т.е. прежде всего отключить напряжение с установок аварийного участка и использовать первичные подручные средства пожаротушения (огнетушители, песок, кошму). Если на предприятии или подстанции установлены стационарные огнегасительные установки и пожар нельзя потушить индивидуальными средствами, немедленно включают эти установки. При появлении пострадавших от ожогов им немедленно оказывают первую доврачебную помощь, а затем направляют в лечебное учреждение.

Таблица 1.8.8. Виды средств пожаротушения (ГОСТ 122.047–86)

Средства пожаротушения	Область применения	Основные данные	Примечание
Песок	Тушение загорания и небольших очагов пожаров горючих жидкостей (мазут, солярка, масла и т.п.) и ограничения их растекания	Сухой песок без посторонних примесей	Песок может быть заменен флюсами, карналитом, кальцинированной содой и другими негорючими материалами
Асбестовое полотно, войлок, кошма	Тушение небольших загораний, горение которых не может проходить без доступа воздуха	Размеры полотна: 1х1; 2х1,5; 2х2 м	Хранение в свернутом виде в закрытом металлическом ящике
Углекислотные огнетушители	Для тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением не более 380 В	Переносные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 имеют вместимость 2; 5; и 8 литров и общую массу соответственно 7; 13 и 20 л.	Эффективность действия огнетушителей при температуре окружающего воздуха не ниже -25°C
Порошковый огнетушитель ОП-1 «Момент»	Тушение загораний легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, красок, пластмасс, а также электрооборудования, находящегося под напряжением 380 В	Дальность действия порошковой струи 2 м Продолжительность действия 10 с Общая масса 1,4 кг	

Продолжение таблицы 1.8.8.

Средства пожаротушения	Область применения	Основные данные	Примечание
Огнетушители порошковые: ОП-2Б	Тушение бытовых помещений, транспорта и электроустановок до 1 кВ	Вместимость 2 л. Дальность действия порошковой струи 2,5 м. Продолжительность действия 10 с.	
ОП-10С	Предназначен для защиты твердых, жидких, газообразных веществ и электроустановок до 1кВ	Вместимость 10 л. Дальность действия порошковой струи 8 м. Продолжительность действия 15 с. Общая масса 19 кг.	
ОПУ-2, унифицированный	Предназначен для защиты помещений, транспорта и электроустановок до 1 кВ	Вместимость 2 л. Дальность действия струи 4 м. Продолжительность действия 8 с. Общая масса 3,6 кг.	Выпускается в металлическом или пластмассовом корпусе
ОПУ-5 То же	То же	Вместимость 5 л. Дальность действия струи 5 м. Продолжительность действия 12 с. Общая масса 10,8 кг.	
ОПУ-10 То же	То же	Вместимость 10 л. Дальность действия струи 5 м. Продолжительность действия 20 с. Общая масса 16,5 кг.	

[Л.75, с.55]

При тушении пламени легковоспламеняющейся жидкости непосредственно на полу РУ или кабельного устройства необходимо быстро засыпать его песком, не оставляя на поверхности отдельных язычков пламени, иначе легковоспламеняющаяся жидкость может вспыхнуть вновь. В табл. 1.8.1.—1.8.8. приведены отдельные сведения о пожаротушении в электроустановках.

Для ликвидации пожара в начале его возникновения применяют первичные средства пожаротушения: химическую пену; воду из бочек; песок из ящиков; войлок или кошму (размер 2 х 2 м), находящиеся непосредственно около здания или сооружения или непосредственно в них (табл. 1.8.6.).

Классификация пожароопасных зон.

П-I: зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с t вспышки выше 61°C (например, склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел).

П-II: зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха.

П-IIa: зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

П-III: зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с t вспышки выше 61°C (например, открытые склады минеральных масел) или твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, дерева и др.)

Таблица 1.8.9. Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны (ПУЭ)

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

* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы. До выпуска шкафов со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться шкафы со степенью защиты оболочки IP44.

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

1.9. Охрана электрических сетей 0,4 - 35 кВ.

1.9.1. Выписка из правил охраны сетей напряжением выше 1000 вольт, утвержденных Советом Министров СССР от 26 марта 1984 г. № 255

4. Охранные зоны электрических сетей устанавливаются:

а) вдоль воздушных линий электропередачи в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченных вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линий от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии: для линий напряжением до 20 кВ — 10 метров, для линий напряжением 35 кВ — 15 метров, и для линий напряжением 110 кВ — 20 метров.

б) вдоль подземных кабельных линий электропередачи в виде земельного участка, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних кабелей на расстоянии 1 метра;

в) вдоль подводных кабельных линий электропередачи в виде водного пространства от водной поверхности до дна, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних кабелей на расстоянии 100 метров;

г) вдоль переходов воздушных линий электропередачи через водоемы (реки, каналы, озера и другие) в виде вертикальных плоскостей: для судоходных водоемов на расстоянии 100 метров, для несудоходных водоемов на расстоянии, предусмотренном для установления охранных зон вдоль воздушных линий электропередачи. (Определение «охранная зона» см. с.198, раздел 1.9.4, п.2)

10. При прохождении воздушных линий электропередачи через лесные массивы обрезка деревьев, растущих в непосредственной близости к проводам, производится предприятиями (организациями), в ведении которых находятся эти линии. При прохождении их через парки, сады и другие многолетние насаждения обрезка деревьев производится предприятиями (организациями) в ведении которых находятся воздушные линии электропередачи, а при обоюдном согласии — предприятиями, организациями и учреждениями, на балансе которых находятся эти насаждения, или гражданами — владельцами садов и других многолетних насаждений в порядке, определенном предприятием (организацией), в ведении которого находятся линии электропередачи.

11. В охранных зонах электрических сетей без письменного согласия предприятий (организаций), в ведении которых находятся эти сети, запрещается:

а) производить строительство, капитальный ремонт, реконструкцию или снос любых зданий и сооружений;

б) осуществлять всякого рода горные, дноуглубительные, землечерпальные, погрузо-разгрузочные, взрывные работы, производить посадку и вырубку

деревьев и кустарников, располагать полевые станы, устраивать загоны для скота, сооружать проволочные ограждения, шпалеры для виноградников и садов, а также производить полив сельскохозяйственных культур;

в) осуществлять добычу рыбы, других водных животных и растений придонными орудиями лова, устраивать водопои, производить колку и заготовку льда (в охранных зонах подводных кабельных линий электропередачи);

г) совершать проезд машин и механизмов, имеющих общую высоту с грузом или без груза от поверхности дороги более 4,5 метра (в охранных зонах воздушных линий электропередачи);

д) производить земляные работы на глубине более 0,3 метра, а на вспахиваемых землях — на глубине более 0,45 метра, а также планировку грунта (в охранных зонах подземных кабельных линий электропередачи).

13. Запрещается производить какие-либо действия, которые могут нарушать нормальную работу электрических сетей, привести к их повреждению или к несчастным случаям, и в частности:

а) размещать автозаправочные станции и иные хранилища горюче-смазочных материалов в охранных зонах электрических сетей;

б) посторонним лицам находиться на территории и в помещениях электросетевых сооружений, открывать двери и люки электросетевых сооружений, производить переключения и подключения в электрических сетях;

в) загромождать подъезды и подходы к объектам электрических сетей;

г) набрасывать на провода, опоры и приближать к ним посторонние предметы, а также подниматься на опоры;

д) устраивать всякого рода свалки (в охранных зонах электрических сетей и вблизи них);

е) складировать корма, удобрения, солому, торф, дрова и другие материалы, разводить огонь (в охранных зонах воздушных линий электропередачи);

ж) устраивать спортивные площадки для игр, стадионы, рынки, остановочные пункты общественного транспорта, стоянки всех видов машин и механизмов, проводить любые мероприятия, связанные с большим скоплением людей, не занятых выполнением разрешенных в установленном порядке работ (в охранных зонах воздушных линий электропередачи);

з) запускать воздушные змеи, спортивные модели летательных аппаратов, в том числе неуправляемые (в охранных зонах воздушных линий электропередачи и вблизи них);

и) производить работы ударными механизмами, сбрасывать тяжести массой выше 5 тонн, производить сброс и слив едких и коррозионных веществ и горюче-смазочных материалов (в охранных зонах подземных кабельных линий электропередачи и вблизи них);

к) бросать якоря, проходить с отданными якорями, цепями, лотами, волокушами и тралями (в охранных зонах подводных кабельных линий электропередачи).

22. Работникам предприятий (организаций), в ведении которых находятся электрические сети, предоставляется право беспрепятственного доступа в установленном порядке к объектам сетей, расположенным на территории других предприятий, организаций и учреждений, для их ремонта и техниче-

кого обслуживания.

25. Предприятия и организации, в ведении которых находятся электрические сети, расположенные на просеках, проходящих через лесные массивы, обязаны:

- а) содержать просеки в пожаробезопасном состоянии;
- б) поддерживать ширину просек в размерах, предусмотренных проектами строительства электрических сетей, путем вырубки на просеках деревьев (кустарников) и иными способами;
- в) вырубать в установленном порядке деревья, растущие вне просек и угрожающие падением на провода или опоры;
- г) на просеках, используемых для выращивания деревьев и кустарников, производить вырубку или обрезку деревьев, высота которых превышает 4 метра.

26. Для предотвращения аварий и ликвидации их последствий на линиях электропередачи предприятиям (организациям), в ведении которых находятся эти линии, разрешается вырубка отдельных деревьев в лесных массивах и в лесозащитных полосах, прилегающих к трассам этих линий, с последующим оформлением лесорубочных билетов (ордеров) в установленном порядке.

27. Предприятиям (организациям), в ведении которых находятся линии электропередачи, разрешается производить в охранных зонах этих линий земляные и иные работы, необходимые для ремонта линий электропередачи.

Плановые работы по ремонту и реконструкции линий электропередачи, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, производятся по согласованию с землепользователями и, как правило, в период, когда эти угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или когда возможно обеспечение сохранности этих культур.

Работы по предотвращению аварий или ликвидации их последствий на линиях электропередачи могут производиться в любое время года без согласования с землепользователем, но с уведомлением его о проводимых работах.

После выполнения указанных работ предприятия (организации), в ведении которых находятся линии электропередачи, должны привести земельные угодья в состояние, пригодное для их использования по целевому назначению, а также возместить землепользователю убытки, причиненные при производстве работ. Убытки землепользователей определяются и возмещаются в установленном порядке.

28. Плановые работы по ремонту и реконструкции кабельных линий электропередачи, вызывающие нарушение дорожного покрытия, могут производиться только после предварительного согласования условий их проведения с подразделениями дорожно-постовой службы и предприятиями, организациями и учреждениями, в ведении которых находятся автомобильные дороги, а в пределах городов и других населенных пунктов — также с местной администрацией. Условия проведения работ должны быть согласованы не позднее чем за трое суток до начала работ.

В случаях, не терпящих отлагательства, разрешается производить работы по ремонту кабельных линий электропередачи, вызывающие нарушение дорожного покрытия, без предварительного согласования, но после уведомления

подразделений дорожно-постовой службы и предприятий, организаций и учреждений, в ведении которых находятся указанные дороги, а в пределах городов и других населенных пунктов — также местной администрации.

Предприятия (организации), которые выполняют указанные работы, должны устраивать объезды и ограждения места производства работ и устанавливать соответствующие дорожные знаки, а после завершения работ производить планировку грунта и восстановление дорожного покрытия.

29. Предприятия, организации и учреждения, производящие земляные работы, при обнаружении кабеля, не указанного в технической документации на производство работы, обязаны немедленно прекратить эти работы, принять меры к обеспечению сохранности кабеля и сообщить об этом ближайшему предприятию (организации), в ведении которого находятся электрические сети, другому энергетическому предприятию или органу местной власти.

31. Предприятия, организации, учреждения и граждане в охранных зонах электросетей и вблизи них обязаны выполнять требования работников предприятий (организаций), в ведении которых находятся электрические сети, направленные на обеспечение сохранности электрических сетей и предотвращения несчастных случаев. Предприятия (организации), в ведении которых находятся электрические сети, имеют право приостанавливать работы, выполняемые другими предприятиями, организациями, учреждениями или гражданами в охранных зонах этих сетей с нарушением требований настоящих Правил.

33. Должностные лица и граждане, виновные в нарушении требований настоящих Правил, привлекаются к ответственности в установленном порядке.

1.9.2. Охрана кабельных линий

Выписка из правил производства земляных работ на территории Московской области

(без лесопаркового пояса г. Москвы),

утвержденных решением Мособлсовета №1153/27 от 27 августа 1987 года.

1—1. Настоящие Правила являются обязательными для всех организаций, осуществляющих строительство, реконструкцию, ремонт и эксплуатацию подземных коммуникаций и сооружение дорог, трамвайных путей, ирригационных сооружений, а также производство работ, связанных с разработкой карьеров, проведением инженерно-геологических изысканий, посадкой зеленых насаждений и благоустройством на территории Московской области.

4—1. Производство земляных работ в городах, поселках и других населенных пунктах, а также на землях колхозов, совхозов, лесных угодий и госзапаса, связанных со строительством объектов, указанных в пункте 1—1, должно производиться только после получения в отделе по делам строительства и архитектуры органов местной власти ордера на право производства работ.

5—4. Организация, производящая работы в пределах населенных мест и

на автодорогах, обязана до их начала:

- оградить место разрытия;
- в темное время суток обеспечить световыми сигналами красного цвета;
- обеспечить установку необходимых дорожных знаков и указателей;
- при производстве работ с закрытием проезда должно быть ясно обозначено направление объезда;
- выставить щиты с указанием наименования организации, производящей работы, номеров телефонов, фамилии ответственного за работу лица, сроков начала и окончания работ;
- на пешеходной части установить через траншею мостики шириной не менее 0,75 м;
- установку ограждения, дорожных знаков и направлений объездов согласовать с ДПС.

5–5. Для принятия необходимых мер предосторожности и предупреждения повреждения смежных или пересекающих подземных сооружений, находящихся в зоне строительства, лицо, ответственное за производство работ, обязано не позднее чем за сутки до начала работ вызвать на место представителей организаций, имеющих на участке работ подземные сети, установить совместно с ними точное расположение этих сетей, при необходимости отшурфовать в присутствии представителя эксплуатирующей организации и принять необходимые меры к их полной сохранности и устройству защитных сооружений в соответствии с требованиями, указанными в рабочих чертежах при их согласовании.

При этом на месте должна быть точно обозначена трасса строящейся коммуникации.

5–6. Руководители эксплуатационных организаций обязаны обеспечить своевременную явку своих представителей к месту работ и дать исчерпывающие указания в письменном виде об условиях обеспечения сохранности принадлежащих им подземных коммуникаций.

5–7. Производство земляных работ в непосредственной близости от существующих подземных коммуникаций (газопроводы, электрокабели, кабели связи и др.) допускается только под наблюдением лица, получившего ордер или его замещающего, и с письменного разрешения эксплуатационных организаций.

До начала работ необходимо установить знаки, указывающие место расположения подземных коммуникаций, и провести инструктаж по технике безопасности персонала, участвующего в работе.

Вскрытие шурфов для уточнения коммуникаций должно производиться только в присутствии представителей соответствующих эксплуатационных организаций.

Применение механизмов и ударных инструментов (пневматические инструменты, ломы, клинья и др.) вблизи действующих коммуникаций категорически запрещается.

5–10. Категорически запрещается открывать крышки люков камер и колодцев на подземных сооружениях и опускаться в них без разрешения со-

ответствующих эксплуатационных организаций, а также без принятия мер, предусмотренных «Правилами по технике безопасности».

5-11. В случае обнаружения при производстве земляных работ подземных коммуникаций, не указанных в проекте, строительная организация ставит в известность заказчика, который обязан вызвать на место работ представителей проектной организации, отдела по делам строительства и архитектуры и организации, которой принадлежит обнаруженное сооружение, для составления акта и принятия решения.

5-12. Во время производства работ ответственное за выполнение работ лицо или лицо, его замещающее, обязано находиться на месте строительства, имея при себе ордер, проектную документацию и график работ.

5-13. При повреждении существующих подземных сетей и сооружений, зеленых насаждений, а также постоянных геодезических знаков составляется акт с участием представителей местной администрации, заказчика и заинтересованных сторон. В акте указывается характер и причины повреждения, размер ущерба, конкретные виновники, а также меры и сроки восстановления повреждений. Акт о повреждении не утрачивает силу при отказе ответственного за производство работ лица от подписи, о чем в акте делается соответствующая отметка.

5-15. По окончании основных работ строительная организация обязана уведомить организацию, на которую возложено восстановление дорожного покрытия, а также организацию, эксплуатирующую дорогу (улицу), о начале засыпки траншей. Засыпка траншей и котлованов осуществляется в соответствии с проектом и под техническим контролем представителей организации, восстанавливающей и эксплуатирующей дорогу (улицу).

О качестве засыпки траншей и котлованов составляется акт с участием ответственных представителей строительной организации и организаций, ведущих надзор за работами по засыпке.

6. Восстановительные работы по ликвидации аварий.

6.1. При нарушении подземных инженерных сетей и сооружений водоснабжения, газоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения, канализации и др., в результате чего приостановится их нормальное функционирование или могут произойти несчастные случаи, руководители организаций, в ведении которых находятся эти сооружения, или лица, действующие по уполномочию руководителей (начальник аварийной службы, дежурный диспетчер аварийной службы или другие ответственные лица) по получении сигнала об аварии обязаны:

— немедленно выслать для ликвидации аварии аварийную бригаду под руководством ответственного лица, имеющего при себе служебное удостоверение и наряд службы;

— немедленно сообщить об аварии телефонограммой дежурному местной администрации, дежурному районного отдела внутренних дел, организациям, имеющим смежные с местом аварии подземные сети и сооружения, и органам ДПС при необходимости ограничения или закрытия проезда.

6.3. При необходимости разрытие производится немедленно, одновременно оформляется разрешение на разрытие (форма № 2). Если авария произошла в нерабочее время, разрешение на производство работ оформляется следующим рабочим днем.

Форма № 1

Угловой штамп Отдела по
делам строительства и архи-
тектуры

Приложение к Правилам произ-
водства земляных работ на тер-
ритории Московской области

ОРДЕР №

на право производства земляных работ на территории
.....района Московской области

Выдан представителю.....
(наименование организации)

.....
(должность, фамилия, имя, отчество)
на право производства земляных работ.....
(назначение и

.....
местоположение объекта)
в соответствии с проектом, согласованным с отделом по делам строительства и
архитектуры от.....№..... и требованиями Правил производства земляных
работ, утвержденных решением Правительства Моск. обл. от.....№.....
Работы начать199...г. и закончить со всеми работами по восстано-
влению разрушений до199...г.

После окончания работ представить в отдел по делам строительства и архитек-
туры исполнительный чертеж до199...г.

Особые условия:.....

Я,
(фамилия ответственного).....обязуюсь соблюдать указанные условия и
выполнить работы в срок, установленный ордером. С правилами производства зем-
ляных работ ознакомлен. За невыполнение обязательств по настоящему ордеру несу
ответственность в административном или судебном порядке.

Подпись ответственного за производство работ«.....».....199...г.

Адрес организации.....№ телефона.....

Домашний адрес ответственного за производство работ.....
.....№ телефона.....

Главный архитектор.....

«.....».....199...г.

Угловой штамп Отдела по
делам строительства и архи-
тектуры

Приложение к Правилам произ-
водства земляных работ на тер-
ритории Московской области

РАЗРЕШЕНИЕ

на разрытие (аварийное) №.....

Организация..... Ответственное лицо
за проведение работ

Разрешается произвести разрытие в связи с проведением работ по устранению
аварии по адресу.....

Характер работ.....

Начало работ с «.....».....199...г. по «.....».....199...г. с выполнением
всех работ по восстановлению дорожных покрытий и зеленых насаждений.

Перед началом работ вызвать представителей следующих организаций, имеющих
подземное хозяйство в районе устранения аварии.....

Главный архитектор.....

«.....».....199...г.

Угловой штамп Отдела по
делам строительства и архи-
тектуры

Приложение к Правилам произ-
водства земляных работ на тер-
ритории Московской области

СПРАВКА

о принятии на учет инженерных коммуникаций

Трасса.....
(наименование, местоположение)

по проекту, разработанному.....
(наименование организации)

(заказ №.....), зарегистрированному в отделе по делам строительства и архитек-
туры, проверена по данным исполнительных чертежей.

Замечания.....

Трасса принята на учет:

Начальник производственной группы отдела
по делам строительства и архитектуры

«.....».....199...г.

1.9.3. Выписка из правил производства работ по прокладке и переустройству подземных сооружений в г. Москве, утвержденным решением исполкома Моссовета от 30.01.90 г. № 160, п.5.

5.1. Земляные работы, связанные с прокладкой и переустройством подземных сооружений, строительством и ремонтом зданий и дорог, проведением благоустройства и озеленения территорий, бурением скважин и другими работами могут производиться только после получения специального разрешения (ордера).

6.1. Прокладка и переустройство подземных сооружений должны выполняться до начала работ по строительству дорог, проведения благоустройства и озеленения территории.

6.2. Запрещается производить капитальный ремонт дорог до прокладки, переустройства и ремонта подземных сооружений, если выполнение последних предусмотрено проектом и сводным планом.

6.3. Организации, выполняющие работы по текущему и капитальному ремонту дорог, обязаны с участием и под надзором представителей соответствующих эксплуатационных организаций устанавливать люки камер и колодцев подземных сооружений и газовые коверы в одном уровне с проезжей частью.

6.11. Запрещается засыпать грунтом крышки люков колодцев и камер, решеткиждеприемных колодцев, лотки дорожных покрытий, зеленые насаждения и производить складирование материалов и конструкций на газонах, на трассах действующих подземных коммуникаций и в охранных зонах линий электропередачи (ЛЭП).

6.14. Для принятия необходимых мер предосторожности и предупреждения от повреждения подземных сооружений, строительная организация обязана не позднее, чем за сутки до начала земляных работ, вызывать на место представителей организаций, указанных в ордере и в согласовании Отдела подземных сооружений.

6.15. Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций (электрокабели, кабели связи, газопроводы и др.) допускается только с письменного разрешения соответствующих организаций, ответственных за эксплуатацию этих коммуникаций. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием расположения и глубин заложения коммуникаций, составленный на основании исполнительных чертежей.

До начала работ по согласованию с эксплуатационной организацией необходимо установить знаки, указывающие место расположения подземных коммуникаций, и провести инструктаж по технике безопасности всего персонала, участвующего в работе. Вскрытие шурфов для уточнения коммуникаций может производиться только в присутствии представителей соответствующих эксплуатационных организаций.

Примечания:

1. Применение ударных инструментов (ломы, кирки, клинья, пневматические инструменты и др.) вблизи действующих подземных сооружений зап-

решается.

2. Вскрытые при разработке траншей и котлованов подземные сооружения защищаются специальными коробами и подвешиваются в соответствии с разработанными в проектах чертежами.

3. Засыпка траншей и котлованов в местах вскрытых действующих подземных сооружений должна производиться в присутствии представителей соответствующих эксплуатационных организаций. Если в процессе строительства выявилась необходимость переустройства существующих подземных сооружений, не предусмотренного проектом, то они могут быть выполнены только после согласования соответствующей эксплуатационной и проектной организации, Отдела подземных сооружений ГлавАПУ и заказчика.

1.9.4. Правила охраны электрических сетей.

1. Настоящие Правила распространяются на электрические сети напряжением до и выше 1000 вольт. Они вводятся в целях обеспечения сохранности этих сетей, создания нормальных условий их эксплуатации и предотвращения несчастных случаев. Правила являются обязательными для всех организаций, предприятий и учреждений, независимо от их форм собственности и ведомственной принадлежности, и отдельных граждан при проектировании, строительстве и эксплуатации электрических сетей, а также при производстве работ и осуществлении другой деятельности вблизи электрических сетей.

Под электрическими сетями для целей настоящих Правил понимаются подстанции, переключательные пункты, распределительные устройства, токопроводы, воздушные линии электропередачи*, надземные, наземные, подземные и подводные кабельные линии электропередачи и относящиеся к ним сооружения.

Контроль за соблюдением Правил осуществляется организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети.

2. Для обеспечения сохранности, создания нормальных условий эксплуатации электрических сетей и предотвращения несчастных случаев отводятся земельные участки, устанавливаются охранные зоны, минимально допустимые расстояния от электрических сетей до зданий, сооружений, земной и водной поверхностей, прокладываются просеки в лесных массивах и зеленых насаждениях.

Под охранной зоной электрических сетей понимается земельная территория, воздушное и водное пространство вблизи объектов электрических сетей, в пределах которых всякого рода деятельность осуществляется с соблюдением требований настоящих Правил.

3. Земельные участки на период строительства и эксплуатации электри-

* В дальнейшем «токопроводы» и «воздушные линии электропередачи» именуются «воздушные линии электропередачи».

ческих сетей напряжением до 750 киловольт включительно отводятся в установленном порядке в соответствии с «Нормами отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38 – 750 киловольт», утвержденными Министерством топлива и энергетики Российской Федерации по согласованию с Комитетом Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству.

Земельные участки на период строительства и эксплуатации электрических сетей напряжением более 750 киловольт отводятся в установленном порядке в соответствии с проектом.

4. Охранные зоны электрических сетей устанавливаются:

а) вдоль воздушных линий электропередачи в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии:

для линий напряжением:

до 1 киловольт	— 2 метра
свыше 1 и до 20 киловольт	— 10 метров
35 киловольт	— 15 метров
110 киловольт	— 20 метров
150, 220 киловольт	— 25 метров
330, 500, +400 киловольт*	— 30 метров
750, +750 киловольт*	— 40 метров
1150 киловольт	— 55 метров

б) вдоль подземных кабельных линий электропередачи в виде земельного участка, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних кабелей на расстоянии 1 метра, а при прохождении кабельных линий напряжением до 1000 вольт под тротуарами — на 0,6 метра в сторону зданий и сооружений и на 1 метр в сторону проезжей части улицы;

в) вдоль наземных и надземных (в лотках, коробах, на эстакадах и в галереях) кабельных линий электропередачи в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими от короба, лотка или выступающих частей эстакады (галереи) на расстоянии 1 метра;

г) вдоль подводных кабельных линий электропередачи в виде водного пространства от водной поверхности до дна, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних кабелей на расстоянии 100 метров;

д) вдоль переходов воздушных линий электропередачи через водоемы (реки, каналы, озера и другие) в виде воздушного пространства над водной поверхностью водоемов, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов при неотклоненном их положении для судоходных водоемов на расстоянии 100 метров, для несудоходных водоемов на расстоянии, предусмотренном п. 4а для установления

* « + » относится к ВЛ постоянного напряжения.

охранных зон вдоль воздушных линий электропередачи;

е) по периметру подстанций и распределительных устройств напряжением выше 1 киловольт, имеющих ограждение (забор), в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими от внешней стороны ограждения на расстоянии:

для подстанций и распределительных устройств напряжением:

выше 1 и до 20 киловольт	— 7 метров
35 киловольт	—12 метров
110 киловольт	—15 метров
150, 220 киловольт	—20 метров
330, 500, +400 киловольт	—25 метров
750, +750 киловольт	—35 метров
1150 киловольт	—45 метров

ж) вокруг подстанций и распределительных устройств, не имеющих внешнего ограждения (забора), в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими от наиболее выступающих частей на расстоянии:

для подстанций и распределительных устройств напряжением:

до 1 киловольта	—2 метра
свыше 1 и до 20 киловольт	—10 метров
35 киловольт	—15 метров

з) для распределительных устройств и подстанций, расположенных в зданиях, охранная зона не устанавливается.

5. Земли, входящие в охранные зоны электрических сетей, за исключением участков, отведенных на период строительства и эксплуатации этих сетей (см. п.3 настоящих Правил), не изымаются у землевладельцев, землепользователей и арендаторов* и используются с обязательным соблюдением требований настоящих Правил.

6. Землепользователи, производящие полевые работы в охранных зонах воздушных линий электропередачи, обязаны предварительно уведомлять организацию (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, о производстве этих работ.

7. На землях, находящихся в охранных зонах электрических сетей, работы, связанные с временным затоплением земель, производятся по согласованию между землепользователями и организациями (предприятиями), в собственности и —или ведении которых находятся эти сети. Постоянное затопление земель в охранной зоне электрических сетей запрещается.

8. Минимально допустимые расстояния от электрических сетей до зданий, сооружений, древесных и других многолетних насаждений, а также от проводов воздушных линий электропередачи до земной и водной поверхнос-

* В дальнейшем «землевладельцы», «землепользователи» и «арендаторы» именуется «землепользователи».

ти определяются «Правилами устройства электроустановок» или проектом, утвержденным в установленном порядке, и подлежат обязательному соблюдению при проектировании и строительстве зданий и сооружений, при посадке, обрезке и вырубке древесных и других насаждений.

9. Вдоль воздушных линий электропередачи и по периметру подстанций и распределительных устройств, находящихся в лесных массивах и зеленых насаждениях, прокладываются просеки в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» или проектом, утвержденным в установленном порядке.

При размещении указанных просек на землях лесного фонда площадь этих просек переводится в нелесные земли или используется для выращивания деревьев и кустарников высотой не более 4 метров.

10. При прохождении воздушных линий электропередачи через лесные массивы обрезка (вырубка) деревьев, растущих в непосредственной близости к проводам, производится организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся эти линии.

При прохождении воздушных линий электропередачи через парки, сады и другие многолетние насаждения, а также по землям лесного фонда, используемым для выращивания деревьев, высота которых превышает 4 метра, обрезка деревьев производится организациями, предприятиями и учреждениями, на балансе которых находятся эти насаждения, или гражданами — владельцами садов и других многолетних насаждений по требованию и под наблюдением организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся воздушные линии электропередачи; при невыполнении ими требований по обрезке деревьев организации (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся линии электропередачи, вправе проводить эту работу без согласования с владельцами зеленых насаждений, но за их счет.

11. В охранных зонах электрических сетей без письменного согласования организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся эти сети, всем, включая землепользователей и лесопользователей, запрещается:

а) производить строительство, капитальный ремонт, реконструкцию или снос любых зданий, сооружений (в том числе гаражей и садовых домиков), автомобильных и железных дорог;

б) осуществлять всякого рода горные, погрузо-разгрузочные, дноуглубительные, землечерпательные, взрывные, мелиоративные работы, производить посадку, обрезку и вырубку деревьев и кустарников, располагать полевые станы, сады и огороды, устраивать загоны для скота, сооружать проволочные ограждения, шпалеры для виноградников и садов, а также производить полив сельскохозяйственных культур, распыление удобрений и раскислителей почвы;

в) осуществлять добычу рыбы, других водных животных и растений придонными орудиями лова, устраивать водопои, производить колку и заготовку льда (в охранных зонах подводных кабельных линий электропередачи);

г) совершать проезд машин и механизмов, имеющих общую высоту с грузом или без груза от поверхности дороги более 4,5 метров (в охранных зонах воздушных линий электропередачи);

д) производить земляные работы на глубине более 0,3 метра, а на вспахиваемых землях — на глубине более 0,45 метра, а также планировку грунта (в охранных зонах подземных кабельных линий электропередачи и вокруг опор воздушных линий электропередачи на расстоянии менее высоты опоры).

Организации, предприятия, учреждения и частные лица, получившие письменное согласие на ведение указанных работ в охранных зонах электрических сетей, обязаны выполнять их с соблюдением условий, обеспечивающих сохранность этих сетей и безопасное проведение работ.

Письменное согласие на производство взрывных работ в охранных зонах электрических сетей, а также на расстоянии, при котором может быть причинен ущерб электрическим сетям, выдается только после представления организацией, предприятием и учреждениям, производящим эти работы, соответствующих материалов, предусмотренных едиными правилами безопасности при взрывных работах, утвержденными Госгортехнадзором России.

Отказ организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, в выдаче письменного согласия на проведение в охранных зонах электрических сетей работ, предусмотренных в настоящем пункте, может быть обжалован в установленном порядке.

12. При подвеске на общих опорах проводов воздушных линий электропередачи и линий другого назначения, принадлежащих разным организациям (предприятиям), взаимоотношения владельцев линий оформляются договорами, содержащими обязательства и ответственность сторон и позволяющими производить финансовые и другие расчеты, связанные с ремонтом и техническим обслуживанием этих линий. Каждая организация (предприятие), осуществляющая работу на своей линии, при которой может быть нанесен ущерб другой организации (предприятию) или требуется присутствие его представителя, должно предварительно уведомлять об этой работе заинтересованную организацию (предприятие).

13. Условия обеспечения охраны труда и здоровья работников организаций, предприятий, учреждений и населения при нахождении их вблизи воздушных линий электропередачи напряжением 330 киловольт и выше устанавливаются в соответствии с действующими нормативными документами.

14. Запрещается производить какие-либо действия, которые могут нарушить нормальную работу электрических сетей, привести к их повреждению или к несчастным случаям, и в частности:

а) размещать автозаправочные станции и иные хранилища горюче-смазочных материалов в охранных зонах электрических сетей, а вблизи опор ВЛ — на расстоянии менее полутора кратной высоты опоры;

б) посторонним лицам находиться на территории и в помещениях электросетевых сооружений, открывать двери и люки электросетевых сооружений, производить переключения и подключения в электрических сетях;

в) загромождать подъезды и подходы к объектам электрических сетей;

г) набрасывать на провода, опоры и приближать к ним посторонние предметы, подниматься на опоры, приставлять и привязывать к ним посторонние предметы и животных;

д) устраивать всякого рода свалки (в охранных зонах электрических сетей и вблизи них);

е) складировать корма, удобрения, солому, торф, дрова и другие материалы, разводить огонь (в охранных зонах электрических сетей);

ж) устраивать спортивные площадки для игр, стадионы, рынки, остановочные пункты общественного транспорта, стоянки всех видов машин и механизмов, проводить любые мероприятия, связанные с большим скоплением людей, не занятых выполнением разрешенных в установленном порядке работ (в охранных зонах воздушных линий электропередачи);

з) запускать воздушные змеи, все виды моделей летательных аппаратов, в том числе неуправляемые (в охранных зонах воздушных линий электропередачи, подстанций, переключательных пунктов распределительных устройств и вблизи них);

и) совершать остановки всех видов транспорта, кроме железнодорожного (в охранных зонах воздушных линий электропередачи напряжением 330 киловольт и выше);

к) применять землеройные машины, производить работы с использованием машин и механизмов ударного и вибрационного действия ближе 5 метров от кабелей, производить сброс и слив едких и коррозионных веществ и горюче-смазочных материалов (в охранных зонах подземных кабельных линий электропередачи и вблизи них, а также вблизи опор ВЛ);

л) производить посадку деревьев на расстоянии менее 2 метров от кабелей, проложенных непосредственно в земле;

м) бросать якоря, проходить с отданными якорями, цепями, лотами, волокушами и тралами (в охранных зонах подводных кабельных линий электропередачи);

н) полеты воздушных судов на низкой высоте, иное использование воздушного пространства над электрическими сетями и вблизи них.

15. Проектирование, строительство и эксплуатация электрических сетей должны осуществляться в соответствии с законодательством, регулирующим использование воздушного пространства России.

16. Организации, предприятия, учреждения и частные лица, производящие взрывные, строительные и иные работы вблизи охранных зон электрических сетей, которые могут вызвать их повреждения, обязаны не позднее чем за 12 суток до начала выполнения работ согласовать с организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, условия и порядок этих работ, обеспечивающие сохранность электрических сетей и возможность безопасного производства работ; соблюдать согласованные условия и порядок проведения работ. Если эти работы направлены на предотвращение аварий или ликвидацию их последствий, то они производятся без предварительного согласования с организацией (предприятием), в собственности и — или ведении которой находятся эти сети, но в присутствии ее (его) представителя на месте работ; до прибытия представителя приступать к работе запрещается.

17. Организации, предприятия, учреждения и частные лица, выполняющие работы, которые вызывают необходимость переустройства электрических сетей или защиты их от повреждений, обязаны выполнять работы по переустройству или защите сетей за счет своих средств по согласованию с организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых нахо-

дятся электрические сети.

При сооружении оросительных и коллекторно-дренажных каналов, устройстве шпалер для виноградников и садов и производстве иных работ должны быть сохранены подъезды и подходы к электрическим сетям или устроены новые подъезды и подходы, согласованные с владельцами этих сетей.

18. В проектно-сметной и иной документации на строительство, капитальный ремонт, реконструкцию зданий и сооружений, вблизи которых расположены электрические сети, должны предусматриваться мероприятия по обеспечению сохранности электрических сетей. Эти мероприятия подлежат согласованию с организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети.

19. В проектно-сметной и иной документации на строительство, капитальный ремонт, реконструкцию объектов, которые могут быть источником загрязнения или коррозии электрических сетей, должны быть предусмотрены мероприятия, ограничивающие загрязнения и коррозию, или вынос электрических сетей из зоны загрязнения (коррозии).

Организации, предприятия и учреждения, производственная деятельность которых вызывает загрязнение или коррозию электрических сетей, обязаны проводить мероприятия по ограничению загрязнения и коррозии электрических сетей, независимо от ведомственной принадлежности этих сетей.

20. Организации, предприятия и учреждения, в ведении которых находятся действующие или строящиеся сооружения, являющиеся источником блуждающих электрических токов и расположенные вблизи кабельных линий, должны осуществлять мероприятия по ограничению утечки электрического тока в землю.

Организации (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся строящиеся и действующие кабельные линии электропередачи, должны осуществлять мероприятия по защите указанных линий от блуждающих токов.

21. Материалы фактического положения линий электропередачи, оформленные в установленном порядке, должны быть переданы организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся эти линии, в местные органы исполнительной власти для нанесения их на соответствующие карты землепользования.

Местные органы исполнительной власти выдают сведения о местонахождении линий электропередачи заинтересованным землевладельцам.

22. При совпадении охранной зоны линии электропередачи с полосой отвода железных и автомобильных дорог, охранными зонами трубопроводов, линий связи, иных линий электропередачи и других объектов проведение работ, связанных с эксплуатацией этих объектов, на совпадающих участках территорий осуществляется заинтересованными организациями, предприятиями и учреждениями по согласованию между ними.

23. Работникам организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, предоставляется право беспрепятственного доступа (с их транспортными средствами и средствами механизации) в установленном порядке к объектам сетей, расположенным на территории других организаций, предприятий, учреждений и частных лиц (независимо от формы собственности), для их ремонта и технического обслуживания.

24. На опорах воздушных линий электропередачи напряжением свыше 1 киловольта, проходящих по населенной местности, устанавливаются знаки, предупреждающие об опасности поражения электрическим током.

25. На автомобильных дорогах в местах пересечения с воздушными линиями электропередачи напряжением 330 киловольт и выше должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в охраняемых зонах этих линий.

Дорожные знаки, ограничивающие высоту транспорта с грузом или без груза в местах пересечения автомобильных дорог с воздушными линиями электропередачи, устанавливаются в соответствии с «Правилами устройства электроустановок».

Дорожные знаки устанавливаются и обслуживаются дорожными службами по представлению организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся линии электропередачи.

26. Места пересечения кабельных и воздушных линий электропередачи с судоходными и сплавными реками, озерами, водохранилищами и каналами обозначаются сигнальными знаками согласно Уставу внутреннего водного транспорта РФ. Сигнальные знаки устанавливаются и обслуживаются бассейновыми управлениями водного пути (управлениями каналов) по представлению организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся линии электропередачи, и вносятся ими в перечень судоходной обстановки и в лоцманские карты.

Трассы морских кабельных линий электропередачи указываются в «Известиях мореплавателям» и наносятся на морские карты.

27. При размещении воздушных линий электропередачи и подстанций на приаэродромных территориях и воздушных трассах в целях обеспечения безопасности полетов самолетов и сохранности объектов электрических сетей должны быть соблюдены требования светоограждения и дневной маркировки этих объектов в соответствии с Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий и Правилами устройства электроустановок.

28. Организация (предприятие), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, расположенные на просеках, проходящих через лесные массивы, обязаны:

— содержать просеки в пожаробезопасном состоянии; очищать их от хвороста, сучьев, зарослей, упавших деревьев; на проведение этих работ оформление лесорубочных билетов (ордеров) и разрешение органов лесного хозяйства не требуется;

— поддерживать ширину просек в размерах, предусмотренных проектами строительства (реконструкции) электрических сетей, путем вырубki на просеках деревьев (кустарников) и иными способами; на проведение этих работ оформление лесорубочных билетов (ордеров) и разрешения органов лесного хозяйства не требуется;

— вырубать деревья, растущие вне просек и угрожающие падением на провода или опоры, с последующим уведомлением об этом организации, в ведении которой находятся насаждения, и оформлением лесорубочных билетов (ордеров);

— на просеках, используемых для выращивания деревьев и кустарников, производить вырубку или обрезку деревьев, высота которых превышает 4 метра; на проведение этих работ оформление лесорубочных билетов (ордеров) и

разрешение органов лесного хозяйства не требуется.

29. Для предотвращения аварий и ликвидации их последствий на линиях электропередачи организациям (предприятиям), в собственности и — или ведении которых находятся эти линии, разрешается вырубка отдельных деревьев в лесных массивах и лесозащитных полосах, прилегающих к трассам этих линий, с последующим оформлением лесорубочных билетов (ордеров).

30. Организациям (предприятиям), в собственности и — или ведении которых находятся линии электропередачи, разрешается производить в охранных зонах этих линий земляные и иные работы, необходимые для ремонта линий электропередачи.

Плановые работы по ремонту и реконструкции линий электропередачи, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, производятся по согласованию с землепользователями и, как правило, в период, когда угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или когда возможно обеспечение сохранности этих культур.

Работы по предотвращению аварий или ликвидации их последствий на линиях электропередачи могут производиться в любое время года без согласования с землепользователем, но с уведомлением его о проводимых работах.

После выполнения указанных работ организации (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся линии электропередачи, должны привести земельные угодья в состояние, пригодное для их использования по целевому назначению, а также возместить землепользователям убытки, причиненные при производстве работ. Убытки землепользователей определяются и возмещаются в установленном порядке.

31. Плановые работы по ремонту и реконструкции кабельных линий электропередачи, вызывающие нарушение дорожного покрытия, могут производиться только после предварительного согласования условий их проведения с подразделениями ДПС и организациями, предприятиями и учреждениями, в ведении которых находятся автомобильные дороги, а в пределах городов и других населенных пунктов — также с местными органами исполнительной власти.

Условия проведения работ должны быть согласованы не позднее чем за трие суток до начала работ.

В случаях, не терпящих отлагательства, разрешается производить работы по ремонту и реконструкции кабельных линий электропередачи, вызывающие нарушение дорожного покрытия, без предварительного согласования, но после уведомления подразделений ДПС и организаций, предприятий и учреждений, в ведении которых находятся указанные дороги, а в пределах городов и других населенных пунктов — также исполнительных органов власти на местах.

Организации (предприятия), которые выполняют указанные работы, должны устраивать объезды и ограждения места производства работ и устанавливать соответствующие дорожные знаки, а после завершения работ производить планировку грунта и восстановление дорожного покрытия.

32. Организации, предприятия и учреждения, производящие земляные работы, при обнаружении кабеля, не указанного в технической документации на производство работ, обязаны немедленно прекратить эти работы, принять меры к обеспечению сохранности кабеля и сообщить об этом организации (предприятию), в собственности и — или ведении которого находятся электрические сети, другому энергетическому предприятию или местному органу

исполнительной власти.

В случае подъема кабеля из воды якорем, рыболовной снастью или другим способом капитаны судов (руководители работ) обязаны немедленно сообщить об этом организации (предприятию), в собственности и — или ведении которого находятся электрические сети, или местному органу исполнительной власти. Капитаны судов передают это сообщение непосредственно либо через ближайший морской или речной порт.

33. При повреждении электрических сетей, вызванных стихийными бедствиями, а также в целях предотвращения их повреждений местным органам власти предоставляется право привлекать в необходимых случаях организации, предприятия, учреждения к работам по предотвращению и ликвидации повреждений электрических сетей. Оплата выполненных при этом работ и возмещение стоимости израсходованных материальных ресурсов производится организациями (предприятиями), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети.

34. Организации, предприятия, учреждения и граждане в охранных зонах электрических сетей и вблизи них обязаны выполнять требования работников организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, направленные на обеспечение сохранности электрических сетей и предотвращение несчастных случаев. Организации (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, имеют право приостанавливать работы, выполняемые другими организациями, предприятиями, учреждениями или гражданами в охранных зонах этих сетей с нарушением требований настоящих Правил.

35. Местные органы исполнительной власти, а также органы внутренних дел обязаны оказывать содействие организациям (предприятиям), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, в предотвращении аварий и ликвидации их последствий в электрических сетях, в обеспечении выполнения всеми организациями, предприятиями, учреждениями и гражданами требований настоящих Правил, а также в расследовании нарушений работы электрических сетей по вине посторонних лиц.

36. Должностные лица и граждане, виновные в нарушении требований настоящих Правил, привлекаются к административной или уголовной ответственности в установленном порядке.

Протоколы о нарушениях составляются уполномоченными должностными лицами организаций (предприятий), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети. Они не теряют своей юридической силы и в случае уклонения или отказа в их подписании нарушителем.

Документы о нарушениях Правил передаются организацией (предприятием), в собственности и — или ведении которого находятся электрические сети, в правоохранительные и административные органы для возбуждения уголовного или административного производства, в судебные органы — для возмещения материального ущерба.

Материальный ущерб определяется в соответствии с правилами возмещения материального ущерба.

37. Организации (предприятия), в собственности и — или ведении которых находятся электрические сети, обязаны периодически оповещать должностных лиц и граждан о содержании и необходимости выполнения требований настоящих Правил.

1.10. Формулы для вычисления площадей, поверхностей и объемов геометрических тел и др.

Для вычисления площадей отдельных геометрических тел используются формулы, приведенные в табл. 1.10.1.

Формулы для вычисления поверхностей и объемов тел приведены ниже.

Цепная линия* (рис.1.10.1.). Форму цепной линии принимает гибкая тяжелая нерастяжимая нить, подвешенная в двух точках.

$$\text{Уравнение: } y = a \operatorname{ch} \frac{x}{a} = a \frac{e^{x/a} + e^{-x/a}}{2}$$

Кривая расположена симметрично относительно оси y , выше параболы

$$y = a + \frac{x^2}{2a} \quad (\text{отмеченной штриховой линией}). \text{ Вершина } A(0, a).$$

$$\text{Длина дуги } AM: L = a \operatorname{sh} \frac{x}{a} = a \frac{e^{x/a} - e^{-x/a}}{2}$$

$$\text{площадь } OAMP: S = aL = a^2 \operatorname{sh} \frac{x}{a}$$

$$\text{Радиус кривизны } r = \frac{y^2}{a} = a \operatorname{ch}^2 \frac{x}{a}$$

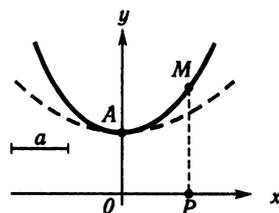


Рис. 1.10.1

Тетраэдр — треугольная пирамида (рис.1.10.2.). Если $OA=a$, $OB=b$, $OC=c$, $BC=p$, $CA=q$, $AB=r$, то

$$V^2 = \frac{1}{288} \begin{vmatrix} 0 & r^2 & q^2 & a^2 & 1 \\ r^2 & 0 & p^2 & b^2 & 1 \\ q^2 & p^2 & 0 & c^2 & 1 \\ a^2 & b^2 & c^2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

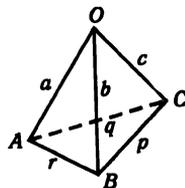
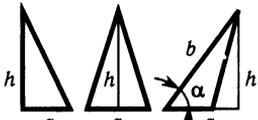
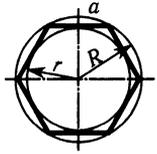
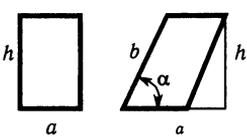
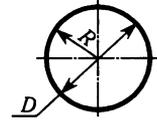
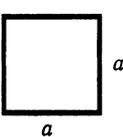
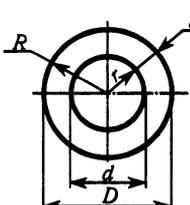
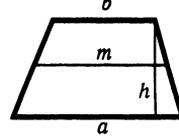
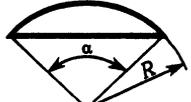
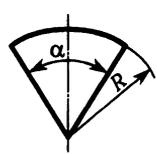
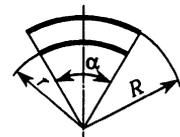


Рис.1.10.2.

* Это уравнение может быть использовано для расчета подвешенных на ВЛ проводов в габаритном пролете

Таблица 1.10.1. Формулы для вычисления площадей

Общие обозначения: F — площадь	
<p>Треугольник</p>  $F = \frac{1}{2} ah = \frac{1}{2} ab \sin \alpha$	<p>Правильный многоугольник</p>  $F = \frac{1}{2} nR^2 \sin \frac{360^\circ}{n}$ <p>При $n = 6$</p> $F = 2,598 R^2 = 3,464 r^2$
<p>Прямоугольник и параллелограмм</p>  $F = ah = ab \sin \alpha$	<p>Круг</p>  $F = \pi R^2 = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,785398 D^2$
<p>Квадрат</p>  $F = a^2$	<p>Круговое кольцо</p>  $F = \pi(R^2 - r^2) = \frac{1}{4} \pi(D^2 - d^2) = \pi(D - S)S$
<p>Трапеция</p>  $m = \frac{a+b}{2} \quad F = \frac{1}{2}(a+b)h = mh$	<p>Сегмент</p>  $F = \frac{1}{2} R^2 \left(\frac{\alpha^\circ \pi}{180^\circ} - \sin \alpha^\circ \right) = K_1 R^2$
<p>Сектор</p>  $F = \frac{\alpha^\circ \pi R^2}{360^\circ} = K_2 R^2$	<p>Сектор кольцевой</p>  $F = \frac{\alpha^\circ \pi}{360^\circ} (R^2 - r^2) = K_2 (R^2 - r^2)$

Усеченная пирамида (плоскость сечения параллельна основанию, (рис.1.10.3.). Если F и f — площади оснований, h — высота (расстояние между основаниями), a и A — две соответственные стороны оснований, то

$$V = \frac{1}{3} h [F + f + \sqrt{Ff}] = \frac{1}{3} hF \left[1 + \frac{a}{A} + \left(\frac{a}{A} \right)^2 \right]$$

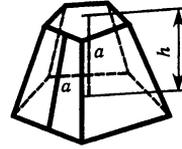


Рис.1.10.3.

Для правильной усеченной пирамиды $M = \frac{P+p}{2} \alpha$, где P и p — периметры оснований, α — апофема.

Обелиск. Основания — прямоугольники, расположенные в параллельных плоскостях; противоположные боковые грани одинаково наклонены к основанию, но не пересекаются в одной точке (рис. 1.10.4.). Если a, b и a_1, b_1 — стороны основания, h — высота, то

$$V = \frac{h}{6} [(2a+a_1)b + (2a_1+a)b_1] = \frac{h}{6} [ab + (a+a_1)(b+b_1) + a_1b_1].$$

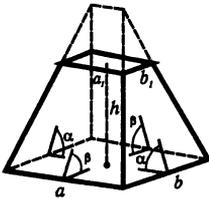


Рис.1.10.4.

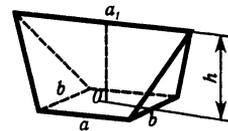


Рис.1.10.5.

Клин. Основание — прямоугольник, боковые грани — равнобедренные треугольники и равнобедренные трапеции (рис. 1.10.5.)

$$V = \frac{1}{6} (2a+a_1)bh.$$

Круглый прямой цилиндр имеет в основании круг, и его образующие перпендикулярны к плоскости основания (рис. 1.10.6.).

R — радиус основания;

$$M = 2\pi R h; S = 2\pi R(R+h); V = \pi R^2 h.$$

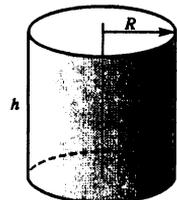


Рис.1.10.6.

Усеченный круглый цилиндр (рис. 1.10.7.)

$$M = \pi R(h_1 + h_2), \quad S = \pi R \left[h_1 + h_2 + R + \sqrt{R^2 + \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right)^2} \right]; \quad V = \pi R^2 \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

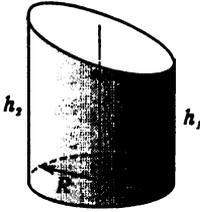


Рис.1.10.7.

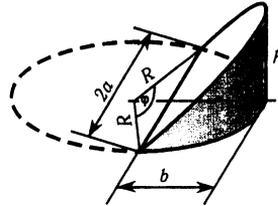


Рис.1.10.8.

Отрезок цилиндра (обозначения см. рис.1.10.8.; $\alpha = \frac{\varphi}{2}$ в радианах)

$$V = \frac{h}{3b} \left[a(3R^2 - a^2) + 3R^2(b - R)\alpha \right] = \frac{hR^3}{b} \left(\sin \alpha - \frac{\sin^3 \alpha}{3} - \alpha \cos \alpha \right).$$

$$M = \frac{2Rh}{b} \left[(b - R)\alpha + a \right]$$

(формулы остаются в силе для случая $b > R$, $\varphi > \pi$).

Цилиндрическая труба (рис. 1.10.9.). R и r — внешний и внутренний радиусы; $\delta = R - r$, $\rho = \frac{R+r}{2}$ (средний радиус):

$$V = \pi h(R^2 - r^2) = \pi h \delta (2R - \delta) = \pi h \delta (2r + \delta) = 2\pi h \delta \rho.$$

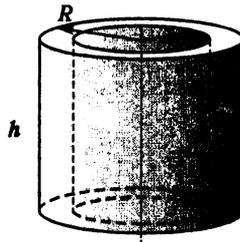


Рис.1.10.9.

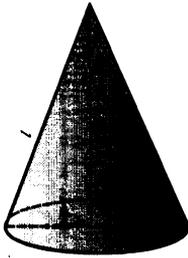


Рис.1.10.10.

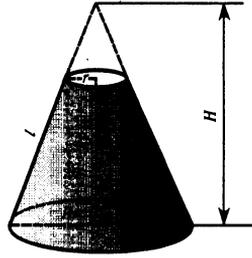


Рис.1.10.11.

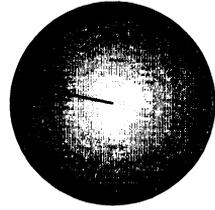


Рис.1.10.12.

Круглый прямой конус (рис. 1.10.10) имеет в основании окружность, и его высота проходит через центр окружности основания (l — длина образующей, R — радиус основания):

$$M = \pi R l = \pi R \sqrt{R^2 + h^2}; \quad S = \pi R(R + l); \quad V = \frac{1}{3} \pi R^2 h.$$

Для **усеченного прямого конуса** (рис. 1.10.11.)

$$l = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}; \quad M = \pi l(R + r); \quad V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr); \quad H = h + \frac{hr}{R - r}.$$

Сфера — поверхность шара. R — радиус шара, $D = 2R$ — диаметр шара (рис. 1.10.12). Всякое сечение сферы плоскостью есть круг. **Большой круг** — круг радиуса R , получающийся от сечения сферы плоскостью, проходящей через ее центр. Через всякие две точки сферы (не являющиеся противоположными концами диаметра) всегда можно провести большой круг и только один. Меньшая дуга этого большого круга является кратчайшим расстоянием на сфере между данными точками.

Поверхность сферы и объем шара:

$$S = 4\pi R^2 \approx 12,57R^2; \quad S = \pi D^2 \approx 3,142D^2, \quad S = \sqrt[3]{36\pi V^2} \approx 4,836\sqrt[3]{V^2},$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \approx 4,189R^3, \quad V = \frac{\pi D^3}{6} \approx 0,5236D^3, \quad V = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{S^3}{\pi}} \approx 0,09403\sqrt{S^3};$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{S}{\pi}} \approx 0,2821 \sqrt{S}; \quad R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \approx 0,6204 \sqrt[3]{V}$$

Шаровой сектор (рис. 1.10.13.)

$$S = \pi R (2h + a); \quad V = \frac{2\pi R^2 h}{3}.$$

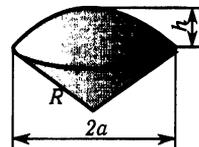


Рис.1.10.13.

Шаровой сегмент (рис. 1.10.14.).

$$a^2 = h(2R - h); M = 2\pi Rh = \pi(a^2 + h^2);$$

$$S = \pi(2Rh + a^2) = \pi(h^2 + 2a^2);$$

$$V = \frac{1}{6} \pi h(3a^2 + h^2) = \frac{1}{3} \pi h^2(3R - h)$$

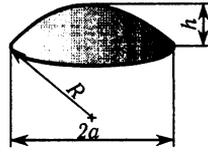


Рис.1.10.14.

Шаровой слой (рис. 1.10.15.)

$$R^2 = a^2 + \left(\frac{a^2 - b^2 - h^2}{2h} \right)^2; M = 2\pi Rh;$$

$$S = \pi(2Rh + a^2 + b^2); V = \frac{1}{6} \pi h(3a^2 + 3b^2 + h^2)$$

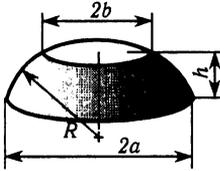


Рис.1.10.15.

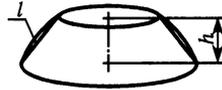


Рис.1.10.16.

Если V_1 — объем усеченного конуса, вписанного в шаровой слой (рис.1.10.16.), и l — его образующая, то $V - V_1 = \frac{1}{6} \pi h l^2$.

Тор (рис. 1.10.17.) — поверхность, образованная вращением окружности около оси, лежащей в плоскости этой окружности и не пересекающей ее.

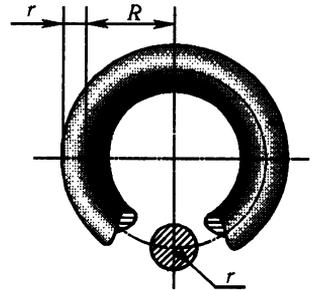


Рис.1.10.17.

$$S = 4\pi^2 Rr \approx 39,48 Rr, S = \pi^2 Dd \approx 9,870 Dd,$$

$$V = 2\pi^2 Rr^2 \approx 19,74 Rr^2, V = \frac{1}{4} \pi^2 Dd^2 \approx 2,467 Dd^2.$$

Бочка (рис.1.10.18.). Для круговой бочки (образующая — дуга окружности) приближенно

$$V = 0,262h(2D^2 + d^2) \text{ или } V = 0,0873h(2D + d)^2.$$

Для параболической бочки:

$$V = \frac{\pi h}{15} \left(2D^2 + Dd + \frac{3}{4} d^2 \right) = 0,05236h(8D^2 + 4Dd + 3d^2).$$

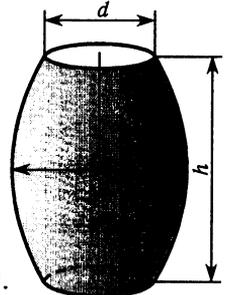
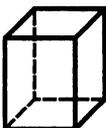
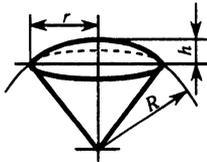
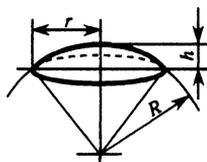
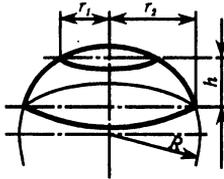


Рис.1.10.18.

Для вычисления поверхностей и объемов призм, пирамид, шаровых секторов, сегментов и поясов, как наиболее простых тел см. табл. 1.10.2.

Таблица 1.10.2. Формулы для вычисления поверхностей и объемов тел.

<i>Общие обозначения</i>	
S_6 — боковая поверхность S_n — полная поверхность V — объем F — площадь нижнего основания F_1 — площадь верхнего основания P, p — периметры оснований	a — апофема (высота боковой грани пирамиды) l — образующая конуса h — высота тела r, R — радиусы оснований d, D — диаметры оснований
<p>Прямая призма</p>  <p>$S_6 = Ph; S_n = Ph + 2F; V = Fh$</p>	<p>Шаровой сектор</p>  <p>$S_n = \pi R(2h + r);$ $V = \frac{2}{3} \pi R^2 h = 2,0944 R^2 h$</p>
<p>Правильная пирамида</p>  <p>$S_6 = \frac{1}{2} Pa; S_n = \frac{1}{2} Pa + F;$ $V = \frac{1}{2} Fh$</p>	<p>Шаровой сегмент</p>  <p>$S_6 = 2\pi Rh;$ $V = \pi h^2 \left(R - \frac{h}{3} \right) = \frac{1}{6} \pi h (3r^2 + h^2)$</p>
<p>Усеченная пирамида</p>  <p>$S_6 = \frac{1}{2} (P + p)a; S_n = \frac{1}{2} (P + p)a + F + F_1;$ $V = \frac{1}{3} h (F + F_1 + \sqrt{FF_1})$</p>	<p>Шаровой пояс</p>  <p>$S_6 = 2\pi Rh;$ $V = \frac{\pi h}{2} \left(r_1^2 + r_2^2 + \frac{h^2}{3} \right)$</p>

При вычислении по таблицам средних процентных значений (часто используемая операция при составлении различной отчетности) необходимо иметь в виду, что, в общем случае результаты зависят от способа вычисления (табл. 1.10.3).

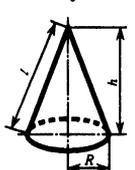
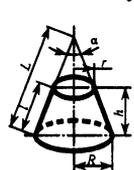
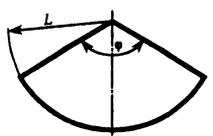
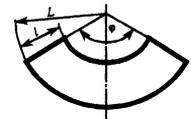
Таблица 1.10.3. Способы вычисления средних процентных значений

№ п/п	Км	Км	%
1	a_1	b_1	$C_1 = \frac{b_1}{a_1} \cdot 100$
2	a_2	b_2	$C_2 = \frac{b_2}{a_2} \cdot 100$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	a_n	b_n	$C_n = \frac{b_n}{a_n} \cdot 100$
Итого	$\sum a_n$	$\sum b_n$	—
Среднее	$\frac{1}{n} \sum a_n$	$\frac{1}{n} \sum b_n$	$\frac{1}{n} \sum C_n^*$
Среднее в целом	—	—	$\frac{\sum b_n^{**}}{\sum a_n} \cdot 100$

Вывод: $\frac{1}{n} \sum C_n^* \neq \frac{\sum b_n^{**}}{\sum a_n} \cdot 100$ — среднее арифметическое не равно

частному средних арифметических итоговых величин.

Таблица 1.10.4. Формулы для расчета разверток конусов

Конус	Усеченный конус
	
<p>Развертка конуса</p>  <p>$l = \sqrt{h^2 + R^2}; \quad \varphi^\circ = 360 \frac{R}{l}$</p>	<p>Развертка усеченного конуса</p>  <p>$l = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$ $L = \frac{R}{\sin \frac{\alpha}{2}}$, где угол α определяется из формулы $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{h}; \quad \varphi^\circ = 360 \frac{R}{L}$</p>

Основные формулы элементарной математики

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2;$$

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3;$$

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3;$$

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b);$$

$$a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2);$$

$$a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2).$$

$$\frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} - \text{среднее арифметическое;}$$

$$\sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n} - \text{среднее геометрическое;}$$

$$(abc\dots)^n = a^n b^n c^n \dots;$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}; a^m a^n = a^{m+n};$$

$$a^m : a^n = \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}; (a^m)^n = a^{mn};$$

$$\sqrt[n]{abc\dots} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} \cdot \sqrt[n]{c} \dots;$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}; (\sqrt[n]{a})^p = \sqrt[n]{a^p};$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{a}. \quad \boxed{a^1 = a; a^0 = 1}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}; a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a};$$

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m};$$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

$$x^2 + px + q; x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

$$ax^2 + c = 0; x_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}};$$

$$ax^2 + bx = 0; x_1 = 0; x_2 = -\frac{b}{a}.$$

Свойства корней квадратного уравнения

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}; x_1 \cdot x_2 = +\frac{c}{a}$$

$$(ax^2 + bx + c) = a(x - x_1)(x - x_2).$$

Мнимые числа

$$j = \sqrt{-1}; j^2 = j \cdot j = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1} = -1;$$

$$j^3 = j \cdot j \cdot j = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1} = -1\sqrt{-1} = -j;$$

$$j^4 = j^2 \cdot j^2 = (-1) \cdot (-1) = 1.$$

Комплексное число

$$\begin{array}{ccc} & a + bj & \\ \swarrow & & \searrow \\ \text{вещественная} & & \text{мнимая часть} \\ \text{часть} & & \end{array}$$

$$\boxed{a + bj \text{ и } a - bj}$$

сопряженные комплексные числа

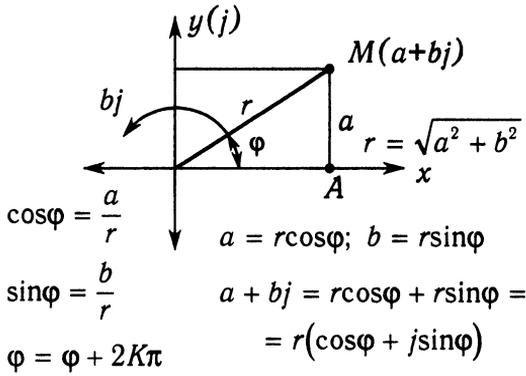
$$(a + bj) + (c + dj) = (a + c) + (b + d)j;$$

$$(a + bj) - (c + dj) = (a - c) + (b - d)j;$$

$$(a + bj)(c + dj) = (ac - bd) + (cb + ad)j;$$

$$(a + bj)(a - bj) = a^2 + b^2.$$

$$\frac{a + bj}{c + dj} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + \frac{bc - ad}{c^2 + d^2} j.$$



Число перестановок из "n" элементов

$$P_n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \dots n = n!$$

$$P_5 = 5! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120.$$

Число сочетаний из "n" элементов по "k"

$$C_n^k = \frac{A_n^k}{P_k} = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots k};$$

$$C_n^k = C_n^{n-k};$$

$$C_8^5 = \frac{A_8^5}{P_5} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} = 56 =$$

$$= C_8^3 = \frac{A_8^3}{P_3} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 56.$$

Бином Ньютона

$$(a + b) = a + C_n^1 a^{n-1} + C_n^2 a^{n-2} b^2 + \dots + C_n^k a^{n-k} b^k + C_n^{n-1} a b^{n-1} + C_n^n b^n.$$

C_n^1, \dots, C_n^n – коэффициенты бинома Ньютона

Коэффициенты бинома Ньютона могут быть найдены из "треугольника Паскаля"

Бином	Треугольник Паскаля
$(a + b)^0$	1
$(a + b)^1$	1 1
$(a + b)^2$	1 2 1
$(a + b)^3$	1 3 3 1
$(a + b)^4$	1 4 6 4 1
$(a + b)^5$	1 5 10 10 5 1
$(a + b)^6$	1+6+15+20+15+6+1 1 7 21 35 35 21 7 1

$$r_1(\cos \varphi_1 + j \sin \varphi_1) \cdot r_2(\cos \varphi_2 + j \sin \varphi_2) \dots$$

$$\dots r_n(\cos \varphi_n + j \sin \varphi_n) = r_1 \cdot r_2 \dots r_n \times$$

$$\times [\cos(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n)j + j \sin(\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n)]$$

$$[r(\cos \varphi + j \sin \varphi)]^n = r^n(\cos n\varphi + j \sin n\varphi)$$

$$\frac{r_1(\cos \varphi_1 + j \sin \varphi_1)}{r_2(\cos \varphi_2 + j \sin \varphi_2)} =$$

$$= \frac{r_1}{r_2} [\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + j \sin(\varphi_1 - \varphi_2)]$$

$$\sqrt[n]{r(\cos \varphi + j \sin \varphi)} = \sqrt[n]{r} \times$$

$$\times \left[\cos \frac{\varphi + 2K\pi}{n} + j \sin \frac{\varphi + 2K\pi}{n} \right]$$

$$a^n = N; \sqrt[n]{N} = a; \log_a N = n;$$

$$\log(ab) = \log a + \log b;$$

$$\log(a:b) = \log a - \log b;$$

$$\log a^n = n \log a.$$

Число размещений из "n" элементов по "k"

$$A_n^k = n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1);$$

$$A_8^5 = 8 \cdot 7 \dots (8-5+1) = 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 = 6720.$$

2. Воздушные линии электропередачи 0,4–35кВ с неизолированными проводами

2.1. Назначение и конструкции воздушных линий

2.1.1. Основные термины и определения по ВЛ

Воздушной линией электропередачи (ВЛ) называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Ответвлением от магистральной части ВЛ называется участок проводов от опоры магистральной части ВЛ до конца ответвления.

Ответвлением от ВЛ к вводу называется участок проводов от опоры ВЛ до ввода в подстанцию 35 кВ и выше, в РП, в ТП или в здание.

Нормальным режимом ВЛ называется состояние ВЛ при необорванных проводах и тросах и неповрежденных опорах.

Аварийным режимом ВЛ называется состояние ВЛ при оборванных одном или нескольких проводах или тросах, или при поврежденных опорах.

Для воздушных линий могут применяться следующие типы опор.

Анкерными называются опоры, устанавливаемые на пересечениях с различными сооружениями и в местах изменения количества, марок и сечений проводов (они должны иметь жесткую конструкцию и воспринимать в нормальном режиме усилия от разности тяжения проводов вдоль ВЛ).

Промежуточными называются опоры, устанавливаемые на прямых участках трассы (они не должны воспринимать усилия, направленные вдоль ВЛ).

Угловыми называются опоры, устанавливаемые в местах изменения направления трассы (в нормальном режиме они должны воспринимать слагающую сил тяжения проводов смежных пролетов).

Концевыми называются опоры, устанавливаемые по концам ВЛ (они являются разновидностью анкерных опор и в нормальном режиме должны воспринимать одностороннее тяжение проводов).

Ответвительными и перекрестными называются опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ и пересечения ВЛ двух направлений.

Стрела провеса провода — расстояние по вертикали от низшей точки провода до прямой линии, соединяющей точки подвеса провода на соседних опорах до земли при установке опор на идеальной ровной поверхности (рис. 2.1.1.).

Габаритной стрелой провеса провода называется наибольшая допускаемая по нормам стрела провеса в габаритном пролете.

Нормируемые расстояния на ВЛ — кратчайшие расстояния по прямой между натянутым проводом и землей или расположенным под прово-

дом сооружением, а также расстояние от провода до тела опоры или до какого-либо сооружения и расстояние между проводами.

Тяжением провода называется усилие, с которым провод натянут и закреплен на опорах.

Анкерованным называется участок линии между двумя соседними анкерными опорами. Анкерванный участок состоит из нескольких пролетов с промежуточными опорами (простыми, угловыми, ответвительными, ответвительно-угловыми и др.). Анкерные опоры принимают на себя полное тяжение провода и различаются на собственно анкерные, устанавливаемые на прямых участках линии, на угловые, устанавливаемые в углах поворота линии, и на концевые, устанавливаемые на концах линии.

Пролет, ограниченный двумя смежными анкерными опорами, устанавливаемыми, как правило, на переходах через железные и автомобильные дороги и другие ответственные сооружения, называется **анкерным пролетом**.

За начало ВЛ следует принимать линейные выводы 0,4–35 кВ распределительных устройств или подстанций, а для ответвлений — место ответвления, за конец — конечные опоры линий и их ответвлений, а также дополнительные опоры у вводов к потребителям.

Населенной местностью называются 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.

Ненаселенной местностью называются незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными стоящими строениями и временными сооружениями.

Монтажным (ремонтным) участком линии называется несколько смежных промежуточных пролетов линии, выделенных для натяжения (замены) проводов в случае значительной длины анкерванного участка.

Линейной арматурой опор и проводов линии называются металлические детали, служащие для крепления изоляции ВЛ, деталей опор между собой, для соединения концов проводов между собой, для крепления проводов к изоляторам или изоляторов к опорам и для защиты проводов от повреждения их вибрацией.

Запасом прочности отдельных элементов линии называются отношение величины нагрузки, разрушающей элемент, к величине нормально действующей нагрузки (подсчитанной для наиболее тяжелых условий).

Участок ВЛ, заключенный между двумя соседними опорами, называется **пролетом**.

Габаритным (рис. 2.1.1.) называется пролет между двумя смежными промежуточными или между анкерной и смежной с ней промежуточной опорой, у которого при ровном профиле поверхности земли расстояние от провода до земли в середине пролета при наибольшем провисе провода равно нормированному допустимому значению.

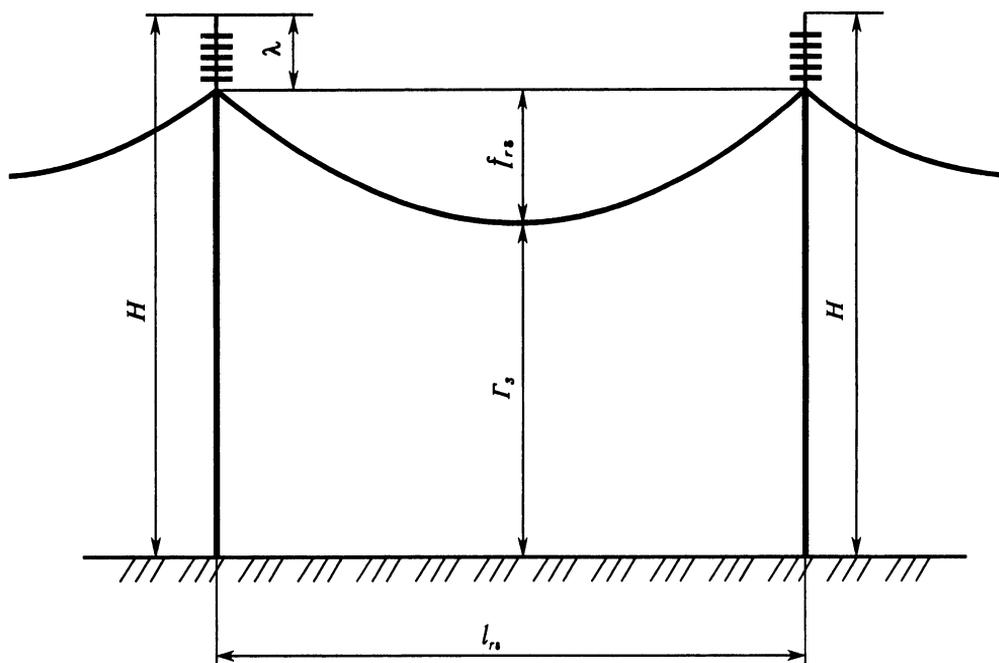


Рис. 2.1.1. Схема габаритного пролета (пояснения в тексте)

Опоры, устанавливаемые на углах поворота трассы ВЛ, испытывают постоянное тяжение, направленное по биссектрисе внутреннего угла (при равном тяжении проводов смежных анкерowanych участков ВЛ) поворота и равное геометрической сумме тяжений от проводов в смежных пролетах.

Но вернемся к рис. 2.1.1. Из него следует, что

$$H = \lambda + f_{гб} + \Gamma_з + \delta , \quad (2.1.1.)$$

где H — высота крепления поддерживающей подвески нижнего провода ВЛ; $\lambda_{гб}$ — длина подвески; $f_{гб}$ — стрела провеса провода; $\Gamma_з$ — допустимый габарит от нижнего провода до земли и δ — некоторый запас в габарите.

Зная высоту и длину изолирующей подвески, определяем габаритную стрелу провеса нижнего провода ВЛ:

$$f_{гб} = H - \lambda - \Gamma_з - \delta \quad (2.1.2.)$$

Габаритная стрела провеса связана с габаритным пролетом функциональной зависимостью. Отсюда возможно определить даже аналитически для данных условий габаритный пролет и число промежуточных опор на 1 км линии.

2.1.2. Назначение и конструкции воздушных линий

Конструкции воздушных линий и, особенно их опор, должны соответствовать реальным условиям их работы и местным климатическим условиям.

Конструкции ВЛ определяются проектом, в котором указываются их номинальные напряжения и марки проводов с учетом метеорологических условий на трассе линии.

Проектирование конструктивной части ВЛ состоит в выборе типовых опор. При этом определяют: механические нагрузки на провода и грозозащитные тросы, а также их допустимые механические напряжения; габаритные размеры пролетов; стрелы провеса проводов в пролете при различных климатических условиях работы линии; расстановку опор и сечение проводов в пролетах пересечения линий с естественными преградами и техническими сооружениями.

Провода крепятся изоляционными элементами к конструкциям, именуемым опорами ВЛ. В качестве опор используются специально созданные для этой цели конструкции, а в отдельных случаях — конструкции, имеющие другое основное назначение, например, эстакады, мосты, дымовые трубы, здания и т.п. Конструкция ВЛ в значительной степени зависит от номинального напряжения электрической сети переменного тока.

Воздушные линии напряжением до 1 кВ называются линиями низкого напряжения (НН), 1 кВ и более — высокого напряжения (ВН).

Основными элементами ВЛ являются: провода, по которым передается электрическая энергия, изоляционные устройства, опоры и основания опор.

Низковольтные линии представляют собой простейшие сооружения в виде одиночных столбов, заглубленных непосредственно в землю, с укрепленными на них металлическими штырями и изоляторами, к которым прикреплены провода. Линии ВН 3-10 кВ принципиально не отличаются от линий НН, однако благодаря большим расстояниям между фазами и между проводами и землей размеры элементов — столбов, штырей, изоляторов — увеличены. Линии ВН 35 кВ и выше конструктивно более сложны. Это связано с применением более тяжелых проводов, большими размерами изоляционных конструкций и большими расстояниями между фазами и между проводом и землей. В большинстве случаев изоляционные устройства на таких линиях крепятся на специальных траверсах, а сама изоляция выполняется составной из нескольких элементов, образующих подвесную конструкцию. Более сложными для таких линий являются конструкции опор и их оснований, представляющие собой составленные из отдельных простых элементов фермы, порталы и другие конструктивные схемы.

Рассмотрим участок ВЛ 35 кВ (рис. 2.1.2.), имеющий одиночные провода в фазе и подвесную конструкцию изоляции.

В зависимости от способа закрепления провода на опоре различаются два типа изоляционных устройств и два типа опор. На опорах III и IV провода подвешены к вертикальным изолированным подвескам, именуемым *поддерживающими*.

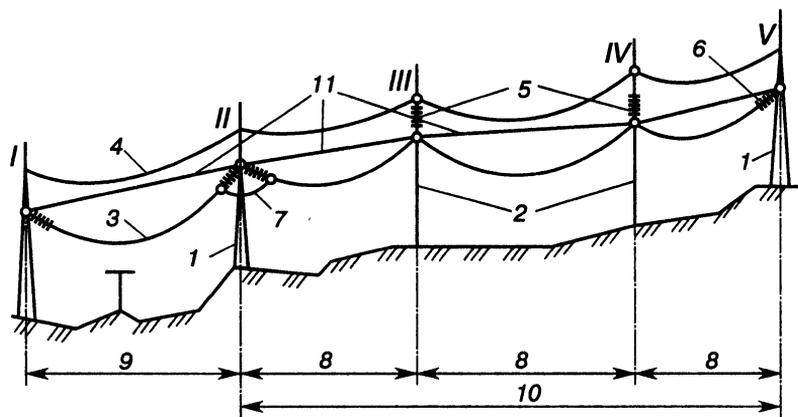


Рис. 2.1.2. Схема участка ВЛ

- 1—анкерная опора; 2— промежуточная опора; 3—провод; 4— молниезащитный трос;
5— поддерживающая подвеска; 6— натяжная подвеска; 7— шлейф; 8— пролет;
9— анкерванный пролет; 10— анкерванный участок; 11— наклонный пролет.

На опорах I, II и V провода прикреплены к наклонным изолированным подвескам, являющимся продолжением провода и называемым **натяжными**. Поддерживающие изолирующие подвески воспринимают в основном весовую нагрузку провода, натяжные — помимо весовой воспринимают также тяжение провода.

Опоры, на которых провод подвешен к поддерживающим подвескам, называются **промежуточными**, а опоры с натяжными подвесками — **анкерными**. Участок провода, заключенный между концами натяжных подвесок, называют **шлейфом**. Шлейф должен быть удален от заземленных частей опор на достаточное расстояние, исключающее перекрытие с провода на опору.

Если в одном из пролетов, смежном с промежуточной опорой, произойдет обрыв провода или изменение внешних нагрузок, то под воздействием возникшей разности тяжений в пролетах поддерживающая подвеска отклонится в сторону пролета с большим тяжением.

В пролетах, примыкающих к анкерной опоре, провод другого смежного пролета не реагирует на изменение тяжения первого, так как точки крепления натяжных подвесок каждого пролета независимы, а сама анкерная опора неподвижна. Вследствие этого основное назначение анкерных опор — преграждать распространение влияния изменившегося состояния провода на участке ВЛ, расположенном с одной стороны от анкерной опоры, на участок, расположенный с противоположной стороны опоры.

На ВЛ с креплением провода на штыревых изоляторах провод закрепляется неподвижно не только на анкерных опорах, но и на промежуточных, однако с конструктивным отличием. Крепление на анкерной опоре обеспечивает неизменность положения провода в одном смежном пролете при любом изменении тяжения в другом вплоть до обрыва, а на промежуточной опоре — только изменение тяжения до определенного значения, после превышения которого происходит разрушение узла крепления.

Промежуточные опоры устанавливают на прямолинейных участках трассы, анкерные — в специальных местах, где требуется повышенная надежность работы элементов ВЛ, например, на переходах через ответственные сооружения, через природные препятствия, а также в углах поворота трассы ВЛ.

На углах поворота трассы могут устанавливаться как промежуточные, так и анкерные опоры, если установка анкерных опор не вызывается условиями переходов. Обычно из экономических соображений на небольших углах поворота — до 10° устанавливаются промежуточные опоры, а на больших — анкерные.

Участок линии, заключенный между двумя соседними опорами, называется **пролетом**. Если опоры одинаковой высоты установлены на ровной местности, то длина пролета равна горизонтальному расстоянию между центрами опор. Если же опоры установлены на разной высоте или они отличаются между собой высотой подвески отдельных фаз, то различают горизонтальный пролет — горизонтальное расстояние между центрами опор и наклонный пролет — расстояние между точками подвеса провода на опорах (рис. 2.1.2.). Горизонтальный пролет называют просто пролетом.

Длина пролета на линии зависит от высоты подвеса провода на опорах и от кривизны провода. Мерой кривизны провода принято считать стрелу провеса f_x — расстояние от прямой, соединяющей точки подвеса, до точки провода (рис. 2.1.3.). Наибольшая стрела провеса f_c .

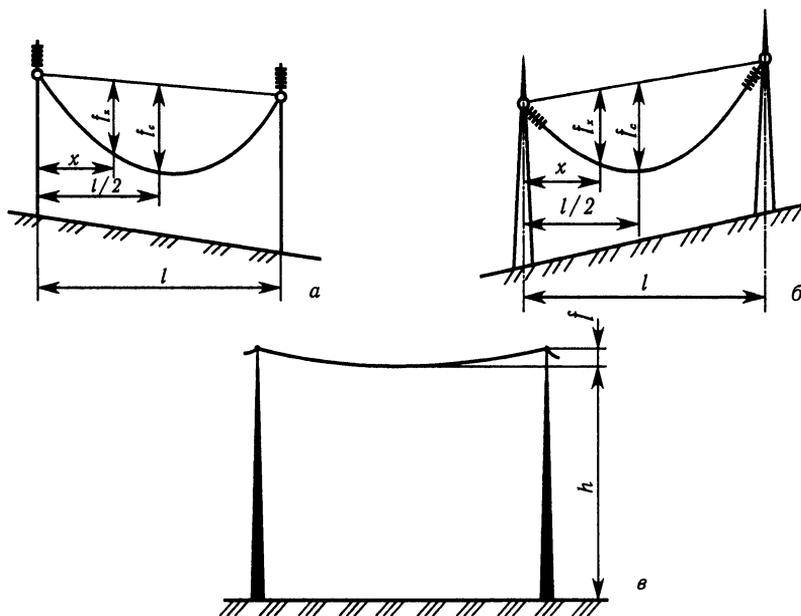


Рис. 2.1.3. Стрелы провеса проводов

а и б — пояснения в тексте;

в — основные размеры линии; f — стрела провеса проводов, h — габарит линии

Концевые опоры имеют анкерное крепление проводов и устанавливаются по концам линий, а также в местах на трассе, где имеет место большая разность тяжений проводов в смежных пролетах. Такие условия возникают, например, в случае применения различных марок проводов на соседних участках или различных расчетных условий на них. К специальным относятся опоры большой высоты, применяемые для осуществления протяженных переходов и пересечений инженерных сооружений, опоры в сложных геологических и рельефных условиях, например, на болотах, в поймах рек, на гребневых участках в горных условиях и т.п. Чем больше анкерных и специальных опор на линии, тем она дороже и сложнее в строительстве и эксплуатации.

Воздушные линии высокого напряжения имеют дополнительные элементы, используемые для повышения надежности работы линии, а также в целях безопасности. На линиях или отдельных участках ВЛ напряжением 35 кВ и более подвешиваются молниезащитные тросы. Подвеска тросов осуществляется на ВЛ, проходящих в районах с интенсивной грозовой деятельностью. Молниезащита ВЛ с помощью тросов является эффективным средством, повышающим надежность ее работы. На ВЛ 110 кВ и выше тросы подвешиваются по всей длине линии, на ВЛ 35 кВ — лишь на участках, примыкающих к подстанциям. На ВЛ напряжением менее 35 кВ тросовая молниезащита не применяется из-за экономической неоправданности для линий этого класса.

Опоры ВЛ заземляются с помощью естественных или искусственных заземляющих устройств. Заземлению подлежат все опоры, на которых подвешены молниезащитные тросы. В этом случае заземляющие устройства служат для отвода токов молнии в землю. В сетях с заземленной нейтралью (ВЛ переменного тока напряжением 110 кВ и выше) заземляющие устройства обеспечивают определенный уровень токов короткого замыкания (КЗ) нулевой последовательности, необходимый для работы релейной защиты. В сетях с изолированной нейтралью опоры заземляются с целью защиты людей и животных от поражения током в случае прикосновения или приближения к опоре в период замыкания фазы на землю. Заземляются опоры в населенных местах и местах, часто посещаемых людьми и животными.

В качестве естественных заземлителей используются фундаменты и основания опор, заземленные металлические сооружения, расположенные вблизи опор ВЛ. Искусственные заземлители выполняются из заглубленных стержней, соединенных стальной полосой, или в виде контуров и лучей, заглубляемых в грунт и присоединяемых плотно к элементам опор.

К дополнительным элементам ВЛ относятся гасители вибрации проводов и тросов, компенсирующие грузы — балласты, подвешиваемые к изолирующим подвескам с целью предотвращения их чрезмерного отклонения от вертикали, устройства для перемены взаимного местоположения фаз на опорах, называемого транспозицией проводов. Транспозиция проводов способствует выравниванию индуктивных и емкостных сопротивлений фаз на ВЛ большой протяженности, благодаря чему обеспечивается симметрия токов и напряжений по концам линии. Для устройства транспозиций проводов применяются дополнительные натяжные подвески, устанавливаемые последовательно вдоль провода, рассчитанные на линейное напряжение сети, а также поддерживающие, предназначенные для обводки шлейфов.

Для обеспечения бесперебойной работы ВЛ в процессе эксплуатации их рассчитывают на воздействие гололедно-ветровых нагрузок, имеющих определенную нормируемую вероятность появления в данном районе за время эксплуатации ВЛ.

На воздушных линиях 0,4 кВ провод, соединенный с фазовым выводом силового трансформатора, называется фазным. Нулевым называется провод, соединенный с глухозаземленным выводом средней точки вторичной обмотки трехфазного силового трансформатора. Провод, питающий светильники уличного освещения (краткие сведения о цепях освещения изложены в четвертом разделе) при централизованном управлении или с распределительного устройства ТП или другого пункта, называется фонарным.

В сетях 0,4 кВ принят следующий порядок расположения проводов на опорах: нижним проводом является нулевой провод, выше располагается фонарный провод и далее по высоте размещаются фазные провода. На нулевого провода допускается монтировать провода радиотрансляции. В зависимости от числа проводов и их назначения участки линии 0,4 кВ могут быть полнофазными или неполнофазными. На полнофазном участке линии имеются фазные провода всех фаз и нулевой провод. Полнофазные линии применяются на головных участках по всей длине линии при наличии трехфазной силовой нагрузки в конце линии или при значительной осветительной нагрузке. Полнофазные линии выполняются в пяти- или четырехпроводном исполнении. При этом полнофазная четырехпроводная линия имеет три фазных и один нулевой провод. Пятипроводная линия, кроме того имеет фонарный провод, что позволяет использовать ее и для наружного освещения. При системе напряжений 2х220 В полнофазные линии имеют четырех- (два фазных, один нулевой и один фонарный) или трехпроводное (два фазных и один нулевой) исполнение.

На неполнофазном участке линии имеются фазные провода лишь некоторых фаз и нулевой провод. Четырехпроводная неполнофазная линия 380/220 В имеет два фазных провода, нулевой и фонарный провода, на трехпроводной отсутствует один фазный или фонарный провод. Неполнофазные участки применяются в конце линии и на ее ответвлениях с осветительной нагрузкой небольшой мощности. На ВЛ 0,4 кВ применяют и двухцепные линии восьмипроводного исполнения.

На воздушных линиях используют провода из алюминия, стали и меди, а также сталеалюминиевые провода, где центральная часть выполнена из стали и она обеспечивает механическую прочность провода, а алюминиевая часть — достаточно высокую электропроводность (см. раздел 2.5.1.). Провода подвешивают к деревянным (см. раздел 2.2.1.), железобетонным (см. раздел 2.2.2.) и металлическим (см. раздел 2.2.2.) опорам при помощи штыревых, подвесных и стержневых изоляторов (см. главу 2.3.).

Для воздушных линий применяют неизолированные провода (см. главу 2.5.). Однако начали применять изолированные провода (см. главы 2.9. и 2.10.). Чтобы обеспечить достаточную механическую прочность установленных нижние пределы сечений проводов воздушных линий (см. табл. 2.5.1.).

По условиям механической прочности на ВЛ 0,4 кВ могут применяться провода с сечением не менее: алюминиевые 16 мм², сталеалюминиевые 10 мм², стальные многопроволочные 25 мм², стальные однопроволочные 4 мм (диаметр).

Обрыв провода находящейся под напряжением воздушной линии и прикосновение к нему угрожает жизни людей и животных. Поэтому следует особенно строго следить за прокладкой и эксплуатацией воздушных линий.

Наименьшие допустимые расстояния от проводов воздушных линий до поверхности земли приведены в табл. 2.5.18.

Расстояние по горизонтали от крайних проводов до выступающих частей зданий и сооружений приведены в табл. 2.5.19. Оно должно быть не менее 2 м для линий напряжением 1...10 кВ и 4 м — для линий напряжением 35 кВ. Расстояние до кроны деревьев должно быть не менее 2 м для линий с напряжением 1...10 кВ и 3 м — для линий с напряжением 35 кВ. В населенной местности крепление проводов воздушных линий выше 1000 В к штыревым изоляторам должно быть двойным, а на ВЛ до 1000 В допускается одинарное крепление проводов см. [Л1, с. 202, п. 2.4.17]. Однако практика Мосэнерго показывает, что в населенной местности необходимо (рекомендуется) применять двойное крепление проводов на ВЛ 0,4 кВ (в местах массового скопления людей — магазин, клуб и др.).

Для линий напряжением до 0,4 кВ расстояние от нижнего неизолированного провода до земли при наибольшей стреле провеса должно быть 6 м — в ненаселенной и 7 м — в населенной местности (см. табл. 2.5.17).

При пересечении улиц ответвлениями к вводам в здания расстояния до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшать до 3,5 м. Если указанные расстояния будут менее допустимых, у здания устанавливают дополнительную опору или на здании устанавливают трубостойку (см. рис. 2.8.8 ... 2.8.10). Расстояние по горизонтали от проводов до зданий и строений должно быть не менее 1,5 м от балконов, террас и окон, и 1 м — от глухих стен. Прохождение воздушной линии над зданиями не допускается, за исключением подходов ответвлений от линии к вводам в здания, выполненным на трубостойках. Расстояние от опор воздушной линии до ниже перечисленных объектов должно быть: до водо-, газо-, теплопроводов и канализационных труб — не менее 1 м; до пожарных гидрантов, колодцев (люков) подземной канализации, водоразборных колонок — не менее 2 м, до бензиновых колонок — не менее 10 м; до кабелей — не менее 1 м.

В I–III районах гололедности, к которым относятся территории, обслуживаемые предприятиями электросетей Мосэнерго (см. табл. 2.1.6), расстояние между проводами на опорах линий напряжением до 1000 В должно быть не менее 40 см при наибольшей стреле провеса 1,2 м, а для IV района гололедности — не менее 60 см. На опорах допускается любое расположение проводов, однако нейтральный (нулевой) провод следует располагать ниже остальных. Например, для ВЛ 0,4 кВ с железобетонными опорами нулевой провод рекомендуется располагать со стороны жилых домов и других строений. Это позволит сократить число арматуры так называемых «подставных» крюков и траверс.

В сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов и арматура железобетонных опор должны быть заземлены, а в сетях с заземленной нейтралью — соединены с заземленной нейтралью (нулевым) проводом. На воздушной линии напряжением до 1000 В устанавливают заземляющие устройства с расстояниями между ними не более 200 м — для районов с числом грозных часов 10...40 (к этому району относится Московская

область и г. Москва) и 100 м — более 40. Сопротивление заземляющего устройства при этом должно быть не более 30 Ом. Кроме этого заземляющие устройства должны быть на конечных опорах линий, имеющих ответвления к вводам. При этом расстояние до соседнего защитного заземления должно быть не более 100 м — для числа грозových часов до 40 в год и 50 м — более 40 часов в год.

Статистикой на 01.01.98 г. установлено, что аварийные отключения ВЛ 0,4–35 кВ происходят по следующим причинам: схлестывания неизолированных проводов — 50%, окисление контактов — 15%, обрывы проводов при мокром снеге и образования гололеда — 10%, наезд автотранспорта и тракторов на опоры — 10%, отгорание контактов на вводах в ТП 6–10/0,4 кВ — 10% и механические повреждения проводов крупногабаритным автотранспортом, комбайнами и др. — 5%.

На воздушных линиях 0,4–35 кВ применяют деревянные, железобетонные и реже металлические опоры. Последние, как правило, используют на ответственных пересечениях (железные электрифицированные дороги, автострасы и др.). Деревянные опоры могут быть составными на деревянных или железобетонных приставках или из цельных бревен соответствующей длины и диаметра. На линиях 6–35 кВ подвешивают три провода, а на линиях 0,4 кВ опоры допускают совместную подвеску до восьми проводов марки А (Ап) сечением 16–50 мм².

Железобетонные опоры рассчитаны на подвеску до пяти проводов линий 0,4–0,22 кВ и двух проводов радиодификации.

Опоры монтируют из железобетонных стоек трапециевидного сечения или прямоугольного сечения длиной 9–11 м. Опоры, поддерживающие провода, выполняют из одной свободностоящей стойки, а воспринимающие тяжение — из двух стоек, одна из которых служит подкосом. Подкосы крепятся к деревянным стойкам болтом, а к железобетонным — с помощью металлических конструкций (см. раздел 2.4). Из металла (угловой стали) изготавливаются траверсы опор. Порядок закрепления проводов на опорах приведен в главе 2.6.

Железобетонные опоры (рис. 2.1.5. и др.) обладают высокой механической прочностью, долговечны. При их изготовлении снижаются расход металла и эксплуатационные расходы, а также затраты труда на сборку. Недостатком железобетонных опор является большая масса, что увеличивает транспортные расходы и требует при сборке и монтаже использовать краны большой грузоподъемности.

Применяются железобетонные опоры ВЛ 0,4–35 кВ трапециевидного сечения (см. рис. 2.2.42. и 2.2.47.) и центрофугированные (см. рис. 2.2.38. и 2.2.48.), выполненные в виде цельных стоек длиной 9,5; 10,5; 11,0; 16,5 и 22,0 м. Однако на ВЛ 6–10 кВ для получения повышенных по высоте опор для цельных железобетонных стоек применяют две ж.б. приставки (см. рис. 2.2.5.) на опору (например, для пересечений с инженерными сооружениями). Для крепления приставок в последнем случае необходимо использовать не проволочные бандажы, а металлические хомуты по два на каждую из двух приставок.

В качестве приставок для опор ВЛ 0,4 кВ начали применять металличе-

кие трубы (см. рис. 2.2.8 и 2.2.9).

Металлические опоры (рис. 2.1.6.), изготавливаемые из стали и алюминиевых сплавов, имеют преимущества по сравнению с деревянными и железобетонными — позволяют создавать конструкции, рассчитанные на большие нагрузки и любые климатические условия. Однако они дороже деревянных и железобетонных опор.

Недостатком стальных опор является то, что они подвержены коррозии, для предупреждения которой необходима горячая оцинковка при изготовлении или периодическая окраска при эксплуатации. Опоры из алюминиевых сплавов меньше, чем стальные, подвержены влиянию внешней среды, однако из-за высокой стоимости их применяют редко.

Стальные опоры устанавливают на линиях электропередачи всех напряжений, проходящих в районах с тяжелыми климатическими условиями, на труднодоступных трассах и в горных местностях.

В соответствии с назначением опор при маркировке обозначают: П — промежуточные, А — анкерные, У — угловые, К — концевые, С — специальные. Материал опор указывают буквы Б (железобетон) и Д (дерево), для металлических опор буквенное обозначение опускается.

Заземляющие устройства опор ВЛ состоят из заземлителей, находящихся в грунте, и заземляющих проводников, соединяющих заземляющие части опор или молниеотводов с заземлителем.

В качестве заземлителей используют металлические проводники из круглой или полосовой стали, трубы, уголки, а также находящиеся в грунте элементы оснований металлических и железобетонных опор (подножки, фундаменты, части стоек). Заземлители могут быть контурными, подфундаментными, глубинными, протяженными. На деревянных опорах заземляющие проводники должны иметь на высоте 2 – 2,5 м от земли разъемные болтовые соединения.

Заземляющие проводники должны присоединяться к элементам металлических опор или к арматуре стойки железобетонных опор сваркой или на болтах.

2.1.3. Выбор опор ВЛ 10–35 кВ для конкретных условий работы

Общие принципы выбора опор. На выбор опор для конкретных ВЛ оказывают влияние различные факторы, которые можно подразделить на две группы: а) факторы, связанные с внешними условиями; б) факторы, связанные с конструкцией линии в данных условиях.

К внешним условиям, влияющим на выбор опор, относятся: открытость трассы ВЛ, т.е. ее свобода от застройки, насыщенности инженерными коммуникациями; характер использования земельной полосы ценными сельскохозяйственными культурами (орошаемые культуры, сады, виноградники) или естественными угодьями (богара, травы); пересеченность рельефа (орографические условия) — наличие продольных и поперечных уклонов, недоступных для транспортных средств; грунтовые условия — сухие, увлажненные, легко разрабатываемые, тяжелые, трудноразрабатываемые, скальные, слабые

обводненные болота, заливные луга, поймы рек и водохранилищ; климатические условия — районы по ветровому давлению, районы по стенке гололеда, районы по давлению ветра на обледенелый провод, молниепоражаемость ВЛ.

К конструктивным факторам следует отнести: напряжение ВЛ, материал и марка проводов и тросов; материал опор, типы закреплений опор в грунте; длина пролетов, расположение проводов и тросов на опорах и в пролете, конструкция изолирующих подвесок.

Приступая к выбору опор для конкретной ВЛ, первоначально намечают типы конструкций опор с учетом внешних условий. При необходимости сравнивают возможные варианты конструкций по приближенным технико-экономическим оценкам. Затем приступают к размещению опор по трассе. В зависимости от стадии проекта эта операция производится с различной степенью точности.

В результате размещения опор становятся известными длины пролетов, а следовательно, возможно произвести уточнение технических условий на конструкции опор, а именно: нагрузок от проводов и тросов, расстояний между токоведущими элементами и заземленными частями на опорах. В результате проверок опор на соответствие конкретным техническим условиям представляется возможным откорректировать типы опор.

В завершающей стадии проекта производятся все проверочные расчеты опор на полное соответствие требованиям норм проектирования. При необходимости выполняется повторная корректировка типов опор или уточняется размещение опор по трассе.

Рассмотрим особенности выбора типов опор для наиболее распространенных условий. При этом имеется в виду максимальное использование унифицированных и типовых конструкций опор.

Ненаселенная равнинная местность. Значительное количество ВЛ или участки многих ВЛ сооружаются в такой местности. На выбор типов опор здесь оказывают влияние доступность трассы для транспортных средств и грунтовые условия. Кроме того, необходимо учитывать ценность земель, занимаемых опорами. Если возможен провоз и монтаж железобетонных стоек, то предпочтение отдается железобетонным опорам как более экономичным. Опоры могут быть как свободностоящие, так и на оттяжках. При отсутствии железобетонных конструкций используются металлические. Закрепление опор в грунте осуществляется их заглублением в сверленные котлованы с добавлением при необходимости ригелей (железобетонные опоры), с помощью железобетонных подножников или свай (металлические опоры).

Населенная застроенная местность, промышленные территории. Опоры в таких условиях должны быть только свободностоящими, имеющими минимальные размеры в плане. Закрепление опор в грунте должно осуществляться на малогабаритных фундаментах, занимающих меньшую площадь. При невозможности установки унифицированных конструкций опор и фундаментов допускается использование специальных, имеющих ограниченные размеры в пространстве. Перерасход материалов на изготовление опор в таких случаях по сравнению с унифицированными окупается экономией ценной площади территории под опоры.

В стесненных условиях преимущество имеют железобетонные свободно-

стоящие опоры, металлические узкобазные опоры, устанавливаемые на монолитные бетонные фундаменты. Расположение проводов преимущественно вертикальное или смешанное. С целью обеспечения требуемых расстояний между проводами по условиям работы проводов в пролете необходимо сокращать длины пролетов. Дополнительного сокращения пространства, занимаемого воздушной линией, можно достичь ограничением подвижности точек подвеса провода за счет исключения качающихся в поперечном направлении изолирующих подвесок.

Горные условия. В горной местности площадки, используемые под установку опор, как правило, имеют различные уклоны как вдоль, так и поперек оси трассы. Необходимо стремиться к минимальным размерам опор в основании, обеспечивающим малую деформацию конфигурации склонов. Нарушение естественных форм рельефа приводит в период эксплуатации ВЛ к разрушению склонов с возможным повреждением опор. При малых размерах опор уменьшаются объемы земляных работ, стоимость которых в горных условиях соизмерима со стоимостью фундаментов.

В зависимости от конкретных условий могут использоваться как свободностоящие опоры, так и опоры на оттяжках. Наиболее экономичными являются конструкции, устанавливаемые на фундаменты в виде анкерных заделок в грунт без разрушения грунта. При этом не только исключаются земляные работы, но и создается очень надежное основание опоры.

Анкерные заделки в скальных грунтах выполняются в виде забетонированных в пробуренные скважины диаметром 60 — 100 мм стальных болтов. В более слабых грунтах (щебеночных разрушенных скальных породах и т.п.) скважины выполняются с уширением в основании с последующим заполнением бетонной смесью. Оголовки анкерных заделок оформляются в виде бетонных тумб, обеспечивающих надежное сочленение с башмаком опоры.

В горных стесненных условиях, в каньонах и ущельях возможна установка свободностоящих опор, а также специальных вантовых конструкций, состоящих из канатов, закрепленных непосредственно в скалу. Наиболее распространенными являются поперечные тросовые подвески, закрепленные на двух противоположных бортах ущелья, и односторонние тросовые подвески.

Расположение проводов на опорах горных ВЛ зависит от интенсивности гололедообразования и орографических условий. В сильно гололедных районах и в пролетах большой длины необходимо, как правило, выполнять горизонтальное расположение проводов; то же относится к сильно гололедным условиям, имеющим место в основном на перевальных участках и в открытых для ветров гребневых зонах. В закрытых местностях, ущельях, каньонах преимущественно имеет место вертикальное или смешанное расположение как более компактное. В таких условиях, как правило, отсутствуют сильные гололедообразования.

В условиях полупустынь с барханными песками опоры устанавливают в понижениях между барханами. Это делается во избежание обнажения оснований опор при перемещении песков. Для компенсации потерь в габаритном пролете из-за пересечений барханов применяют повышенные опоры, по сравнению с опорами на ровной местности.

В условиях полупустынь, характеризующихся слабыми гололедными отложениями, расположение проводов может быть произвольным.

Участки с болотными и слабыми грунтами. В таких условиях повышается стоимость закреплений опор в грунте и усложняется производство работ на каждой опоре. Как правило, более экономичным решением в таких случаях является применение повышенных по сравнению с нормальными грунтовыми условиями опор, позволяющих уменьшить число опор и их закреплений. Расположение проводов в таких условиях может быть произвольное, в зависимости от других требований.

Из приведенного выше перечня условий, применения различных конструкций опор можно сделать вывод о большом их разнообразии. Правильный выбор конструкций применительно к конкретным условиям повышает экономичность ВЛ, улучшает ее технические и эксплуатационные показатели.

Перечисленными условиями далеко не исчерпывается возможное разнообразие конструкций ВЛ, которое возникает при различных отклонениях от стандартного воздействия внешней среды: при загрязнении атмосферы, агрессивности воздуха и грунтов, изменении плотности воздуха, наличии особых препятствий, при повышенной извилистости трассы и т.п. Во всех случаях специальная разработка конструктивных решений позволяет улучшать технико-экономическую эффективность ВЛ.

Во избежание большого разнообразия конструкций опор, используемых при проектировании ВЛ в различных условиях, широко используется принцип унификации конструктивных элементов опор. Например, одни и те же стандартные стойки железобетонных опор позволяют их использовать для схем с различной высотой подвески проводов. На стальных опорах можно варьировать различными длинами и расположением траверс, приспособлявая их наиболее целесообразным образом для конкретных условий. Опоры с подставками применяются на пересечениях с инженерными сооружениями, в большей мере — при взаимном пересечении ВЛ между собой.

При конкретном проектировании должен производиться поиск наиболее экономичных для данных условий конструкций опор или конструктивных схем, наиболее полно использующих элементы унифицированных опор. В отдельных случаях, при значительном технико-экономическом эффекте, разрабатываются индивидуальные конструкции.

Технические проверки опор. В основном в проекте ВЛ используются унифицированные конструкции опор или конструкции, скомпонованные на базе элементов унифицированных опор. В условиях конкретной ВЛ и конкретного места установки эти опоры подлежат проверке на соответствие техническим условиям и требованиям норм. К основным видам проверок относятся: проверка нагрузок на опоры от проводов и тросов; проверка расстояний между токоведущими элементами и заземленными частями опор; проверка расстояния между проводами на опоре и в пролетах; проверка расстояния между проводом и тросом, проверка прочности опор.

В районах Российской Федерации, располагающих богатыми лесными ресурсами, достаточно широкое распространение получили деревянные опоры ВЛ 0,4 – 35 кВ. Положительными свойствами дерева как материала опор являются: небольшой собственный вес; достаточно высокая механическая прочность; электроизоляционные свойства, способствующие повышению электрической прочности изоляции линии при атмосферных перенапряжениях; природный круглый сортамент (бревна), обеспечивающий простые конструк-

тивные решения с наименьшим сопротивлением ветру.

Недостатками строительной древесины являются: ограниченность сортамента по длине (длина бревен 8,5 – 13 м); подверженность гниению. Однако против гниения имеется эффективное средство - пропитка различного рода антисептиками.

Преобладающими породами строительной древесины являются хвойные, поэтому в строительстве опор ВЛ используются преимущественно сосна или ель и в отдельных случаях - лиственница, древесина которой обладает особым свойством. Срубленная зимой, когда деятельность лесных грибов, поражающих растущую древесину, практически парализована, она не требует пропитки антисептиком, так как вследствие большой смолистости не подвергается действию биржевых и домовых грибов.

Круглый лесоматериал (бревна), используемый для опор ВЛ, различают по диаметру в тонком конце, называемом *отрубом*. В строительстве применяются бревна с диаметром в отрубе не менее 14 см.

Естественные бревна имеют коническую форму, толстый конец бревна называют *комлем*. Изменение диаметра от отруба к комлю принимают 0,8 см на 1 м длины. Это изменение диаметра называется *сбегом бревна*.

Для расчета деревянных конструкций используется расчетное сопротивление древесины, которое определяется по формуле

$$R = R_n / \gamma_m \quad (2.1.3.)$$

где R_n — нормативное сопротивление древесины, за которое принимается временное сопротивление (предел прочности), определенное по испытаниям стандартного образца малого размера; γ_m — коэффициент надежности по древесине.

Значения расчетных сопротивлений для конструкций из сосны и ели первого — третьего сортов приведены в СНиП II–25–80 «Деревянные конструкции».

Применение деревянных опор сдерживается недостаточной производительностью заводов по пропитке и обработке древесины и длительностью процесса обработки древесины, дефицитностью деревянных столбов для опор ВЛ.

Железобетон представляет собой искусственный материал, в котором целесообразно используются положительные свойства его составляющих — бетона, хорошо сопротивляющегося сжатию, и стальной арматуры, хорошо работающей на растяжение.

Для снижения относительно большой массы железобетонных конструкций применяются высокопрочные бетоны и высокопрочная арматура. При этом повышается и морозостойкость бетона. Кроме того, для повышения морозостойкости бетона используются специальные добавки, которые вводятся в состав бетона, а также подбираются соответствующие заполнители.

Для увеличения механической прочности опоры и предотвращения образования трещин в растянутой зоне железобетонных элементов, а также для ограничения ширины раскрытия трещин бетон заранее, до приложения внешней нагрузки, подвергают интенсивному обжатию — обычно путем натяже-

ния арматуры. Такие железобетонные конструкции называют предварительно напряженными. Известны два метода натяжения арматуры: натяжение арматуры на упоры стенда, опалубки или формы до бетонирования конструкции. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций, применяемых в электросетевом строительстве, натяжение арматуры, как правило, выполняется на упоры механическим способом при помощи домкратов.

Железобетонные конструкции по технологическому признаку их строительства подразделяют на монолитные, сборные или сборно-монолитные. Для ВЛ применяются сборные железобетонные конструкции. Они изготавливаются на заводах сборного железобетона, а на строительной площадке производится их монтаж в проектное положение.

Унификация опор ВЛ. С целью ускорения и удешевления строительства по стране в целом целесообразно осуществлять серийное заводское изготовление опор. Существует большое разнообразие условий, на которые должны быть рассчитаны опоры: по напряжениям, по количеству трехфазных цепей на опоре, по маркам проводов, по климатическим условиям и пр. Создание опор на все индивидуальные условия требует несколько сотен типов опор, изготовление которых чрезвычайно сложно и дорого из-за их многотипности. Удовлетворение стремления к минимуму количества типов опор на заводах-изготовителях при минимальных затратах материалов и средств достигается путем унификации опор.

Разрабатывая единую для всей страны серию унифицированных опор, представляется возможным охватить наибольшее количество разнообразных условий, для которых они пригодны, при определенном минимуме типоразмеров опор. Благодаря такой унификации значительно повышается производительность труда на заводах-изготовителях опор, а также в проектных организациях. Унификация благоприятно влияет и на работу строительномонтажных организаций, так как парк механизмов для них разработан применительно к унифицированным конструкциям опор.

При разработке унифицированных опор используется принцип однотипности конструктивных и геометрических схем для ряда опор, благодаря чему для их изготовления на заводах используется одинаковая оснастка, а при монтаже - одни и те же механизмы; взаимозаменяемость секций на разных опорах создает возможность их серийного изготовления независимо от линии. Для изготовления опор используется единый сокращенный сортамент полуфабрикатов и изделий, что облегчает комплектацию материалов на заводах и на трассе ВЛ.

Следует иметь в виду, что каждый типоразмер унифицированных опор используется для ряда условий. Для некоторых из них опора будет иметь излишний запас прочности. Из-за этого унификация приводит к удорожанию части сооружаемых линий по сравнению с индивидуально запроектированными для них опорами. Это обстоятельство, являясь отрицательным качеством любой унификации, превращает вопрос о назначении количества типоразмеров и выборе оптимальных условий унифицированных опор в сложную технико-экономическую задачу.

Унифицированные опоры разрабатываются всесоюзными проектными институтами «Сельэнергопроект» (на напряжении 0,4–35 кВ) и «Энергосетьпроект» (на напряжении 35–500 кВ).

По мере развития науки и техники и накопления опыта унифицированные опоры и фундаменты совершенствуются, создаются новые, более эффективные решения. Поэтому номенклатура и каталоги унифицированных опор и фундаментов время от времени обновляются, в них включаются новые прогрессивные конструкции и исключаются устаревшие. Существует каталог унифицированных опор, в котором содержатся стальные и железобетонные опоры ВЛ 35–750 кВ и опоры для больших переходов ВЛ 35–500 кВ. Этот каталог разработан Северо-Западным отделением института «Энергосетьпроект».

В этом каталоге приведены эскизы с основными размерами, показателями расходов материалов, область применения и номера монтажных схем (инвентарные номера типовых проектов и чертежей) унифицированных и типовых опор. Каждая унифицированная и типовая опора имеет свой шифр. При этом шифры опор ВЛ 35–330 кВ имеют следующие структуры.

Шифр начинается с группы букв, в которых буквы обозначают:

П или ПС — промежуточная опора;

ПУ или ПУС — промежуточная угловая опора;

ПП — промежуточная переходная опора;

У или УС — анкерно-угловая опора;

К или КС — концевая опора.

Если к первым буквам добавляется буква Б, то опора железобетонная. При отсутствии буквы Б опора — стальная. За буквенной частью шифра следуют цифры 35, 110, 150, 220 или 330, обозначающие напряжение линии в киловольтах. Цифра, стоящая после обозначения напряжения линии через тире, обозначает порядковый номер типового размера опоры для линий данного напряжения. При этом нечетные числа обозначают одноцепные, а четные — двухцепные опоры. К этому порядковому номеру после знака плюс добавляются цифры, указывающие, на сколько метров данная опора повышена по сравнению с опорой нормальной высоты, т.е. указывается высота применяемой подставки. После цифровой группы могут применяться буквы, обозначающие дополнительные особенности опор. Примеры обозначений опор приведены в разделах 2.2.2 ... 2.2.8 и 2.4.2.

2.1.4. Конструкции опор и фундаментов ВЛ 35 кВ.

Как уже отмечалось ранее, для ВЛ 35 кВ и выше применяются металлические, железобетонные и деревянные опоры. Конструктивное решение опор в первую очередь определяется материалом, из которого изготавливается опора. Рассмотрим подробнее конструктивное решение опор из указанных выше материалов.

Деревянные промежуточные и промежуточно-угловые опоры ВЛ 35 кВ, как правило, выполняются порталными с горизонтальной подвеской проводов. Промежуточные порталные опоры (рис.2.1.4.) состоят из стоек 1, траверсы 2 и ветровых связей 3. Все элементы опор делаются из бревен, при этом стойки опор могут выполняться составными из двух элементов, соединенных между собой при помощи бандажей. Промежуточно-угловые опоры отличаются от промежуточных тем, что одна или обе стойки у них А-образные, с углом между элементами у вершины, равным 20–30°. Закрепление

деревянных опор в грунте производится аналогично закреплению железобетонных опор.

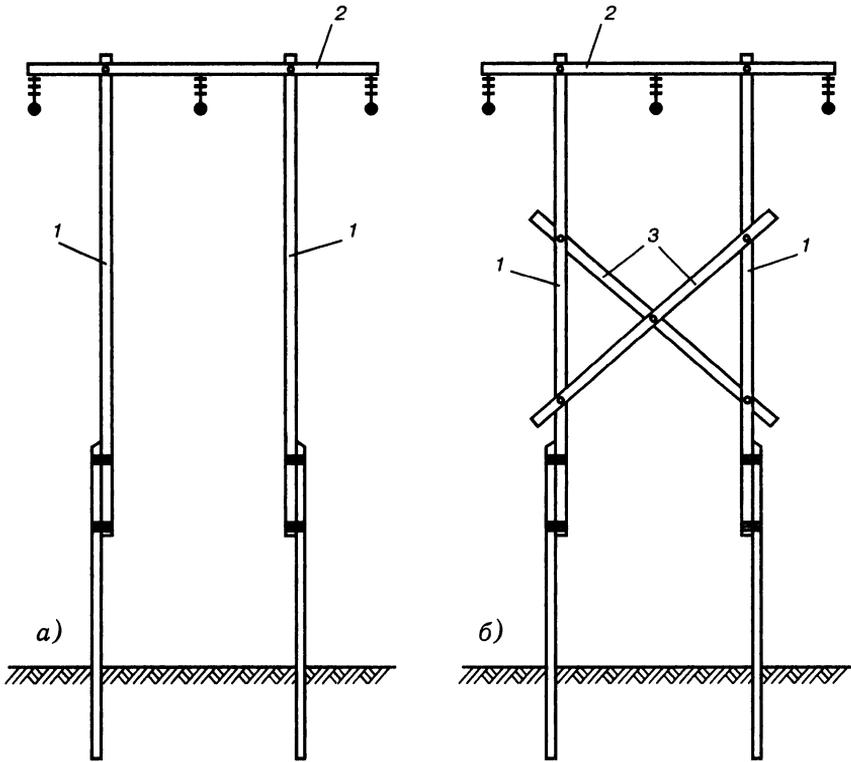


Рис. 2.1.4. Деревянная порталная опора

а — обычная порталная опора; б — порталная опора с ветровыми связями

В качестве анкерных и анкерно-угловых опор на ВЛ с деревянными опорами применяются железобетонные или металлические опоры, хотя такое сочетание конструкций нежелательно как по условиям молниезащиты, так и по условиям строительства. Это связано со сложностью и трудоемкостью изготовления таких опор из дерева.

Линии на деревянных опорах строятся без молниезащитных тросов, и только на подходах к подстанциям подвешивается трос для защиты аппаратуры подстанций.

Железобетонные опоры ВЛ по конструктивному решению, так же как и металлические опоры, можно подразделить на одноствоечные или многостоечные с отдельными стойками и на порталные. По способу закрепления на фундаментах железобетонные опоры подразделяются на свободностоящие опоры (рис.2.1.5,а) и опоры на оттяжках (рис.2.1.5,б)

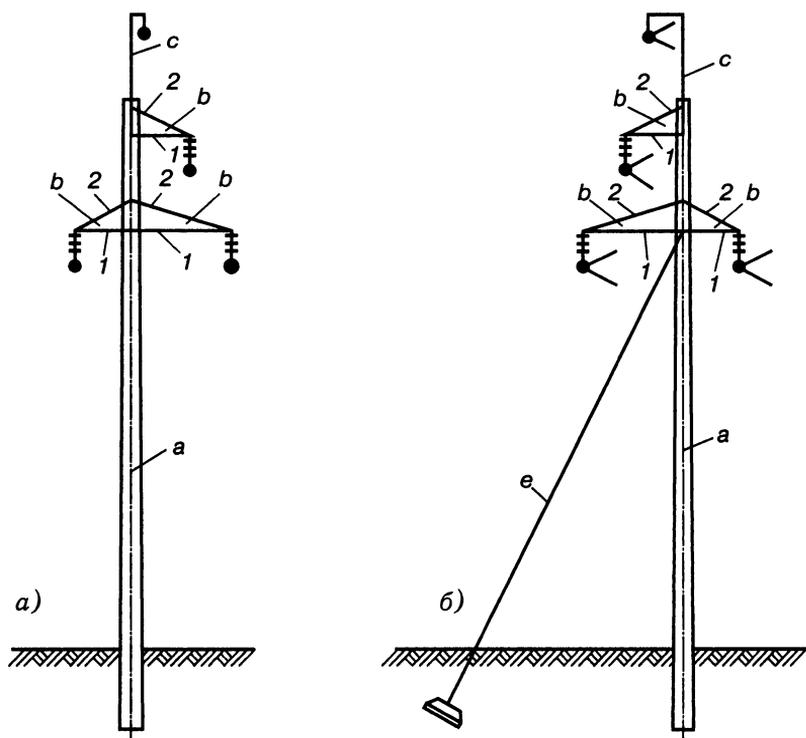


Рис. 2.1.5. Железобетонная опора.
 а — свободностоящая опора; б — опора с оттяжкой.

При наличии грунтовых вод, сыпучих песков или грунта с большим содержанием гальки и валунов выполнить котлованы буровой машиной не удастся. В этом случае рытье котлована осуществляется экскаватором и стойка закрепляется в насыпном грунте, т.е. в грунте с нарушенной структурой и со сниженными физико-механическими характеристиками. Усиление заделок в копанных котлованах производится также при помощи железобетонных ригелей, которые могут быть установлены как в верхней части (один или два ригеля), так и в нижней (один ригель).

Для закрепления оттяжек железобетонных опор применяются так же как и для металлических опор, анкерные плиты.

Металлические опоры, как правило, выполняются из стали. По конструктивному решению ствола они могут быть отнесены к двум основным схемам — башенным одно- и многостоечным (рис.2.1.6.) и порталным (рис.2.1.6.) у которых стойки объединяются между собой траверсой, образуя портал. По способу закрепления на фундаментах металлические опоры можно разделить на свободностоящие опоры (рис.2.1.6,а) и опоры на оттяжках (рис.2.1.6,б).

Опоры изготавливаются из стального уголкового проката, в подавляющем большинстве случаев применяется равнобокий уголок. Высокие переходные опоры могут быть изготовлены из стальных труб. В узлах соединения применяется стальной лист различной толщины. Оттяжки опор, как пра-

вило, выполняются из стальных канатов, а в отдельных случаях из круглой стали.

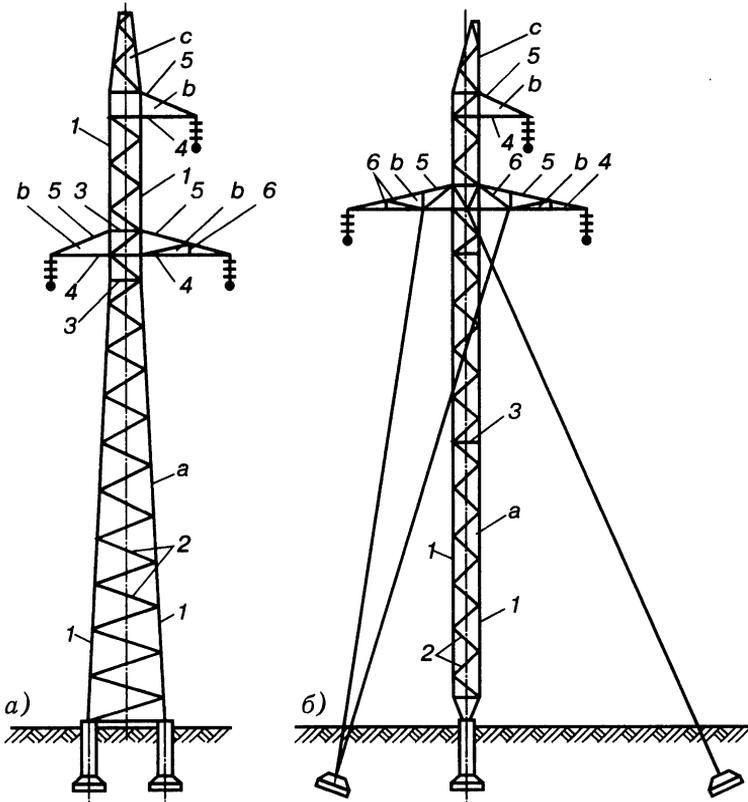


Рис. 2.1.6. Металлическая опора
a — свободностоящая опора; *б* — опора на оттяжках

Независимо от конструктивного решения и схемы металлические опоры выполняются в виде пространственных решетчатых конструкций и состоят из ствола (стоек) *a*, траверс *b* и тросостоек *c* (рис.2.1.6.). Ствол (стойка) опоры состоит из поясов 1, раскосов 2 и распорок 3. Траверсы состоят из поясов 4, тяг 5, распорок и раскосов 6 в решетках граней и деталей для крепления изолирующих подвесок.

В нескольких уровнях по высоте ствола (стойки) опоры и по длине траверс выполняются диафрагмы, соединяющие пояса в плоскости, перпендикулярной оси ствола, при помощи диагональных или крестовых связей. Эти диафрагмы обеспечивают пространственную жесткость конструкции.

По способу соединения элементов металлические опоры разделяются на сварные и болтовые. В первом случае все соединения элементов пространственной конструкции в укрупненном монтажном блоке (секции) выполняется на сварке, а во втором случае — на болтах. На месте монтажа опоры как сварные, так и болтовые секции соединяются между собой на болтах.

Закрепление металлических опор в грунте осуществляется с помощью железобетонных фундаментов-подножников, которые устанавливаются под каждый пояс ствола отдельно или в целом под стойку опоры. Для крепления оттяжек металлических опор применяются анкерные железобетонные плиты. Для сложных грунтовых условий вместо железобетонных фундаментов-подножников применяются железобетонные или металлические сваи, а вместо анкерных железобетонных плит — винтовые анкеры.

Таблица 2.1.1. Относительная прочность некоторых строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Расчетное сопротивление сжатию, МПа	Коэффициент относительной прочности $1 \cdot 10^6 \text{Н} \cdot \text{см} / \text{кг}$
Алюминиевые сплавы упроченные	2550–2850	160–270	6,3–9,5
Сталь повышенной прочности	7850	355	4,5
Сталь обычной прочности	7850	240	3,1
Древесина (сосна), работающая вдоль волокон	500–600	13	2,2–2,6
Бетон класса В20	2400	11,5	0,48
Бетон класса В30	2400	17	0,71

2.1.5. Атмосферные воздействия на ВЛ [Л69, 70]

На провода ВЛ действуют вертикальные (собственная масса провода, образовавшийся на проводе лед при гололеде) и горизонтальные (давление ветра) нагрузки. Под действием механических нагрузок в материале провода появляются механические напряжения. Усилие, направленное по оси провода, называется его механическим тяжением, а частное от деления этого тяжения на площадь поперечного сечения провода — механическим напряжением.

Для определения нагрузок на провода и механических напряжений в их материалах необходимо знать климатические условия в районе сооружения линии (гололедные образования, ветровые нагрузки).

Гололедообразование, ветер и температура воздуха — основные атмосферные воздействия на ВЛ.

Гололед (или слой льда) возникает при температуре окружающего воздуха около 0°C с последующим небольшим понижением (до -5°C) на всех открыто расположенных предметах, в том числе и на проводах (при температуре ниже -5°C гололед обычно не удерживается). Интенсивность образования гололеда зависит от ряда условий, в том числе от высоты расположения данного места над уровнем моря, наличия незамерзающих водоемов, высокой влажности воздуха. Наиболее неблагоприятные условия возникновения гололеда на проводах — температура 0 ... -5°C, относительная влажность 98% и

ветер. В нашей стране имеются районы, где гололед образуется очень интенсивно (толщина его слоя достигает 50 мм), что приводит к большим разрушениям воздушных линий.

Гололедообразования, отлагаясь на проводах и тросах, увеличивают их массу. При этом возрастают тяжение в проводах, а также стрелы провеса. При значительных размерах гололедообразования они являются определяющими при расчете элементов ВЛ.

Гололедообразования имеют разную форму и массу на единицу длины провода. Для расчетов проводов, имеющих цилиндрическую форму, в качестве стандартной меры гололедообразования принята толщина стенки гололеда также цилиндрической формы, имеющего постоянную плотность, равную $0,9 \text{ г/см}^3$ (рис. 2.1.7.).

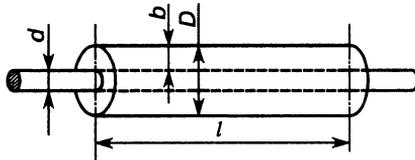


Рис. 2.1.7. Провод с гололедной муфтой. (Пояснения в тексте)

Толщина стенки гололеда (далее стенка гололеда) связана с его массой соотношением, вытекающим из рис. 2.1.7:

$$\left. \begin{aligned} b &= -\frac{d}{2} + \sqrt{\frac{d^2}{4} + \frac{M_r}{\pi l \rho}}; \\ M_r &= \pi b(d + b)l\rho \end{aligned} \right\} \quad (2.1.4.)$$

где M_r — масса гололеда; ρ — плотность.

В таблице 2.1.2. даны значения массы гололеда на проводе длиной 1 м, диаметром 5, 10, 20 и 30 мм при плотности $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$ и стенке гололеда от 10 до 50 мм.

По формулам 2.1.4. нетрудно, зная стенку гололеда и его плотность, определить его массу и наоборот.

Таблица 2.1.2. Масса гололеда при различных стенках и диаметрах проводов

Диаметр провода, мм	Стенка гололеда, мм	Масса гололеда, кг	Диаметр провода, мм	Стенка гололеда, мм	Масса гололеда, кг
5	10	0,424	20	10	0,848
	20	1,414		20	2,262
	30	2,969		30	4,271
	40	5,089		40	6,786
	50	7,775		50	9,896
10	10	0,565	30	10	1,131
	20	1,696		20	2,827
	30	3,393		30	5,089
	40	5,655		40	7,917
	50	8,482		50	11,31

[Л 82, с. 45]

Таблица 2.1.3. Расчетная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Расчетная толщина стенки гололеда b , мм,	
	Местность	
	В	А
I	10	10
II	10	15
III	15	20
IV	20	25
V	25	30
VI	30	35
VII	35	40
Особый	40 и более	45 и более

Примечание. А — незащищенные ВЛ, В — защищенные ВЛ.

Таблица 2.1.4. Давление ветра при различных скоростях

Скорость ветра м/с	Скорость ветра, км/ч	Давление ветра, Па	Скорость ветра м/с	Скорость ветра, км/ч	Давление ветра, Па
3	10,8	5,52	33	119	667
6	21,6	22,1	36	130	794
9	32,4	49,6	39	140	932
12	43,2	88,3	42	151	1081
15	54	138	45	162	1241
18	64,8	199	48	173	1412
21	75,6	270	51	184	1594
24	86,4	353	54	194	1787
27	97,2	447	57	205	1991
30	108	552	60	216	2206

[Л82, с.46]

2.1.6. Колебания проводов [Л 70]

Воздействие ветра на провода и тросы ВЛ вызывает не только статические нагрузки (см. рис. 2.1.8.) на элементы ВЛ, но и приводит к колебаниям проводов и тросов различного характера.

На ВЛ 0,4-35 кВ различают два вида колебаний: вибрацию и пляску.

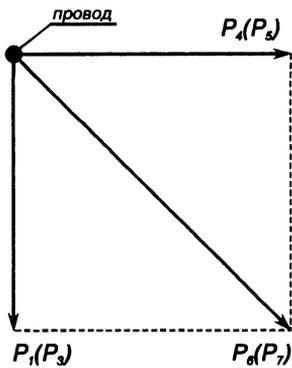


Рис. 2.1.8. Схема нагрузок на провод:

$P_4 (P_5)$ — давление ветра; $P_1 (P_3)$ — вес провода; $P_6 (P_7)$ — сумма составляющих нагрузок

Вибрация проводов. Вибрацией проводов называются вызываемые ветром периодические колебания натянутого провода, происходящие в вертикальной плоскости.

На длине пролета образуются стоячие волны (рис. 2.1.9.) длиной l и амплитудой A .

Типичный диапазон скоростей ветра, при которых можно ожидать вибрацию, 0,5 – 10 м/с. Диапазон частот вибрации составляет 3 – 120 Гц. Амплитуда вибрации относительно мала.

Основными величинами, характеризующими вибрацию, являются частота, длина полуволны и амплитуда.

Для возникновения вибрации необходимо, чтобы частота срыва вихрей совпадала с одной из собственных частот колебаний натянутого в пролете

провода, определяемых уравнением:

$$Y_c = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}, \quad (2.1.5.)$$

где Y_c — собственная частота колебаний, Гц; n — число полуволн в пролете (целое число); L — длина провода в пролете, м; T — натяжение, Н; m — масса 1 м провода, кг/м.

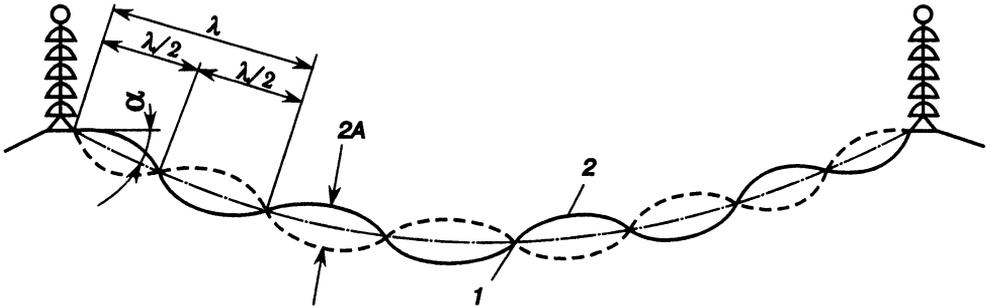


Рис. 2.1.9. Схема положения провода при вибрации:
1 — узел вибрации; 2 — пучность; λ — длина волны; A — амплитуда; α — угол вибрации

Для защиты проводов и тросов от вибрации наибольшее распространение получили гасители петлевого типа и гасители вибрации Стокбриджа.

Второй представляет собой (см. рис. 2.1.11.) отрезок многопроволочного оцинкованного стального каната с укрепленным посередине зажимом для закрепления его на проводе или тросе и двумя чугунными грузами стаканообразной формы, закрепленными на концах.

В Российской Федерации гасители Стокбриджа применяются для защиты алюминиевых, сталеалюминиевых проводов, проводов марок АН и АЖ, все сечением 70 – 650 мм², стальных проводов и тросов сечением 35 – 120 мм² в обычных пролетах, а также медных проводов сечением 50 – 400 мм².

Гасители устанавливаются на проводе с одной или с обеих сторон пролета вблизи точек подвеса на расстоянии от места выхода провода из зажима, равном четверти длины волны вибрации, т.е. в пучности волны.

Гасители вибрации петлевого типа представляют собой отрезок провода одной и той же марки и сечения с защищаемым проводом, устанавливаемый под ним в виде петли в местах крепления на поддерживающих подвесках симметрично относительно зажима (рис. 2.1.10.). Эти гасители вибрации применяются для проводов небольших сечений, а именно: алюминиевых, сталеалюминиевых и проводов из сплавов марок АН и АЖ сечением до 70 – 95 мм², а также для медных и стальных проводов и тросов сечением 25 – 35 мм².

Пляска проводов. Под пляской проводов принято понимать их колебания со значительной амплитудой и низкой частотой. Амплитуда пляшущих проводов может достигать 12 – 14 м (в пролетах длиной 400 – 500 м), а частота лежит в пределах 0,2 – 1,2 Гц. Провода колеблются в основном в вертикальной плоскости, обычно с некоторым наклоном по направлению ветра.

Пляске подвергаются провода линии электропередачи всех классов напряжений от 10 кВ и выше.

Абсолютное большинство случаев пляски наблюдается на ВЛ, проходящих по открытой равнинной и слабовсхолмленной местности.

В Европейской части РФ наиболее подвержены пляске проводов линии на территории к югу от 55° северной широты до Кавказского хребта, а в Азиатской части — в Западной Сибири между 45- и 55° северной широты, а также побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. [Л 82].

Пляска проводов обычно возникает при неравномерном слое гололеда на них. Под порывом сильного ветра на проводах образуется бегущая волна с амплитудой 8 -12 м. Это опасное и трудно прогнозируемое явление часто приводит к разрушению пролетов линии.

Ветровая нагрузка на провод зависит от скорости ветра, его направления относительно трассы линии электропередачи и диаметра провода. Чем больше диаметр провода, тем больше давление ветра на него, причем наибольшее давление создается при направлении ветра поперек трассы.

При указанных климатических условиях могут возникать вибрация и пляска проводов, а также их обрывы. При ровном непрерывном ветре (0,5 м/с) наблюдается вибрация проводов, которая наиболее интенсивна при его скорости 3 – 5 м/с. Колебания проводов имеют форму волн длиной до 20 м с амплитудой, составляющей 2 – 3 диаметра провода. Частота вибрации зависит от скорости ветра, длины пролета, диаметра и тяжения провода. Особенно сильная вибрация проводов наблюдается на линиях с большой длиной пролетов на высоких опорах и больших переходах. При вибрации провода повреждаются в местах выхода из зажимов, что приводит к ослаблению опор.

Особо надо отметить, что установка распорок между проводами может полностью исключить пляску проводов ВЛ 10 – 35 кВ (рис. 2.4.163.).

Таблица 2.1.5. Расчетное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли

Район по ветру	Расчетное ветровое давление, W_0 , Па (скорость ветра, м/с)	
	М е с т н о с т ь	
	В	А
I	250 (20)	400 (25)
II	300 (22)	500 (29)
III	400 (25)	650 (32)
IV	550 (29)	800 (36)
V	700 (33)	1000 (40)
VI	850 (37)	1250 (45)
VII	1000 (40)	1500 (49)
Особый	1150 и более (43 и более)*	1750 и более (53 и более)**

[Л82]

Примечания к таблице 2.1.5.:

1. Определение расчетных климатических условий (см. гл.2.5. ПУЭ – 86 и СНиП 2,01,07 – 85) для выбора нормативных нагрузок на конструкции и расчете ВЛ производится по картам климатического районирования, уточненным в случае необходимости по региональным картам или на основании данных многолетних наблюдений. При этом скоростной напор допускается определять по формуле

$$\delta_0 = (av)^2 16, \quad (2.1.6.)$$

где v — скорость ветра на высоте 10 м над уровнем земли (при двухминутном осреднении) с соответствующей повторяемостью: $a = 0,75 + 5/y$ — коэффициент к скоростям ветра, полученным из обработки по флюгеру и принимаемый более 1,0.

2. Для ВЛ 6 – 35 кВ нормативный скоростной напор (скорость ветра) принимается не менее 400 Па (25 м/с).

3. Для участков ВЛ в застроенной местности при средней высоте строений не менее 2/3 высоты опор, а также при прохождении ВЛ в лесных массивах заповедников, вдоль горных долин и т.п. допускается снижение нормативного скоростного напора на 30% (снижение скорости ветра на 16%).

4. Напомним, что для ПЭС Мосэнерго I район по ветровым скоростным напорам расположен к северу от горизонтальной линии, проходящей на карте Московской области через г. Москву (вероятно это связано с лесной зоной северной части Московской области, экранирующей территорию), а II район — к югу от этой горизонтальной линии, т.к. южная часть Московской области «менее лесная, чем северная» и экранирование территории здесь выражено значительно меньше.

О районировании территории, обслуживаемой предприятиями электросетей Мосэнерго

В соответствии с картами районирования Российской Федерации [Л1] территория Московской области относится:

— ***по скоростным напорам ветра*** — к I району [Л1, с.224. рис. 2.5.1.];

— ***по пляске проводов:***

к северу от горизонтальной линии [см. Л1, с.224, рис.2.5.1.], проходящей через г. Москву; к I району;

а к югу от этой линии — ко II району.

— ***по толщине стенки гололеда:***

все предприятия электросетей, за исключением Каширских, Коломенских и части Подольских электросетей — ко II району,

а Каширские, Коломенские и часть Подольских электросетей — к III району. [Л1, рис. 2.5.5. с.224].

Примечание: Для остальных регионов РФ о районировании территорий см. [Л1, с.219...224.].

Таблица 2.1.6. Расчетная линейная нагрузка от давления ветра на провод, покрытый гололедом

Район по ветру	Расчетная линейная нагрузка от давления ветра на провод, покрытый гололедом, Q, Н/м	
	М е с т н о с т ь	
	В	А
I	2	4
II	4	8
III	6	12
IV	8	16
V	10	20
VI	12	24
VII	14	28
VIII	16	32
IX	18	36
X	20	40

2.1.7. Защита проводов и тросов от вибрации [Л67]

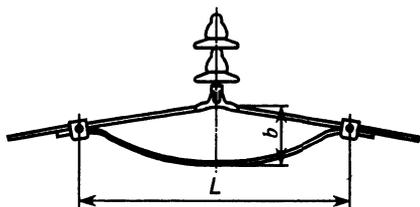
Защита от вибрации одиночных проводов и тросов не требуется, если длины пролетов ВЛ и среднеэксплуатационные напряжения в проводах не превышают значений, указанных в табл. 2.1.7.

Таблица 2.1.7. Условия защиты проводов и тросов от вибрации

Провода или тросы	Номинальное сечение, мм ²	Открытая, ровная местность без кустарников и деревьев		Сильно пересеченная или застроенная местность, редкий и низкорослый лес	
		Пролеты длиной, м, и более	Среднеэксплуатационное напряжение, МПа, и более	Пролеты длиной, м, и более	Среднеэксплуатационное напряжение, МПа, и более
Алюминиевые	До 95 120–185 240 и более	80	35	100	40
		100			
		120			
Сталеалюминиевые и из алюминиевых сплавов	До 95 120–185 205 и более	80	40	100	45
		100			
		120			
Медные	До 70 95 и более	100	100	125	110
		120			
Стальные	До 70 95 и более	100	180	125	200
		120			

При прохождении ВЛ по сплошному лесному массиву с высотой деревьев более высоты подвеса проводов и тросов, а также вдоль горных долин (по низу) защита проводов и тросов ВЛ также не требуется.

Защита от вибрации одиночных проводов марок А, АН и АЖ сечением 35 – 95 мм² и сталеалюминиевых сечением 35 – 70 мм² при длине пролетов 80 м и более осуществляется гасителями петлевого типа, изготавливаемыми из отрезков проводов той же марки, что подвешиваются на линии (рис.2.1.10.). Размеры петлевых гасителей принимаются следующие:



Марка провода	L, м	b, м
АС 35, А, АН, АЖ 35 и 50	1,0	0,15
АС 50, А, АН, АЖ 70	1,15	0,15
АС 70, А, АН, АЖ 95	1,35	0,20

Рис. 2.1.10. Гаситель вибрации петлевого типа, выполняемые из проводов

Защита от вибрации одиночных алюминиевых проводов сечением 120 мм² и более, сталеалюминиевых сечением 95 мм² и более, проводов из алюминиевых сплавов сечением 70 мм² и более, медных проводов и стальных проводов и грозозащитных тросов сечением 50 мм² и более осуществляется типовыми гасителями типа ГВН согласно табл. 2.1.9.

В начале 80-х годов некоторое время выпускались гасители вибрации с укороченными грузами и с грузами каплевидной формы вместо цилиндрической. Эффективность работы таких гасителей очень низкая. Имелись случаи усталостных повреждений проводов и грозозащитных тросов ВЛ, оснащенных этими гасителями. В настоящее время выпуск таких гасителей прекращен, а установленные ранее гасители с укороченными грузами и грузами каплевидной формы подлежат замене на стандартные (см. табл. 2.1.9).

В связи с имевшими место случаями повреждений проводов из алюминиевых сплавов АЖ 120 и АЖС 70/39 во ВНИИЭ были проведены специальные исследования, которые показали необходимость разработки для проводов марок АЖ и АЖС поддерживающих зажимов и зажимов гасителей вибрации с применением специальных прокладок из износостойчивых эластомеров с полупроводящими свойствами.

До разработки таких зажимов для проводов АЖ и АЖС рекомендуется применять среднеэксплуатационные напряжения $\sigma_s < 0,2 \sigma_{вр}$.

Гасители вибрации устанавливаются на проводах на определенном расстоянии от изолятора. Расстояние установки гасителя от места крепления изолятора, а также тип гасителя зависят от марки провода, величины промежуточного пролета и тяжения в проводе.

Расстояние L места установки гасителя от места крепления провода (рис. 2.1.11.) определяется по формуле:

$$L = 0,00133d\sqrt{\frac{T}{g}}, \text{ м,} \quad (2.1.7.)$$

где d — диаметр провода, мм; T — среднее эксплуатационное тяжение провода, кг; g — вес 1 м провода, кг; L — округляется до 0,05 м.

Места установки гасителей на проводе приводятся в проекте и должны указываться в монтажной документации.

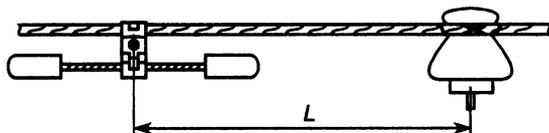


Рис. 2.1.11. Установка гасителя вибрации на проводе у штыревого изолятора

Таблица 2.1.8. Число гасителей вибрации в пролете на одинарных проводах

Условия прохождения трассы линии (характер местности)	Длина пролета, м	Среднеэксплуатационное напряжение в проводах, МПа	
		Алюминиевые провода	
		35–40	Более 40
		Сталеалюминиевые и провода из алюминиевых сплавов АН и АЖ	
		40–45	Более 45
		Медные провода	
		100–110	Более 110
		Стальные провода и грозозащитные тросы	
180–200	Более 200		
Открытая, ровная или слабопересеченная местность без древесной растительности, пересечение долин в горах	Менее 150	1 гаситель в пролете	
	150 и более	1	2
Сильнопересяченная или застроенная местность, редкий или низкорослый лес	200 и менее	Защита от вибрации не требуется	1
	Более 200	1	2

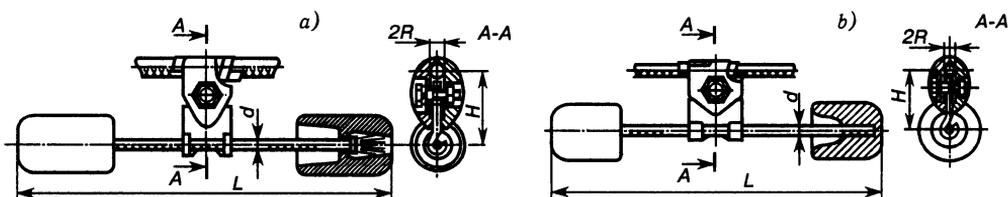


Рис. 2.1.12. Типовые гасители вибрации типа ГВН

Таблица 2.1.9. Гасители вибрации типа ГВН с глухим креплением на проводе (рис. 2.1.12.)

Марка	Марка провода					Для стальных проводов ГОСТ 5800-51 и канатов ГОСТ 3063-66	меры, мм				Масса, кг	
	М	А	АС	АСО	АСУ		L	d	2R	H		
ГВН-2-9	—	—	—	—	—	35-50	301	9,2	9	68	0,8	2,3
ГВН-3-12	—	—	—	—	—	70	381	11,0	12	71	1,6	4,0
ГВН-3-12А	—	—	—	—	—	70	450	11,0	12	71	1,7	3,9
ГВН-2-13	70	70; 95	70; 95	—	—	—	401	9,2	13	69	0,8	2,3
ГВН-3-13	—	—	—	—	—	100	331	11,0	13	72	1,6	3,98
ГВН-3-17	120- 150	120- 150- 180	120- 150	150	120- 150	—	431	11,0	17	75	1,6	4,07

Добавим, что гасители вибрации (рис. 2.1.12) устанавливают на проводе с одной или с обеих сторон пролета вблизи точек подвеса на расстоянии волны вибрации, т.е. в пучности волны.

Опасность вибрационных разрушений зависит от среднеэксплуатационных напряжений проводов.

В [Л 1] предписывается обязательная защита проводов гасителями вибрации в зависимости от среднеэксплуатационных напряжений.

2.2. Опоры воздушных линий 0,4 – 35 кВ

2.2.1. Назначение и конструкции опор

Опоры. Опоры ВЛ поддерживают провода на необходимом расстоянии от поверхности земли, проводов других линий, зданий и т.п. Они должны быть механически прочными при воздействии различных метеорологических условий (ветер, гололед).

Опоры ВЛ в зависимости от назначения могут быть промежуточными, анкерными, угловыми, концевыми и специальными.

Промежуточные опоры служат только для поддержания проводов. Они не рассчитаны на одностороннее тяжение. В случае обрыва провода с одной стороны опоры при креплении его на штыревых изоляторах он проскальзывает в вязке и одностороннее тяжение снижается. Если бы провод крепился к изолятору жестко, то при обрыве с одной стороны провод на другой стороне опоры тянул бы ее в свою сторону и она неизбежно упала бы, вызвав в дальнейшем падение последующих опор. Промежуточные опоры устанавливают на прямых участках линии и рассчитывают в основном на вертикальные нагрузки от массы проводов, изоляторов, арматуры, поэтому они имеют достаточно простую и легкую конструкцию. Промежуточные опоры из различного материала показаны на рис. 2.2.1, а-г.

Анкерные опоры устанавливают на пересечении ответственных инженерных сооружений (железные дороги, шоссе), естественных преград (овраги, реки), а также в опорных точках монтажа. В отличие от промежуточных они должны воспринимать продольную нагрузку от тяжения проводов в одну сторону.

Конструкция анкерных опор должна быть жесткой и прочной. Провода на них закрепляют жестко, увеличивая при необходимости число подвесных изоляторов в гирлянде до трех и более. Для надежности работы линии анкерные опоры устанавливают на прямых участках не реже чем через 5 км, а при толщине слоя гололеда свыше 10 мм — не реже чем через 3 км.

Концевые опоры, являющиеся разновидностью анкерных, устанавливают в конце и начале линии. Для них одностороннее тяжение проводов — основной режим работы.

Угловые опоры устанавливают в местах изменения направления ВЛ. При нормальном режиме они воспринимают одностороннее тяжение по биссектрисе внутреннего угла линии. Углом поворота линии считают угол, дополняющий до 180° внутренний угол линии. При малых углах поворота (до 20°) угловые опоры выполняют по типу промежуточных, а при больших (до 90°) — по типу анкерных.

Специальные опоры устанавливают при переходах через реки, железные дороги, ущелья и т.п. Они обычно выше нормальных и их выполняют по особым проектам.

При сооружении опор ВЛ должны быть выдержаны расстояния между проводами и другими предметами, находящимися в непосредственной близости от линии.

При проведении *унификации* опор было сокращено количество их типов

и типоразмеров деталей, найдены рациональные и экономичные конструкции для соответствующих климатических и географических районов, напряжений и групп проводов. Конструкции унифицированных опор предусматривают индустриальные методы их сборки и монтажа, а также организацию массового производства элементов на специализированных заводах.

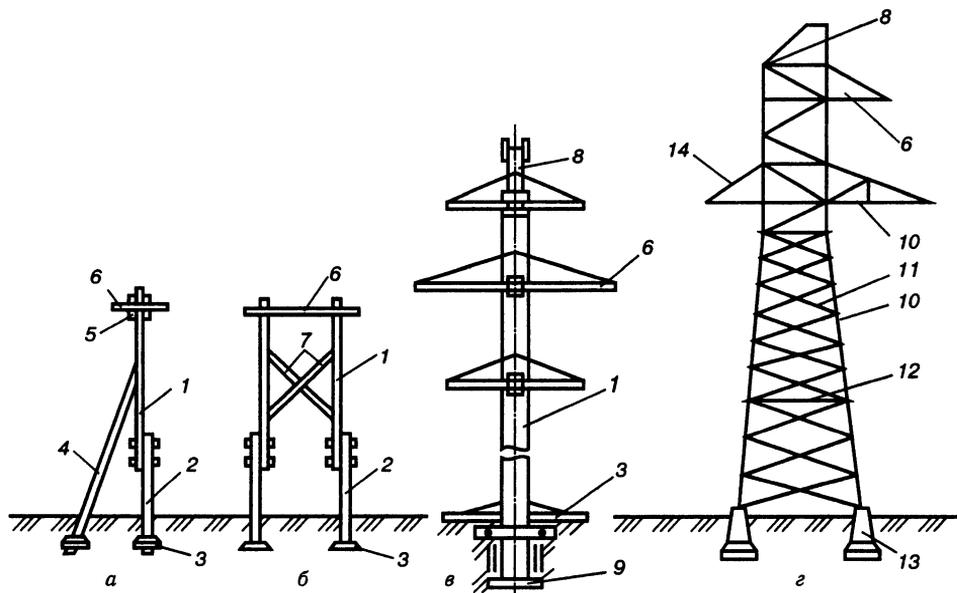


Рис. 2.2.1. Промежуточные опоры:

а, б — деревянные одноствоечная с подкосом и П-образная с раскосами; *в, г* — свободностоящие железобетонная и металлическая; 1 — стойка; 2 — приставка; 3 — ригель; 4 — подкос; 5 — подтраверсный брус; 6 — траверса; 7 — раскосы; 8 — тросостойка; 9 — поддон (подпятник); 10 — пояс стойки (траверсы); 11 — решетка; 12 — диафрагма; 13 — фундамент; 14 — тяга.

Большинство конструкций опор всех классов напряжений выпускаются по типовым проектам.

Опоры бывают деревянные, железобетонные и металлические. Деревянные опоры применяют на линиях 0,4 – 6 – 10 кВ, реже 35 кВ, железобетонные — практически на линиях всех классов напряжения распределительных сетей, а металлические — на линиях 35 кВ. Опоры состоят из вертикальных или наклонных стоек и поперечной траверсы, на которой через изоляторы и арматуру крепятся провода. Обычно стойки и траверсы используют из различных материалов.

Для деревянных опор часто используют приставки — нижние части опор, заглубляемые в землю, которые изготавливают из железобетона (см. рис. 2.2.2. и табл. 2.2.1.) и из древесины (см. рис. 2.2.1. и табл. 2.2.2.). Приставки соединяются с основной стойкой металлическими бандажами (см. рис. 2.2.3. ... 2.2.9.).

Деревянные опоры наиболее распространены, так как недороги, прочны,

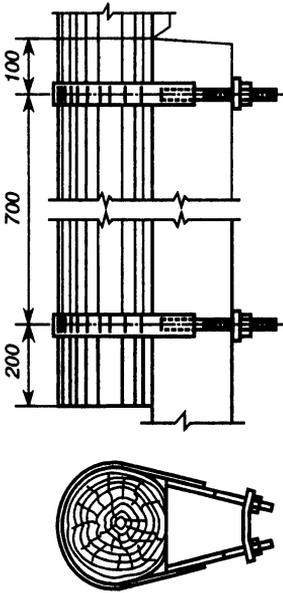


Рис. 2.2.2.

обладают хорошей природной изоляцией. Их изготавливают из сосны и лиственницы, реже из пихты и ели (для линий 35 кВ и ниже для потребителей III категории).

Основной недостаток деревянных опор — их недолговечность. Древесина опор подвергается воздействию внешних условий и особенно переменной влажности в месте заделки в землю. Вследствие этого она загнивает, разрушается и, если не принять специальных мер, быстро выходит из строя.

Срок службы опор из непропитанной древесины в среднем составляет: из сосны — 4–5 лет, лиственницы — 10–15 лет, ели — 3–4 года. В южных районах, где высокие температуры способствуют ускоренному гниению древесины, их срок службы уменьшается в 1,5 — 2 раза, поэтому необходимо применять бревна, пропитанные антисептиком, за исключением лиственницы зимней рубки, которая не требует пропитки.

Лучший способ антисептирования древесины опор — ее пропитка каменноугольным маслом, получаемым при перегонке каменноугольной смолы. Хорошие результаты дает также пропитка антрацитовым маслом и флегмой. Влажность древесины должна быть не более 25%. Чтобы получить древесину требуемой влажности, ее сушат различными способами: на воздухе в течение 40 — 50 дней (атмосферная сушка), в петролатуме (высокотемпературная сушка), а также токами высокой частоты.

Сосновую и еловую древесину можно пропитывать водорастворимыми антисептиками. Для увеличения срока службы опор, пропитанных таким образом, рекомендуют устанавливать на них через 12 — 15 лет эксплуатации антисептические бандажы, изготавливаемые из полосы рубероида или пергаменты шириной 70 см. Их ставят на части опор, расположенные выше и ниже поверхности земли на 30 см. Наносят на опоры слой антисептической пасты, прибивают бандаж гвоздями и обвязывают проволокой. Столб возле бандажы и сам бандаж покрывают слоем битума.

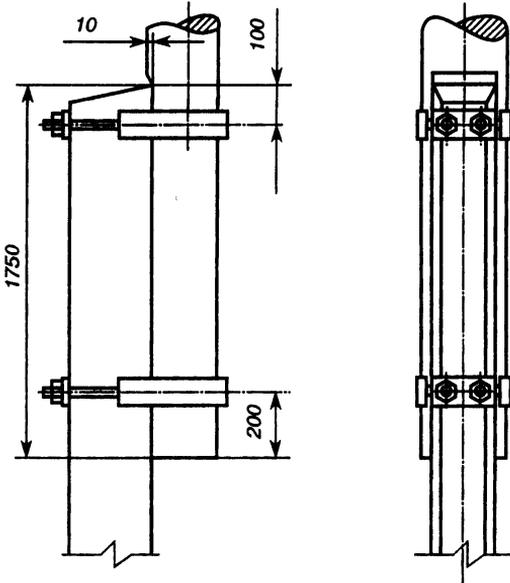
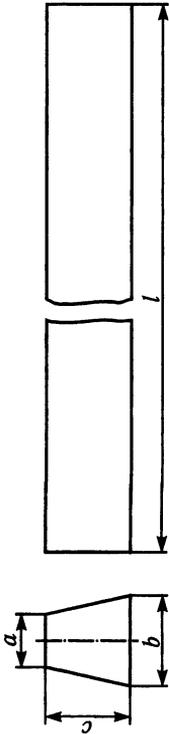


Рис. 2.2.3.

Таблица 2.2.1. Приставки железобетонные для опор ВЛ 0,4 – 35 кВ по ГОСТ 14295–75



Марка трапециoidalных приставок	Размеры			Расчетные изгибающие моменты, кН·м		Масса, кг	Назначение
	<i>l</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	перпендикулярно оси ВЛ M_{x-x}		
ПТ-1,7-3,25	3250	100	180	220	17,0	9,0	Для ВЛ 0,4 кВ
ПТ-2,2-3,25	3250	100	180	220	22,0	14,0	Для ВЛ 0,4–10 кВ
ПТ-1,7-4,25	4250	100	180	220	22,0	14,0	Для ВЛ 0,4–20 кВ
ПТ-2,2-4,25	4250	100	180	220	22,0	14,0	Для ВЛ 0,4–20 кВ
ПТ-4,0-6,0	6000	120	220	265	40,0	24,0	Для ВЛ до 35 кВ
ПТ-4,0-4,5	4500	120	220	265	40,0	24,0	Для ВЛ до 35 кВ

Примечание. Приставки для ВЛ 0,4–10 кВ могут изготавливаться с отверстиями для присоски их болтами к деревянным стойкам (по заказу заказчика).

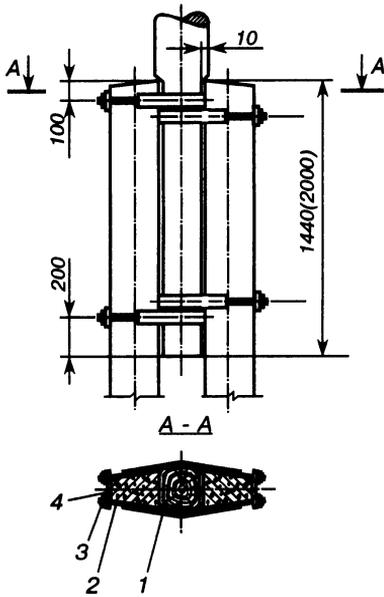


Рис. 2.2.4

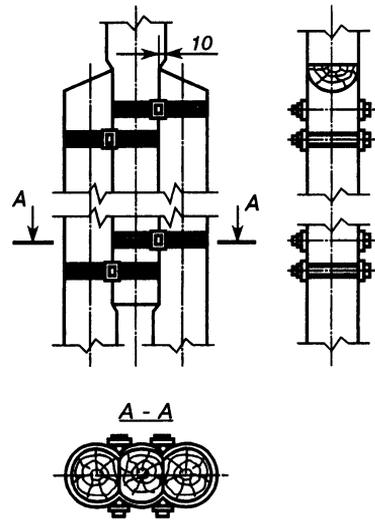


Рис. 2.2.5.

Пр и м е ч а н и е к рис. 2.2.4.: Две приставки на одну стойку опоры ВЛ 6–10 кВ применяют для опор двухцепных линий или для усиления одноцепных ВЛ, где на опору действуют повышенные ветровые нагрузки, например, на высоком месте трассы, в промежутке между двух лесных массивов местности, когда роза ветров действует поперек трассы ВЛ и в других случаях..

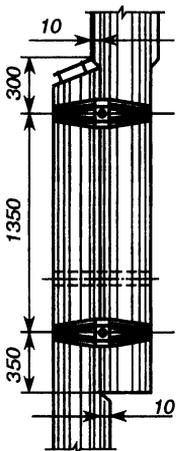


Рис. 2.2.6.

Таблица 2.2.2. Бандаж проволочный

Диаметр проволоки, мм	Число витков	Общая длина, мм
4 (оцинкованная)	10	7600
5	8	6080
6		

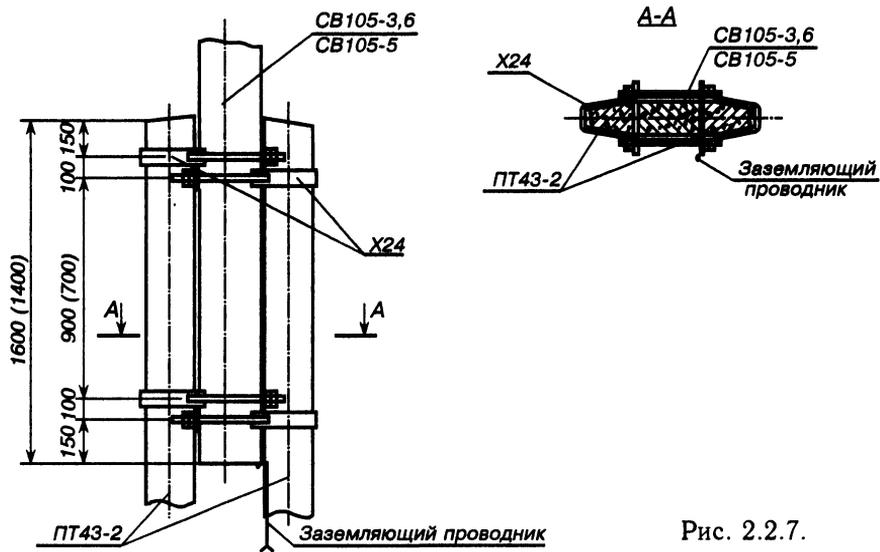


Рис. 2.2.7.

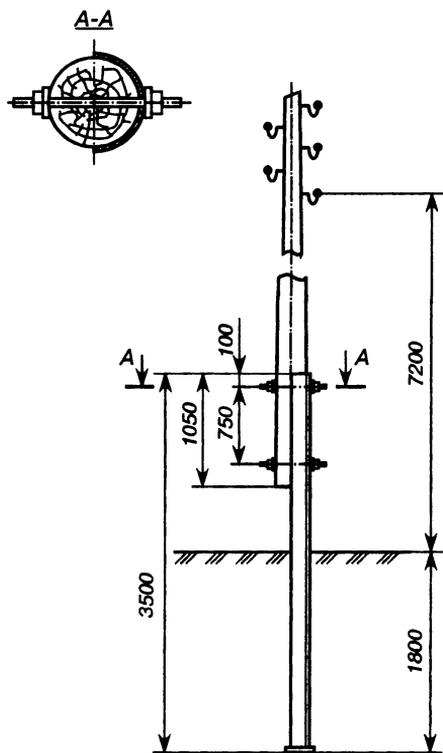


Рис. 2.2.8.

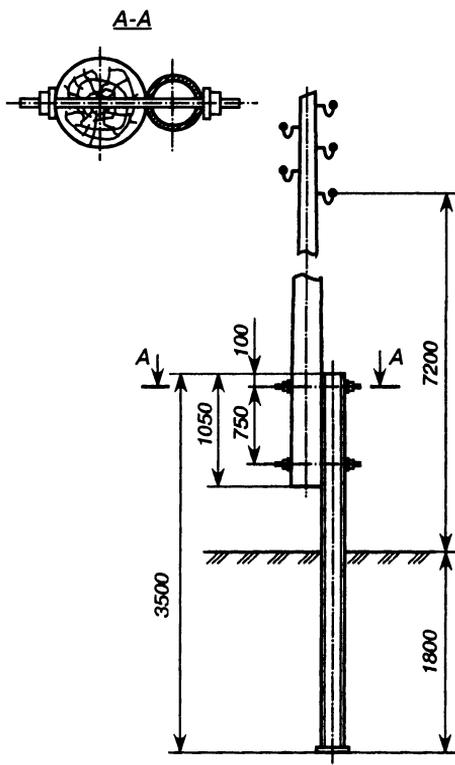


Рис. 2.2.9.

В качестве маслянистых антисептиков применяют обычно чистое креозотовое масло и в смеси с мазутом, а в качестве минеральных водорастворимых антисептиков — фтористый натрий, динитрофенол и др.

Надежными являются опоры из клееной древесины, которую изготавливают из сосновых досок, пропитанных масляным антисептиком и клеенных клеем БФ-3 или ФР-12. При этом повышается срок службы опор, устраняется гниль. Кроме того, для изготовления опор применяют короткомерную древесину.

Железобетонные опоры (рис. 2.1.5.) обладают высокой механической прочностью, долговечны. При их изготовлении снижаются расход металла и эксплуатационные расходы, а также затраты труда на сборку. Недостатком железобетонных опор является большая масса, что увеличивает транспортные расходы и требует при сборке и монтаже использовать краны большой грузоподъемности.

Металлические опоры (рис. 2.1.6.), изготавливаемые из стали и алюминиевых сплавов, имеют преимущества по сравнению с деревянными и железобетонными — позволяют создавать конструкции, рассчитанные на большие нагрузки и любые климатические условия. Однако они дороже деревянных и железобетонных опор.

Недостатком стальных опор является то, что они подвержены коррозии, для предупреждения которой необходима горячая оцинковка при изготовлении или периодическая окраска при эксплуатации. Опоры из алюминиевых сплавов меньше, чем стальные, подвержены влиянию внешней среды, однако из-за высокой стоимости их применяют редко.

Стальные опоры устанавливают на линиях электропередачи всех напряжений, проходящих в районах с тяжелыми климатическими условиями, на труднодоступных трассах и в горных местностях.

В зоне верхнего банджа соединения стойки опоры с приставкой сосредоточено большее воздействие от веса опоры, тяжения проводов, воздействие ветра, гололедных отложений и других причин. Поэтому, если бандаж стягивается «фомкой» в жгут, проволочный бандаж «рвет» древесину стойки сильнее, так как внешние витки банджа стягиваются с большей силой. В эти порывы древесины проникает влага и гниение столба увеличивается. Поэтому верхний бандаж необходимо во всех случаях выполнять хомутом или же под проволочный бандаж подкладывать металлическую прокладку толщиной 1–1,5 мм, шириной не менее 100 мм, длиной 280 мм.

А лучше всего крепить приставки к деревянным стойкам опор двумя болтами диаметром 24 мм (выполнить отверстия в приставках не составит труда на заводе-изготовителе), подкладывая под головку болта фасонную шайбу по форме меньшей грани приставки, а со стороны деревянной стойки — шайбу 6 x 120 x 120 мм.

Диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее (см.), приведенного в табл. 2.2.3. [Л1, п. 2.4.33, с.205] и [Л1, п. 2.5.103, с.255]

Таблица 2.2.3. Номинально допустимый диаметр древесины опор, см

Детали опор	ВЛ 0,4 кВ	ВЛ 6–35 кВ
Для основных элементов: стойки, траверсы, подкосы и др.	14	16
Для остальных элементов опор, а также для опор, устанавливаемых у зданий на ответвлениях к вводам (подставные столбы)	12	14
Для деревянных приставок опор	18	18

П р и м е ч а н и я: 1. Конусность бревна от комля к верхнему отрубам (сбег бревна) должен быть не менее 8 мм на 1 м длины — для сосны, ели, пихты, а для лиственницы — 10 мм на 1 м длины [Л1, п.2.103, с.255], [Л1, с.205, 255]. 2. Диаметр бревна в верхнем отрубам может быть в отдельных случаях увеличен для повышения механической прочности опор, например, при совместной подвеске проводов (см. проект № 3.407–85).

2.2.2. Деревянные опоры ВЛ 0,4–35 кВ

1. Унифицированные деревянные опоры ВЛ 0,4–10 кВ (типовой проект 3.407–85)[Л5]

Опоры предназначены для линий электропередачи напряжением 0,4 и 6–10 кВ для I–IV районов по ветру и гололеду.

Проект включает в себя 7 альбомов. В состав проекта включены следующие типы опор нормального и повышенного габаритов из цельного леса и составных из деревянных стоек на деревянных и железобетонных приставках:

- а) одностоечные для промежуточных опор;
- б) А-образные и одностоечные с подкосом (ВЛ 0,4 кВ) для анкерных, концевых, угловых промежуточных и ответвительных опор;
- в) А-образные, трехногие и одностоечные с подкосом (ВЛ 0,4 кВ) для угловых анкерных опор.

Опоры ВЛ 0,4 кВ рассчитаны на подвеску алюминиевых проводов марки А16–А95, сталеалюминиевых марки АС16–АС50 и стальных однопроволочных оцинкованных марки ПСТ5; опоры ВЛ 6–10 кВ на подвеску алюминиевых проводов марки А25–А120, сталеалюминиевых АС16–АС70, стальных однопроволочных оцинкованных марки ПСТ5 и стальных многопроволочных марки ПС25–ПС50.

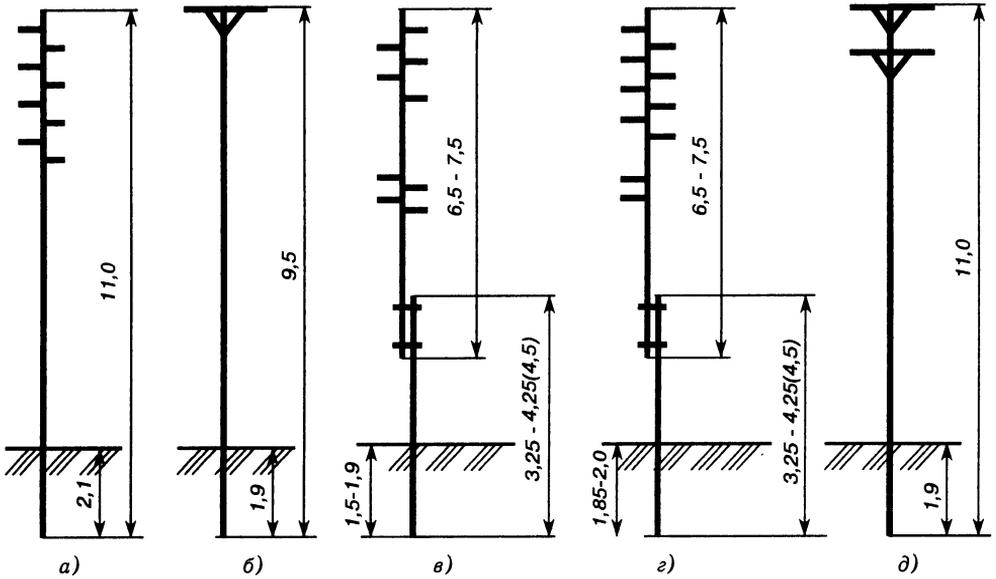


Рис. 2.2.10. Схемы промежуточных деревянных опор ВЛ 0,4 кВ нормальной высоты по типовому проекту 3.407-85

Опоры ВЛ 0,4 кВ промежуточные нормальные из целых столбов: а — ПН-3Д; б — ПН-1Д; составные: в — ПН-1ДБ, ПН-3ДБ, ПН-1ДД и ПН-3ДД; г — ПН-2ДБ, ПН-4ДБ, ПН-2ДД и ПН-4ДД; д — ПНТ-ДБ7,2, ПНТ-ДБ8,1, ПНТ-ДД7,2 и ПНТ-ДД8,1.

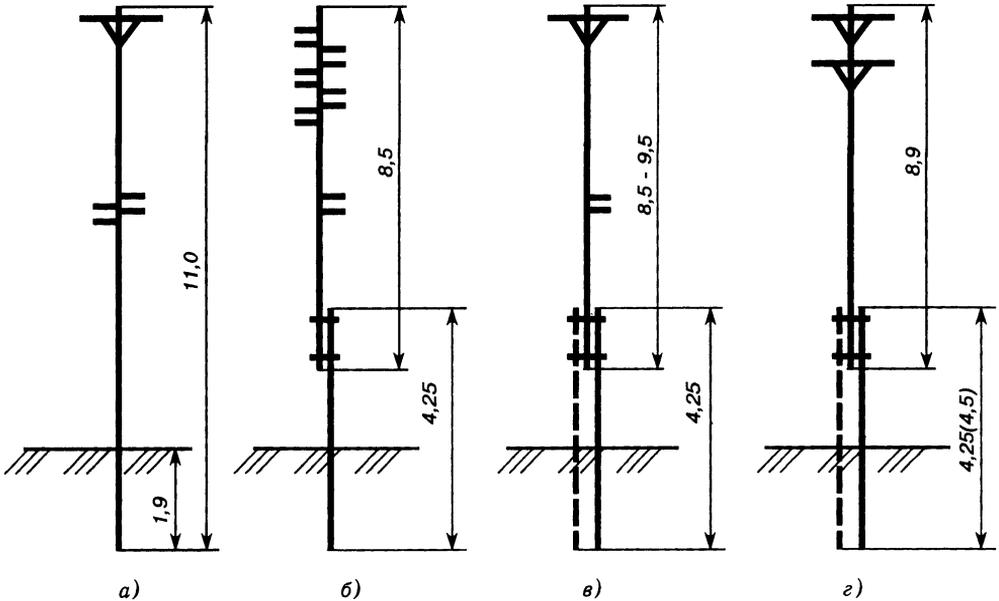


Рис. 2.2.11. Схемы деревянных повышенных промежуточных опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407-85

Повышенные опоры из целых столбов: а — ППН-1д; б — ППН-1ДБ; составные: в — ППН-2ДБ и ППН-3ДБ; г — ПНТ-ДБ9,1 и ПНТ-ДД9,1

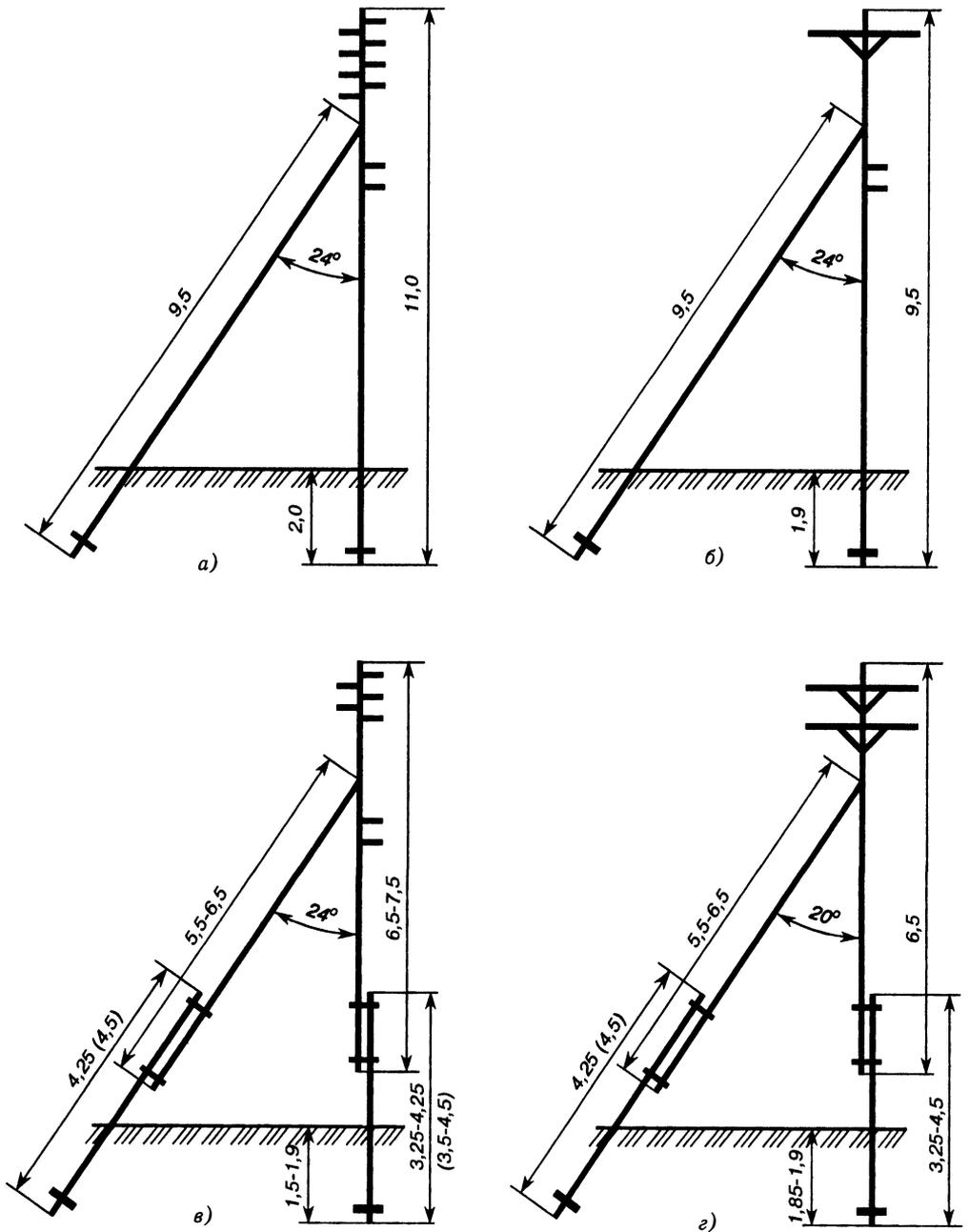


Рис. 2.2.12. Схемы деревянных концевых, анкерных, угловых и ответвительных опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407–85.

Опоры анкерные, концевые, угловые, ответвительные нормального подкосного типа из целых столбов:
а — АКН-1Д, УПН-1Д, УАН-1Д, ОАН-1Д; *б* — УАН-2Д и ОАН-2Д; из составного леса: *в* — АКН-1ДБ, УПН-1ДБ, УПН-1ДД, УАН-1ДБ, ОАН-1ДБ, УАН-1ДД, АКН-1ДД и ОАН-1ДД; *г* — УНт-ДБ7,2 и УНт-ДД7,2.

На опорах ВЛ 0,4 кВ крепление проводов предусмотрено на штыревых изоляторах НС18, ТФ20; на опорах ВЛ 6–10 кВ — на штыревых изоляторах марок ШС10–А, ШФ10–Г и ШФ20–В.

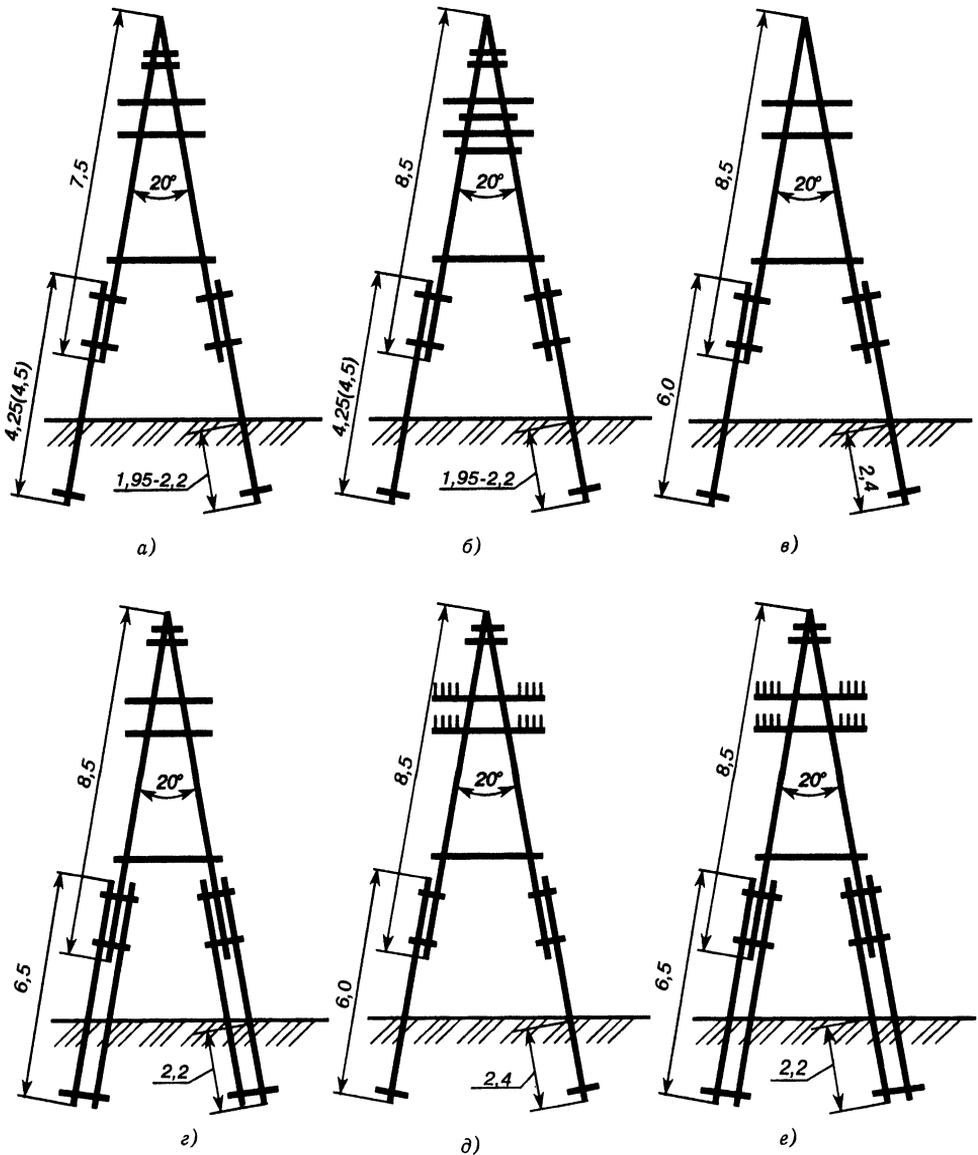


Рис. 2.2.13. Схемы деревянных повышенных анкерных угловых опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407–85.

Опоры составные А-образные нормальные: а — УАНт-ДБ7,55 и УАНт-ДД7,55; б — КОНт-ДБ7,7 и КОНт-ДД7,7; повышенные: в — АНт-ДБ9,7; г — АНт-ДД10,2; д — УАНт-ДБ9,6; е — УАНт-ДД10,1.

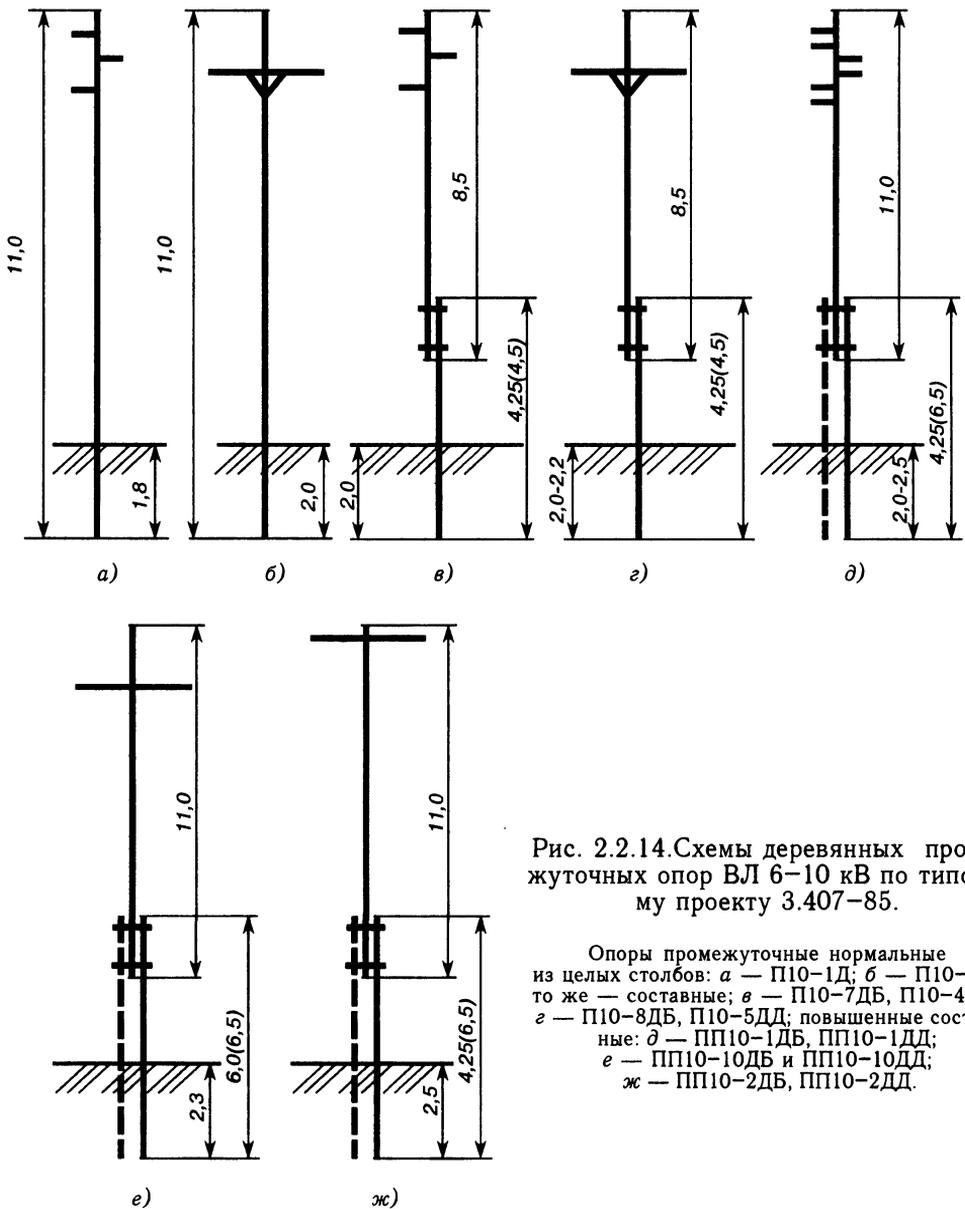


Рис. 2.2.14. Схемы деревянных промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407–85.

Опоры промежуточные нормальные из целых столбов: а — П10–1Д; б — П10–2Д; то же — составные; в — П10–7ДБ, П10–4ДД; г — П10–8ДБ, П10–5ДД; повышенные составные: д — ПП10–1ДБ, ПП10–1ДД; е — ПП10–10ДБ и ПП10–10ДД; ж — ПП10–2ДБ, ПП10–2ДД.

В населенной местности на опорах анкерно-углового типа ВЛ 6–10 кВ дополнительно предусмотрено крепление проводов на натяжных изолирующих подвесках из подвесных изоляторов.

На опорах ВЛ 0,4 кВ предусмотрена установка светильника наружного освещения марки СПП–200м, секционированных предохранителей и автоматического выключателя типа АП50.

На опорах предусмотрена установка мачтовых муфт, трубчатых разрядни-

ков и трехполюсных разъединителей.

Деревянные элементы опор разработаны с учетом их изготовления индустриальным способом на специализированных мачтопропиточных заводах. Для деталей опор принят антисептированный заводским способом сосновый лес по ГОСТ 20022.1.-90. Допускается применение неантисептированной лиственницы, а для стоек опор с приставками — антисептированной ели.

Железобетонные приставки трапециевидного сечения. Все железобетонные элементы опор предусмотрены из бетона марки 300. Рабочая арматура принята из стали класса А-III и А-II, металлические детали для крепления опор — из стали марки В Ст3. На рис. 2.2.10 ... 2.2.18. приведены схемы опор.



Примечание. Расстояния между стойками опор у земли равны 3,8–4,4 м.

Рис. 2.2.15. Схемы деревянных угловых промежуточных и анкерных ответвительных опор ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407–85.

Опоры промежуточные из целых столбов:
 а — УП10-1Д, УП10-2Д; б — то же составные УП10-3ДБ,
 УП10-2ДД, УП10-4ДД и УП10-4ДБ;
 опоры ответвительные из целых столбов: в — ОА10-1Д;
 опоры составные: г — ОА10-3ДБ, ОА10-2ДД.

2. Унифицированные деревянные опоры ВЛ 6–35 кВ

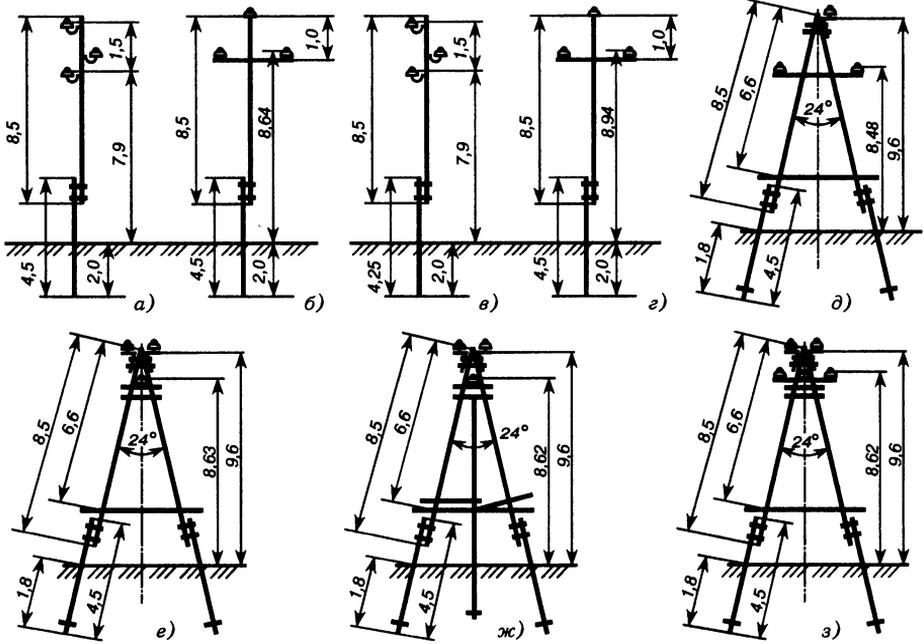


Рис. 2.2.16. Унифицированные деревянные опоры 6–10 кВ

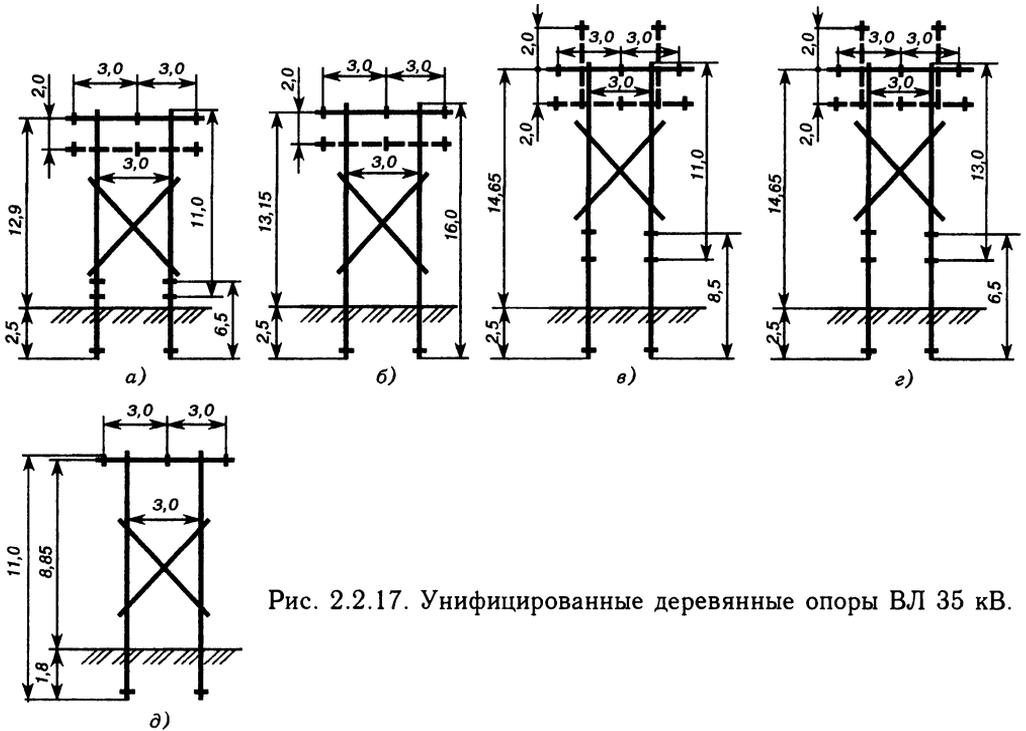


Рис. 2.2.17. Унифицированные деревянные опоры ВЛ 35 кВ.

Таблица 2.2.4. Унифицированные опоры 6,10 кВ (только для Средней полосы России)

Тип и условное обозначение опоры	Район по голулу	Расчетные габаритные пролеты для проводов, м			Расход материалов			Масса опоры, т
		ПС25-ПС50	АС25-АС70	А25-А120	деревя, м ³	железобетона, м ³	стали, кг	
Деревянные опоры с деревянными приставками:								
Промежуточная для неоселенной местности П10-4ДД, рис. 2.2.16. а	I, II	120 - 73	104 - 63	91 - 53	0,41	2,0	0,33	
То же П10-5ДД, рис. 2.2.16. б	I-IV	142 - 55	130 - 53	116 - 56	0,46-0,49	10,8-11,6	0,36	
Угловая промежуточная для неоселенной местности УП10-2ДД, рис. 2.2.16. б	I-IV	—	—	—	1,21-1,23	35,9-38,8	0,95	
То же для оселенной местности УП10-3ДД, рис. 2.2.16. б	I-IV	—	—	—	1,41-1,23	41,1-38,8	0,95	
Концевая (анкерная) для неоселенной местности АК10-2ДД, рис. 2.2.16. е	I-IV	—	—	—	1,37-1,39	51,8-49,5	1,37	
То же для неоселенной местности АК10-3ДД, рис. 2.2.16. е	I-IV	—	—	—	1,37-1,39	45,7	1,57	
Угловые анкерные на угол поворота до 90° для неоселенной местности УА10-2ДД, рис. 2.2.16. ж	I-IV	—	—	—	2,09 - 2,11	85,0-82,5	1,55	
То же для оселенной местности УА10-3ДД, рис. 2.2.16. ж	I-IV	—	—	—	2,09 - 2,11	79,0-78,7	1,55	
Ответвительная анкерная для неоселенной местности ОА10-2ДД, рис. 2.2.16. з	I-IV	—	—	—	1,45 - 1,49	55,7-53,4	1,05	
То же для оселенной местности ОА10-3ДД, рис. 2.2.16. з	I-IV	—	—	—	1,45 - 1,49	58,1-55,8	1,05	

Тип и условное обозначение опоры	Район по голулу	Расчетные габаритные пролеты для проводов, м			Расход материалов			Масса опоры, т
		ПС25–ПС50	АС25–АС70	А25–А120	дерева, м ³	железобетона, м ³	стали, кг	
Деревянные опоры с железобетонными приставками:								
Промежуточная для ненаселенной местности П10–7ДБ, рис. 2.2.16. в	I, II	124 – 72	108 – 68	90 – 59	0,24–0,26		2,0	0,52
То же П10–8ДБ, рис. 2.2.16. г	I–III	143 – 62	135 – 62	119 – 62	0,26–0,29		10,4–11,5	0,65
То же для населенной местности П10–9ДБ, рис. 2.2.16. з	I–III	106 – 54	90 – 52	71 – 47	<u>0,26–0,29</u> 0,2		13,3–15,5	0,65
Угловая промежуточная для ненаселенной местности УП10–3ДБ, рис. 2.2.16. д	I–IV	—	—	—	<u>0,76–0,78</u> 0,29		36,2–39,2	1,37
То же для населенной местности УП10–4ДБ, рис. 2.2.16. д	I–IV	—	—	—	<u>0,76–0,78</u> 0,29		41,5–39,2	1,4
Концевая (анкерная) для ненаселенной местности АК10–3ДБ, рис. 2.2.16. е	I–IV	—	—	—	<u>0,92–0,94</u> 0,29		56,4–54,1	1,5
То же для населенной местности АК10–4ДБ, рис. 2.2.16. е	I–IV	—	—	—	<u>0,92–0,94</u> 0,29		50,2	1,5
Угловые анкерные на угол поворота до 90° для ненаселенной местности УА10–3ДБ, рис. 2.2.16. ж	I–IV	—	—	—	<u>1,41–1,43</u> 0,44		84,6–82,3	2,28
То же для населенной местности УА10–4ДБ, рис. 2.2.16. ж	I–IV	—	—	—	<u>1,41–1,43</u> 0,44		78,7	2,28
Ответственная анкерная для ненаселенной местности ОА10–3ДБ, рис. 2.2.16. з	I–IV	—	—	—	<u>1,0–1,04</u> 0,44		56,0–53,7	1,51
То же для населенной местности ОА10–4ДБ, рис. 2.2.16. з	I–IV	—	—	—	<u>1,0–1,04</u> 0,44		58,5–56,2	1,51

Примечания к таблице 2.2.4.: 1. Чертежи опор разработаны институтом «Сельэнергопроект»: деревянные опоры — типовой проект 3.407-85, 1974 г., железобетонные опоры — типовой проект 3.407-101, 1975 г. с изменениями согласно Директивному указанию «Сельэнергопроект» от 24.06.76 г. № 14/III и от 27.12.83 г. № 11/III, железобетонные приставки применяются по типовому проекту 3.407-57/72 и ГОСТ 14295-75*.

2. Деревянные опоры разработаны для I-IV районов по ветру, а железобетонные — для I-V районов по ветру, кроме опор типов П10-1Б и П10-2Б, которые рассчитаны для I-III районов по ветру.

3. Кроме приведенных в данной таблице опор в составе типового проекта 3.407-85 разработаны также:

серия повышенных переходных деревянных опор, аналогичных по конструкции и номенклатуре приведенным в настоящей таблице, но с применением стоек длиной 11 и 13 м (альбом V);

серия нормальных деревянных опор из целых бревен (без приставок) длиной 11 и 13 м (альбом III);

серия составных деревянных опор ВЛ 6-10 кВ с деревянными и железобетонными приставками для городских условий (альбом IV), конструкция и номенклатура которых соответствуют настоящей таблице, однако эти опоры рассчитаны на скоростной напор, равный 0,85 нормативного.

4. Для изготовления деревянных опор принимается пропитанный заводским способом сосновый лес по ГОСТ 20022.1-90 с изменениями № 2-5 от 26.12.84 г. II и III сортов. Допускается применение непропитанной лиственницы с толщиной заболони 20 мм при антисептической защите столба в зоне земля-воздух, а для стоек опор с приставками — пропитанной заводским способом ели.

5. По условиям прочности деревянных анкерных опор максимальное нормальное тяжение по проводам принимается не более 4500 Н.

На промежуточных опорах 6-10 кВ, проходящих по населенной местности, предусмотрено двойное крепление проводов на штыревых изоляторах, а на опорах анкерного типа — крепление проводов с помощью натяжных гирлянд из подвесных изоляторов типа ПС70-Д.

6. Опоры закрепляются в пробуренных котлованах диаметром 350 (450) мм для промежуточных опор и 650 (800) мм для анкерных опор в грунтах песчано-глинистого ряда.

В слабых грунтах для закрепления опор рекомендуется использовать ригели (плиты) и другие конструктивные решения, разработанные в типовом проекте 3.407-59/72. Допускаемый угол поворота стойки в грунте от нормативных нагрузок не должен превышать 0,02 радиана.

7. Для опор на деревянных приставках с проводами марок А70-А120, АС50, АС70, ПС35 и ПС50 составные опоры с креплением проводов на крюках не рекомендуются. Следует применять опоры с траверсой. Составные опоры с железобетонными приставками в IV районе по гололеду не рекомендуются.

8. Максимальный угол поворота для деревянных промежуточных угловых опор принимается:

90° для проводов А 25, А 35, АС 16, АС 25;

64° для проводов А50;

52° для проводов А 70, А 95, А 120, А 35, АС 50, АС 70;

56° для проводов ПСО 5, ПС 25, ПС 35 и ПС 50.

9. Применение проводов А 25, А 35 и АС 16 в III районе по гололеду и выше не допускается ввиду их недостаточной перегрузочной способности, а проводов ПСО 5 — во всех районах по гололеду.

10. Габаритные пролеты для опор анкерного типа принимаются в зависимости от типов смежных промежуточных опор.

11. Наибольшие нормативный скоростной напор ветра и толщина стенки гололеда принимаются, исходя из их повторяемости 1 раз в 10 лет.

12. Все металлические детали деревянных и железобетонных опор должны быть защищены от коррозии стойким антикоррозийным покрытием. Неиспользованные отверстия в деревянных деталях необходимо плотно заделать деревянными пробками на битуме.

13. Масса стали для железобетонных опор указана без арматуры железобетонных деталей.

Таблица 2.2.5. Унифицированные деревянные опоры 35 кВ

Тип и условное обозначение	Расчетные условия		Расчетные пролеты, м				Расход материалов	
	Провод Трос	Район по голо- леду	Габаритный		Вет- ро- вой	Ве- со- вой	дерева, м ³	стали, кг
			без тро- сов	с тро- сами			на приставках на сваях	без троса с тросом
Промежуточная од- ноцепная П-образ- ная свobodнoстоящая ПД35-1, рис.2.2.17 а	<u>АС 50/8</u> С 35	I	240	—	310	550	<u>2,2</u> <u>2,3</u>	<u>43</u> <u>51</u>
		II	185	—	230	365		
		III	140	—	180	235		
		IV	120	—	150	170		
	<u>АС 70/11</u> С 35	I	255	—	320	640		
		II	200	—	260	450		
		III	165	—	200	305		
		IV	135	—	170	220		
	<u>АС 95/16</u> С 35	I	275	—	340	640		
		II	240	—	280	555		
		III	180	—	230	385		
		IV	155	—	190	280		
	<u>АС 120/19</u> С 35	I	275	—	350	740		
		II	250	—	320	420		
		III	205	—	260	365		
		IV	175	—	220	245		
Промежуточная од- ноцепная П-образ- ная свobodнoстоящая ПД35-3, рис 2.2.17 а	<u>АС 150/24</u> С50	I	275	—	360	660	<u>2,6</u> <u>2,6</u>	<u>43</u> <u>51</u>
		II	265	—	330	505		
		III	220	—	280	325		
		IV	190	—	240	305		
То же, но без при- ставок или свай ПД35-5, рис. 2.2.17 б	<u>АС 50/8</u> С 35	I	245	—	310	550	<u>3,1</u> <u>3,2</u>	<u>31</u> <u>39</u>
		II	190	—	230	365		
		III	145	—	180	235		
		IV	120	—	150	170		
	<u>АС 70/11</u> С 35	I	260	205	320	640		
		II	205	170	260	450		
		III	165	140	305	305		
		IV	140	115	170	220		
	<u>АС 95/16</u> С 35	I	270	205	340	740		
		II	225	185	280	555		
		III	185	155	230	385		
		IV	155	130	190	290		

Продолжение таблицы 2.2.5.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия		Расчетные пролеты, м				Расход материалов	
	Провод Трос	Район по голо- леду	Габаритный		Вет- ро- вой	Ве- со- вой	дерева, м ³	стали, кг
			без тро- сов	с тро- сами			на приставках на сваях	без троса с тросом
	<u>АС 120/19</u> С 35	I	280	215	360	925		
		II	255	210	320	605		
		III	210	175	260	505		
		IV	180	150	220	350		
	<u>АС 150/24</u> С 35	I	280	215	360	915		
		II	270	215	330	540		
		III	230	190	280	455		
		IV	195	160	240	320		
Промежуточная од- ноцепная П-образная свободстоящая по- вышенная ПДС35-1, рис. 2.2.17. в	<u>А С50/8</u> С 35	I - IV	То же, что и для опор ПД35-1 и ПД35-3				Без троса	43
	<u>АС 150/24</u> С 50						3,0/3,1 С тросом 3,3/3,4	
Промежуточная од- ноцепная П-образ- ная свободстоя- щая повышенная из лиственницы зимней рубки ПДС35-5, рис. 2.2.17. г	<u>АС 50/8</u> С 35	I	275	235	310	550	3,3 3,4	48 63
		II	210	180	230	365		
		III	165	135	180	235		
		IV	135	115	150	170		
	<u>АС 70/11</u> С 35	I	290	250	320	640		
		II	230	195	260	450		
		III	185	160	200	305		
		IV	155	130	170	220		
	<u>АС 95/16</u> С 35	I	300	255	340	740		
		II	250	215	280	555		
		III	205	175	230	385		
		IV	175	150	190	280		
<u>АС 120/19</u> С 35	I	320	270	335	925			
	II	285	245	320	610			
	III	235	200	260	385			
	IV	220	170	220	270			
<u>АС 150/24</u> С 50	I	320	270	360	1020	3,8 3,8	55 63	
	II	300	260	330	710			
	III	255	220	280	460			
	IV	215	190	240	320			

Продолжение таблицы 2.2.5.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия		Расчетные пролеты, м				Расход материалов	
	Провод Трос	Район по голо- леду	Габаритный		Вет- ро- вой	Ве- со- вой	дерева, м ³	стали, кг
			без трос- ов	с трос- сами			на приставках на сваях	без троса с тросом
Промежуточная од- ноцепная П-образная свободстоящая по- вышенная без троса ПДС35–11, рис. 2.2.17. д	АС 50/8	I	—	—	310	550	1,7 1,7	31 31
		II	—	—	230	365		
		III	—	—	180	235		
		IV	—	—	170	220		
	АС 96/16	I	—	—	340	740		
		II	—	—	280	555		
		III	—	—	230	385		
		IV	—	—	190	265		
	АС 120/19	I	—	—	310	925		
		II	—	—	310	570		
		III	—	—	260	370		
		IV	—	—	220	245		
	АС 150/24	I	—	—	280	860		
		II	—	—	280	505		
		III	—	—	280	325		
		IV	—	—	230	230		

Примечания: 1. Опоры разработаны Украинским отделением «Энергосетьпроект» в 1969 г. для I–V районов по ветру. 2. Для опор используется сосна второго сорта ГОСТ 9463 – 88 с заводской пропиткой или непропитанная лиственница зимней рубки. 3. Разрешается изменение диаметров деталей опор до +2 см. 4. Все металлические детали должны быть защищены от коррозии. 5. Все отверстия в деревянных деталях следует сверлить по месту. Неиспользованные отверстия следует плотно заделывать деревянными пробками на битуме. 6. Опора с тросами выполняется на базе опоры без тросов понижением траверсы на 2 м и установкой тросодержателей. 7. Для ВЛ 35 кВ разработаны деревянные упрощенные одноцепные опоры (инв. N 5293 ТМ института «Энергосетьпроект») по типовому проекту № 407–4–40 для временной установки на ВЛ. 8. При установке опор ПД35–1, ПД35–3, ПД35–5, ПДС35–1 в IV районе по гололеду диаметр траверсы следует увеличить на 2 см против указанного на чертеже. При установке опор ПД35–1 и ПД35–3 в V районе по ветру для соединения стойки с приставкой или сваей требуются три болта диаметром 24 мм. 9. Ветровые пролеты для опоры ПД35–1 в IV и V районах по ветру при подвеске провода АС 120/19 в I и II районах по гололеду, для опоры ПД35–5 в V районе по ветру и в I районе по гололеду, а также опоры ПД35–5 в V районе по ветру и I районе по гололеду при подвеске провода АС 150/24 должны быть снижены на 10%. 10. При применении опоры ПДС35–1 на ВЛ с проводами АС 50 — АС 120 диаметры деталей опор могут быть уменьшены на 2 см, а расход древесины — соответственно на 0,5 м³. 11. Ветровые и весовые пролеты даны для опор без тросов при их закреплении в средних грунтах. Для слабых грунтов крепление опор в грунте должно быть усилено. 12. ветровые пролеты для опор ПДС35–11, отмеченные звездочкой, приведены для I и II районов по ветру, в III и V районах по ветру ветровые пролеты должны быть уменьшены. 13. В условных обозначениях сталеалюминиевых проводов цифры означают номинальное сечение алюминиевой части провода (числитель) и сердечника (знаменатель). [Л. 126. с.370]

3. Унифицированные деревянные опоры ВЛ 0,4 и 6 – 10 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра (типовой проект 3.407 –118, вып. 1 и 2)

Опоры предназначены для установки на ВЛ 0,4 кВ в I–VII районах по ветру с толщиной стенки гололеда от 5 до 40 мм, т.е. для особо гололедных районов с повышенной скоростью ветра при температуре воздуха от –40 до +40°С. Максимальные нормальные нагрузки от давления ветра и от гололеда приняты с повторяемостью 1 раз в 5 лет.

В проекте разработаны цельностоечные и составные конструкции промежуточных и перекрестных опор нормального и повышенного габаритов, угловых промежуточных, концевых, анкерных и ответвительных опор. Схемы опор приведены на рис. 2.2.19.

Опоры предназначены для подвески пяти проводов электросети 0,4 кВ и двух или четырех проводов радиосети в районах со стенкой гололеда от 5 до 40 мм, а также для подвески восьми проводов электросети 0,4 кВ и двух проводов радиосети в районах со стенкой гололеда от 5 до 40 мм.

Для нормальных опор из цельного леса используются стойки длиной 9,5 и 11 м, а для составных — 8,5; 7,5 и 6,5 м в сочетании с железобетонными или деревянными приставками.

Конструкции опор разработаны для подвески алюминиевых проводов марок А 16 – А 70, сталеалюминиевых марок АС 16 – АС 50, стальных однопроволочных и стальных многопроволочных марки ПС 25.

При этом учтена возможность подвески до четырех однопроволочных стальных проводов радиосвязи на опорах с пятью проводами электросети и двух проводов радиосети на опорах с восемью проводами электросети.

4. Унифицированные деревянные опоры ВЛ для совместной подвески проводов 0,4 и 6 – 10 кВ (типовой проект 3.407–92)

Опоры предназначены для строительства ВЛ с совместной подвеской проводов 0,4 и 6 –10 кВ в I – VI районах по ветру, а также в I – IV и особом районах по гололеду, при толщине стенок гололеда в 5, 10, 15, 20 мм, при повторяемости 1 раз в 10 лет.

Опоры предназначаются для подвески трех алюминиевых проводов марок А 25 – А 70, сталеалюминиевых проводов марок АС 25 – АС 50 и стального провода марки ПС 25 для напряжения 6 – 10 кВ и пяти алюминиевых проводов марок А 25 – А 50, сталеалюминиевых проводов марок АС 16 – АС 50 и стальных проводов марок ПСТ 4 и ПС 25 для напряжения 0,4 кВ.

Стойки, подкосы и приставки выполняются из сосны, антисептированной заводским способом. При длине стоек 9,5 и 13 м диаметр в верхнем отрубе должен быть 16, 18, 20 и 22 см, при длине подкосов 7,5 и 11 м диаметр в верхнем отрубе должен быть 18 или 20 см. Приставка длиной 4,5 м должна иметь в верхнем отрубе диаметр 20 или 22 см.

Опоры могут устанавливаться также на железобетонных приставках типа ПТ–4,0–4,5 м, изготовленных из бетона марки 300. Для металлических болтов и деталей применяются сталь марки ВМ Ст3 полуспокойная, спокойная и кипящая в зависимости от расчетной наружной температуры района установки опор.

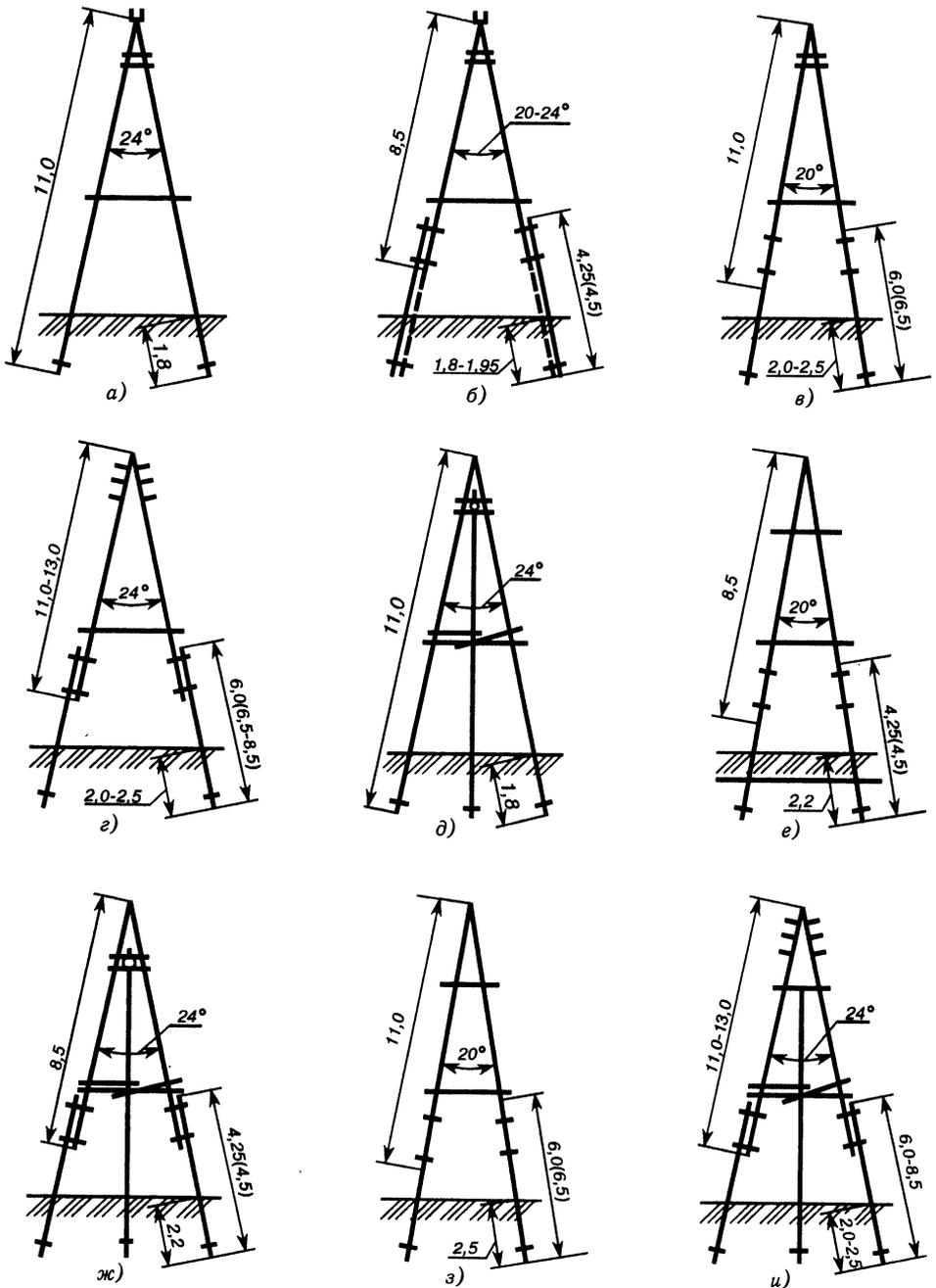


Рис. 2.2.18 Схемы деревянных опор конечных, анкерных и угловых повышенных по типовому проекту 3.407-85.

Опоры анкерные, конечные нормальные из целых столбов: а — АК10-1Д; то же составные: б — АК10-ЗДБ, К10-10ДД, К10-10ДБ и АК10-2ДД; опоры повышенные составные: в — АП10-10ДД и АП10-10ДБ; г — ПАК10-1ДД, ПАК10-1ДБ, ПАК10-2ДБ и ПАК10-3ДД; опоры угловые анкерные из целых столбов: д — УА10-1Д; то же составные: е — УА10-10ДД и УА10-ДБ; ж — УА10-2ДД, УА10-ЗДБ; повышенные составные: з — УАП10-10ДД и УАП10-10ДБ; и — ПУА10-1ДД, ПУА10-1ДБ.

На рис. 2.2.28 и 2.2.29 приведены схемы опор для совместной подвески проводов ВЛ 0,4 и 10 кВ по типовому проекту 3.407-92.

Провода на промежуточных и угловых промежуточных опорах крепятся на штыревых изоляторах, а на анкерных и концевых опорах — на натяжных гирляндах тарельчатых изоляторов.

5. Деревянные опоры ВЛ до 1 и 6-10 кВ для районов вечной мерзлоты (типовой проект 3.407-80М)

Опоры применяются в районах северной строительной-климатической зоны в I-IV районах по скоростному напору ветра и гололеду и расчетной температуре воздуха от -60 до $+35^{\circ}\text{C}$.

В проекте приведены опоры следующих типов: промежуточные, угловые промежуточные, анкерные, концевые, угловые анкерные и ответвительные. Для ВЛ до 1 кВ разработаны также перекрестные и повышенные опоры.

Все типы опор в проекте разработаны в модификациях:

составные деревянные опоры на деревянных приставках, устанавливаемые в сверленные котлованы (опоры на ростверке);

составные деревянные опоры на деревянных или железобетонных приставках, устанавливаемые в открытые котлованы;

цельностоечные опоры из длинномерного леса.

Значения нормативных нагрузок от давления ветра и гололеда принимаются с повторяемостью 1 раз в 5 лет для ВЛ до 1 кВ и 1 раз в 10 лет для ВЛ 6-10 кВ.

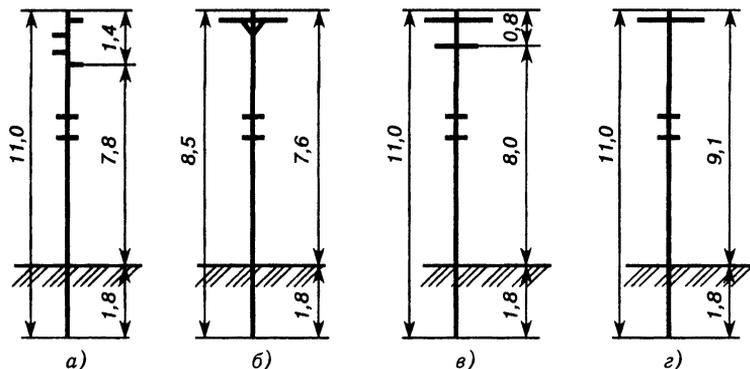


Рис. 2.2.19. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407-118.

Опоры промежуточные из целых столбов нормальные: а — ПН-5Д и ПKN-5Д;
б — то же ПН-6Д; повышенные; в — ПН-7Д и з — ППН-6Д.

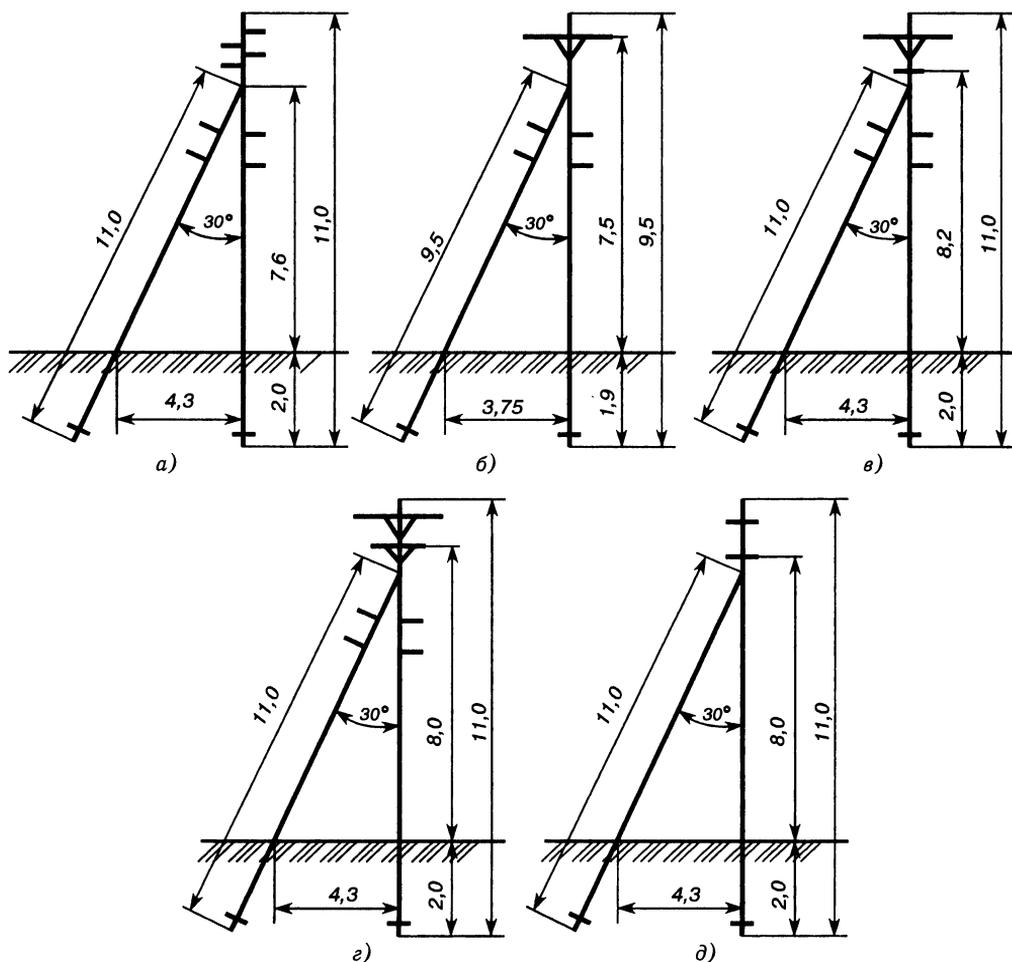


Рис. 2.2.20. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407–118.

Опоры анкерные, концевые и ответвительные из целых столбов: а — УПН-5Д, АКН-5Д, УАН-5Д и ОАН-5Д; б — УПН-6Д, УАН-6Д и АКН-6Д; в — ОАН-6Д; г — УПН-7Д и УАН-7Д; д — АКН-7Д.

В качестве материала для опор и деревянных приставок применяется неантисептированная лиственница, а также сосна, антисептированная заводским способом.

Железобетонные приставки изготавливаются из бетона марки 300. По морозостойкости марка бетона должна быть не ниже 200.

Опоры для ВЛ до 1 кВ рассчитаны на подвеску алюминиевых проводов марок А25 – А50, сталеалюминиевых проводов марок АС16 – АС25, стальных проводов марок ПСТ4 и ПСТ5. Опоры для ВЛ 6–10 кВ рассчитаны на подвеску алюминиевых проводов марок А50 – А120, сталеалюминиевых проводов марок АС25 – АС50 и стального провода марки ПС25.

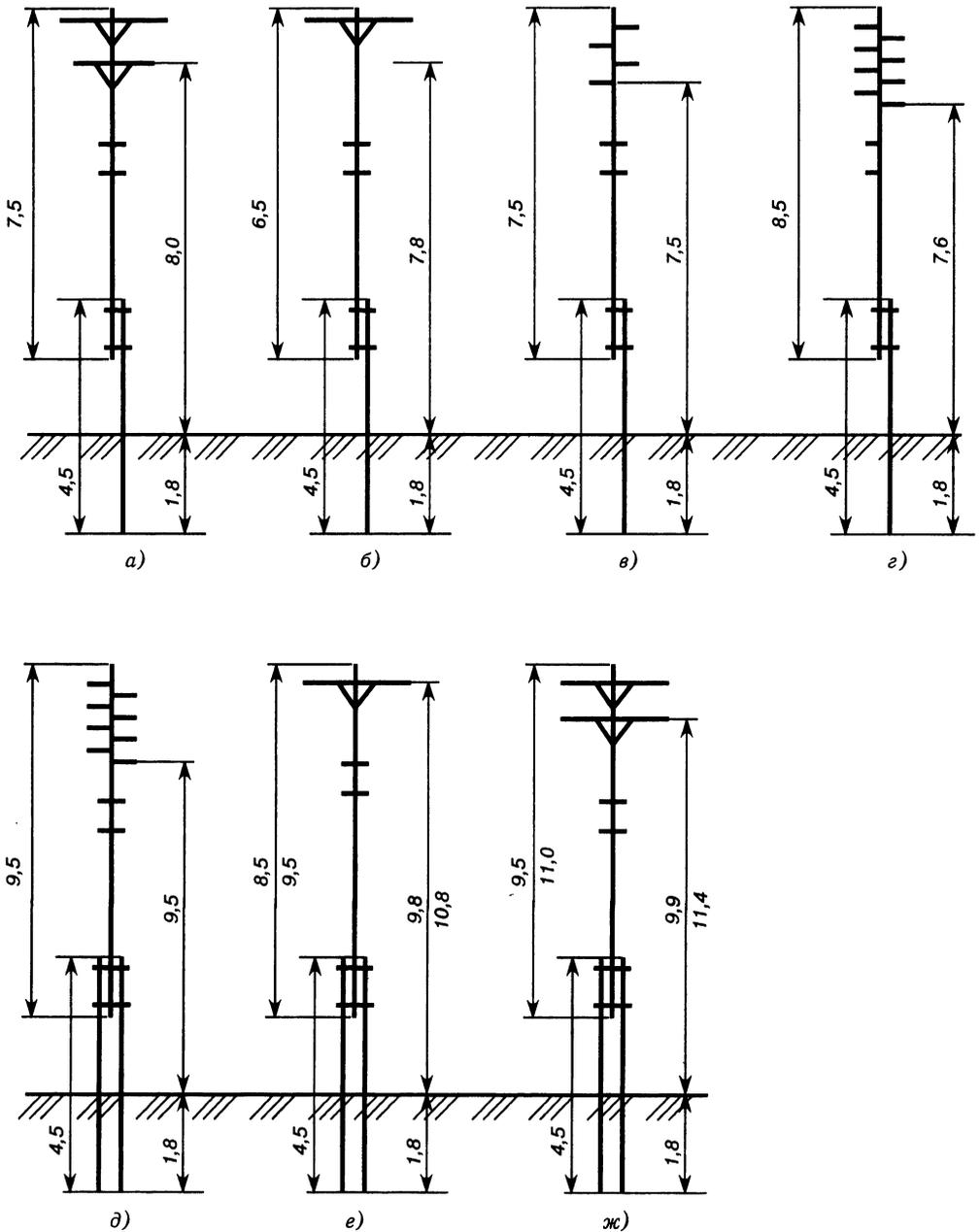


Рис. 2.2.21. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407-118.

Опоры промежуточные с деревянными приставками нормальные: а — ПН-9ДД; б — ПН-8ДД; в — ПН-7ДД и ПKN-7ДД; г — ПН-10ДД и ПKN-10ДД; то же повышенные: д — ППН-7ДД; е — ППН-8ДД и ППН-11ДД; ж — ППН-9ДД и ППН-12ДД.

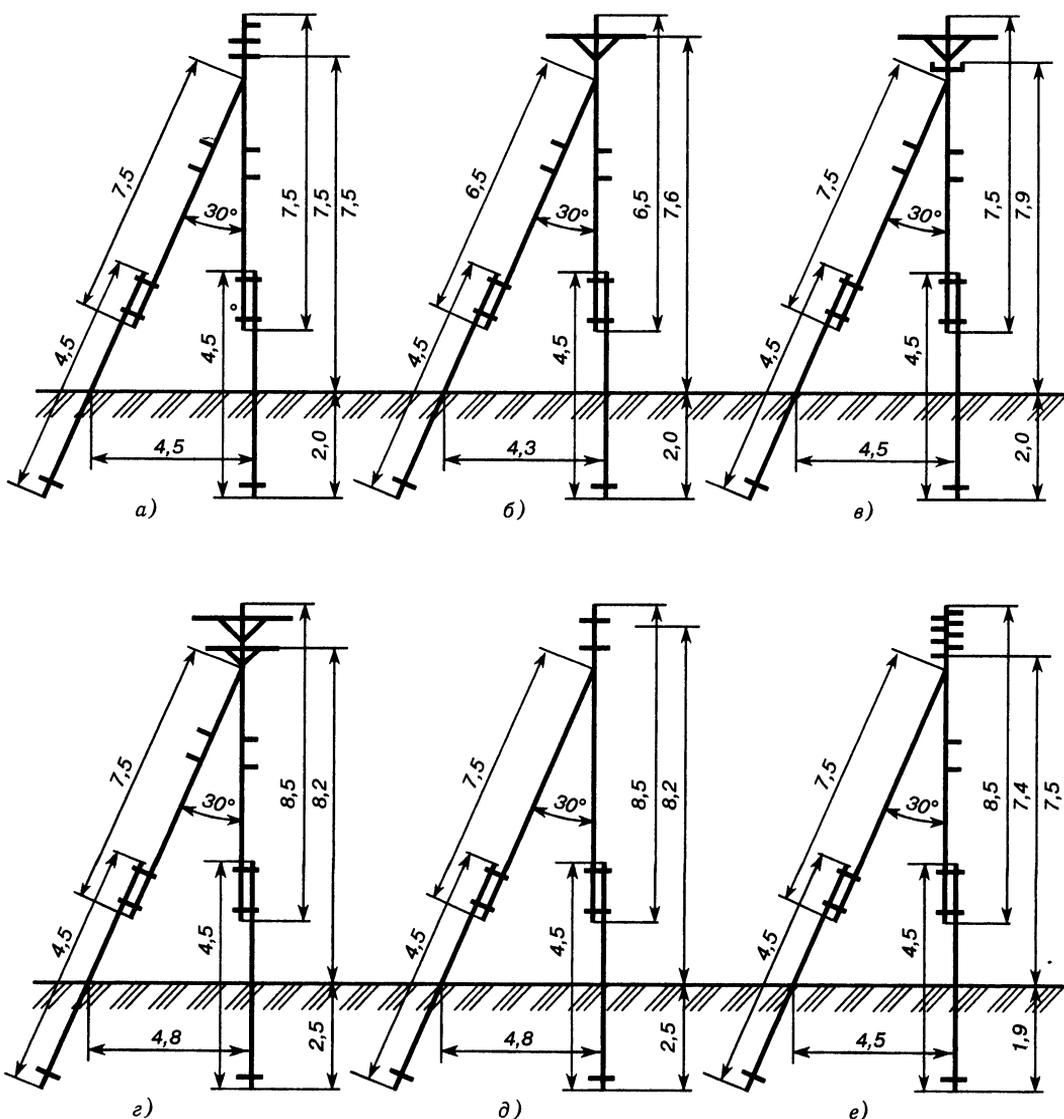


Рис. 2.2.22. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407–118.

Опоры анкерные, концевые, угловые и ответвительные с деревянными приставками: а — УПН–7ДД; АКН–7ДД, УАН–7ДД и ОАН–7ДД; б — УПН–8ДД, УАН–8ДД и АКН–8ДД; в — ОАН–8ДД; г — УПН–9ДД; д — АКН–9ДД; е — УПН–10ДД, УАН–10ДД, АКН–10ДД и ОАН–10ДД.

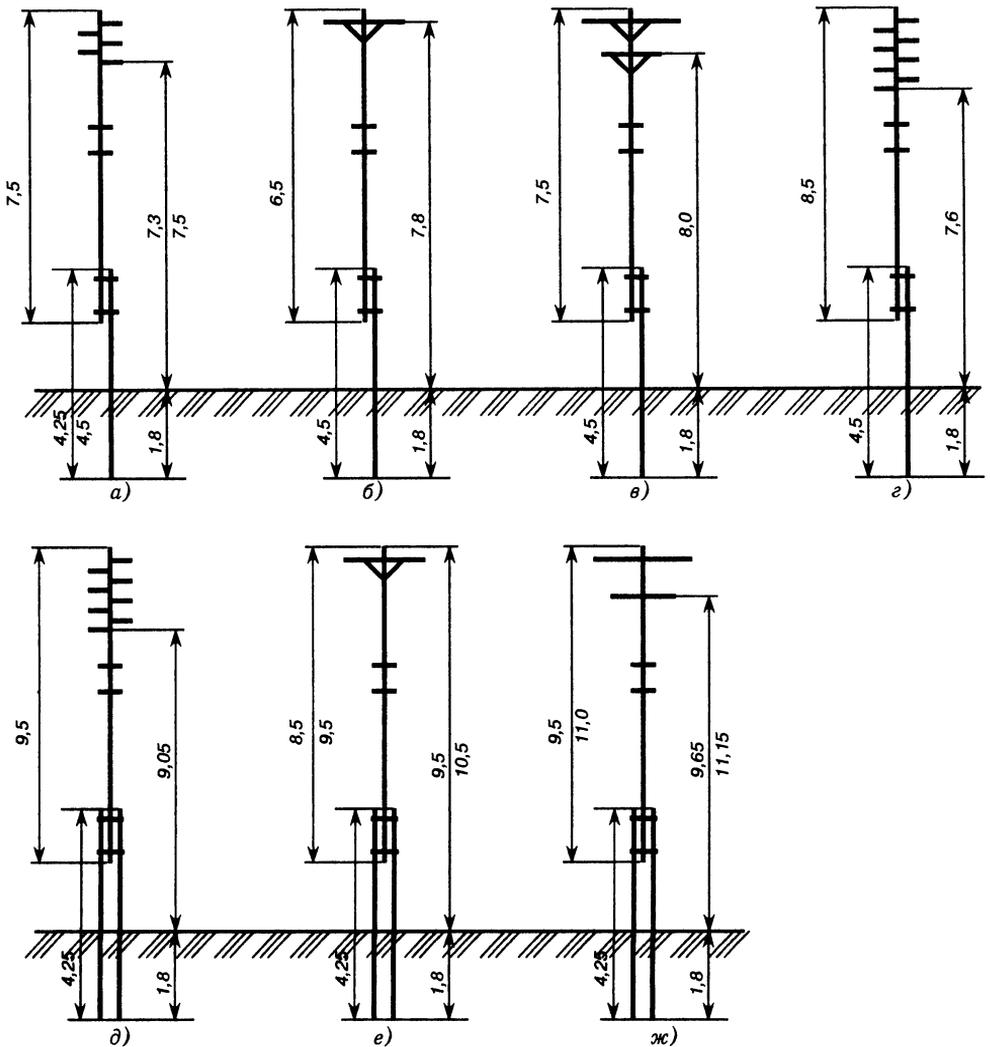


Рис. 2.2.23. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407-85.

Опоры промежуточные с железобетонными приставками нормальные: а — ПН-7ДБ и ПКН-7ДБ; б — ПН-8ДБ; в — ПН-9ДБ; г — ПН-10ДБ и ПКН-10ДБ; то же повышенные: д — ППН-7ДБ; е — ППН-8ДБ и ППН-11ДБ; ж — ППН-9ДБ и ППН-12ДБ.

В табл. 2.2.6. приводятся размеры и расход материалов на опоры, а на рис. 2.2.30. — 2.2.36. даны схемы опор.

Крепление проводов на опорах принято для ВЛ 0,4 кВ на штыревых изоляторах, для ВЛ 6-10 кВ к промежуточным опорам — на штыревых изоляторах и к анкерным опорам — на натяжных гирляндах изоляторов.

Глубина сезонно-оттаивающего слоя грунта и величина заглубления опор в вечномёрзлый грунт определяется по таблицам в соответствии с данными

мерзлотно-грунтовых изысканий трассы ВЛ.

Длина стоек цельностоечных опор и приставок составных опор определяется по таблицам привязки типового проекта к мерзлотно-грунтовым условиям трассы ВЛ.

Таблица 2.2.6. Расход материалов и размеры на опоры по типовому проекту 3.407–80М

Шифр опоры	Номер рисунка	Размеры, м						Расход материала		
		<i>H</i>	<i>H_Г</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	дерева, м ³	металла, кг	железобетона, м ³
<u>Промежуточные опоры</u>										
Па-1с	2.2.30. а	8,40	7,40	7,50	2,20	—	—	0,61	17,06	—
Па-1с-1	2.2.30. б	8,40	7,40	11,00	—	—	—	0,47	2,33	—
Па-1с-2	2.2.30. а	8,40	7,40	7,50	2,20	—	—	0,52	19,39	—
Па-1с-3	2.2.30. а	8,40	7,40	7,50	2,20	—	—	0,28	16,32	0,15
Пб-1с	2.2.30. а	10,50	8,30	9,50	2,30	—	—	0,85	17,06	—
Пб-1с-1	2.2.30. б	10,50	8,30	11,00	—	—	—	0,80	2,45	—
Пб-1с-2	2.2.30. а	10,50	8,30	9,50	2,30	—	—	0,85	19,51	—
Пб-1с-3	2.2.30. а	10,50	8,30	9,50	2,30	—	—	0,42	16,32	0,16
<u>Угловые промежуточные опоры</u>										
УПб-1с	2.2.31. а	9,80	8,30	8,50	1,50	2,90	—	1,58	49,64	—
УПб-1с-1	2.2.31. б	9,80	8,30	13,00	—	4,00	—	1,23	27,58	—
УПб-1с-2	2.2.31. в	9,80	8,30	8,50	3,50	4,50	—	1,41	61,60	—
УПб-1с-3	2.2.31. в	9,80	8,30	8,50	3,50	4,50	—	0,76	55,64	0,59
<u>Анкерные (концевые) опоры</u>										
Аб-1с	2.2.32. а	9,80	8,30	8,50	1,50	2,90	—	1,57	72,74	—
Аб-1с-1	2.2.32. б	9,80	8,30	13,00	—	4,00	—	1,27	50,68	—
Аб-1с-2	2.2.32. в	9,80	8,30	8,50	3,50	4,50	—	1,40	74,80	—
Аб-1с-3	2.2.32. в	9,80	8,30	8,50	3,50	4,00	—	0,75	79,03	0,59
<u>Ответвительные опоры</u>										
ОКб-1с	2.2.33. а	10,80	9,30	9,50	1,50	3,30	—	1,79	75,15	—
ОКб-1с-1	2.2.33. б	10,80	9,30	13,00	—	4,50	—	1,37	54,60	—
ОКб-1с-2	2.2.33. в	10,80	9,30	9,50	3,50	5,00	—	1,60	87,61	—
ОКб-1с-3	2.2.33. в	10,80	9,30	9,50	3,50	4,60	—	1,00	86,54	0,59
<u>Угловые анкерные опоры</u>										
УАб-1с	2.2.34. а	9,80	8,30	8,50	1,50	2,90	3,70	2,92	169,20	—
УАб-1с-1	2.2.34. б	9,80	8,30	13,00	—	4,00	5,70	2,07	134,88	—

Примечание. Опоры Па-1с разработаны для 0,4 кВ, а остальные типы опор — для ВЛ 6–10 кВ.

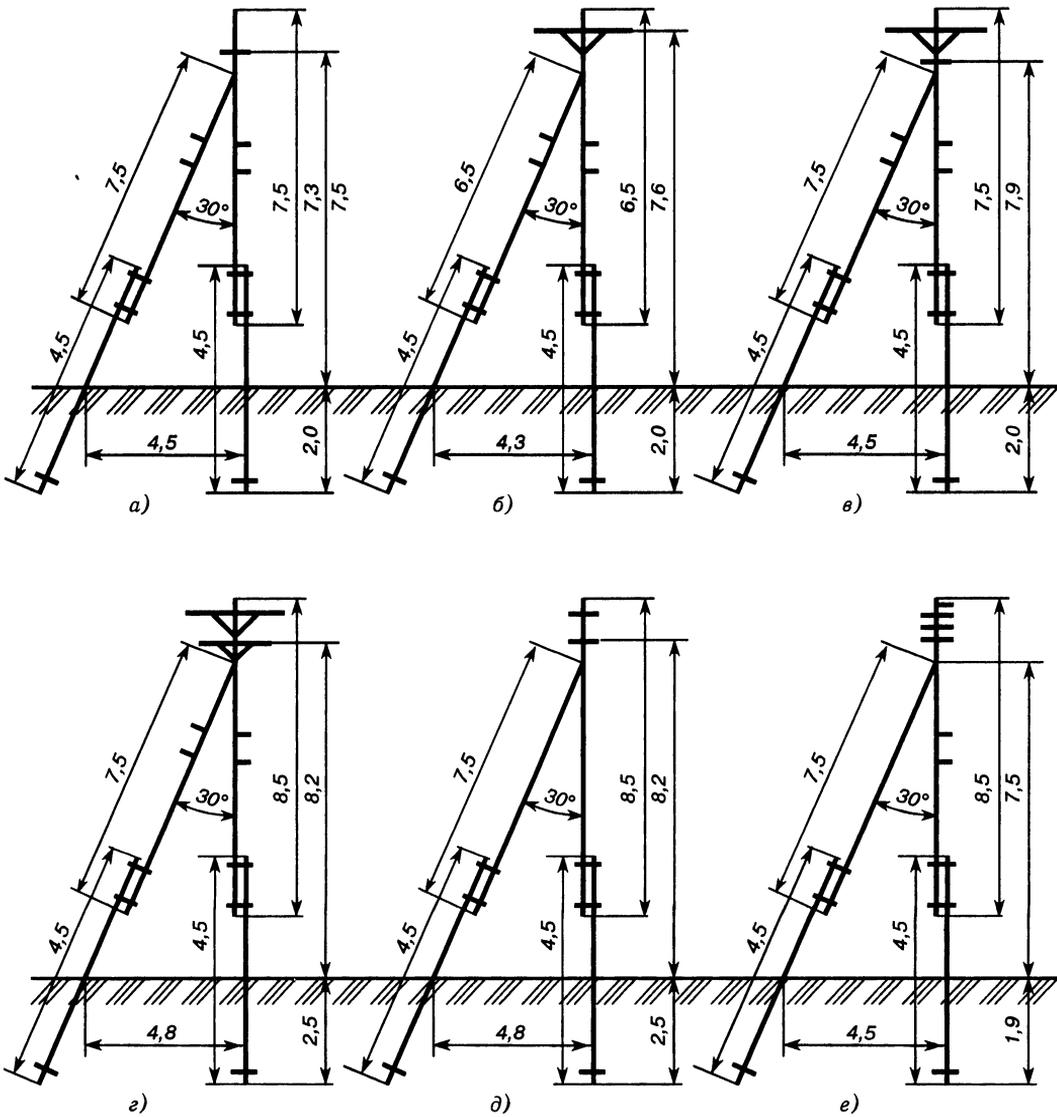


Рис. 2.2.24. Схемы деревянных опор ВЛ 0,4 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407-85.

Опоры анкерные, концевые и ответвительные с железобетонными приставками: а — УПН-7ДБ, АКН-7ДБ, УАН-7ДБ и ОАН-7ДБ; б — УПН-8ДБ, УАН-8ДБ и АКН-8ДБ; в — ОАН-8ДБ; г — УПН-9ДБ и УАН-9ДБ; д — АКН-9ДБ; е — УПН-10ДБ, УАН-10ДБ, АКН-10ДБ и ОАН-10ДБ.

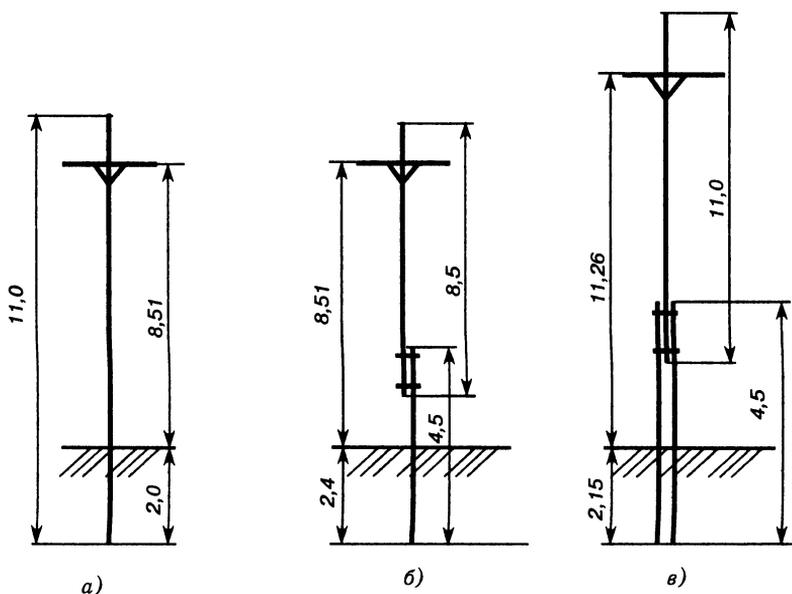


Рис.2.2.25. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407–85.

Опоры промежуточные из целых столбов: а — П10г–16Д; П10г–18Д, П10г–20Д и П10г–22Д; составные: б — П10г–16ДБ, П10г–18ДБ, П10г–20ДБ и П10г–22ДБ; в — повышенная составная ПП10г–ДБ.

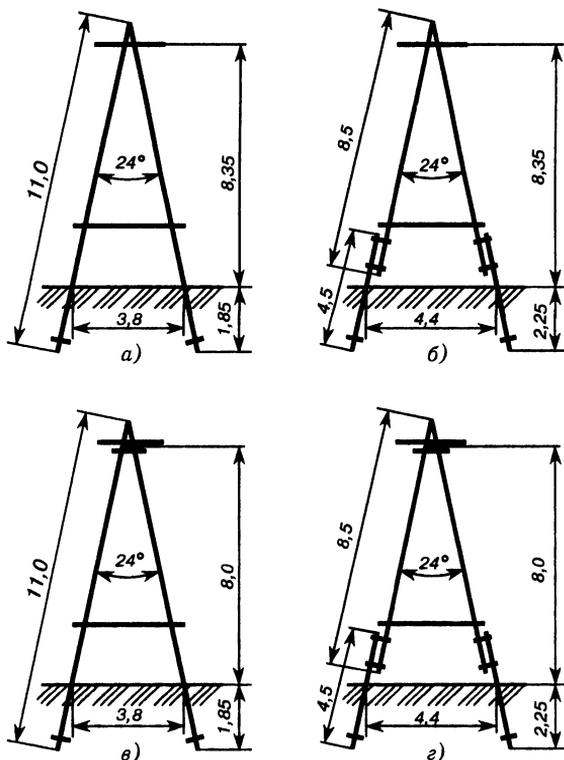


Рис.2.2.26. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407–85.

Опоры угловые промежуточные и ответвительные из целых столбов: а — УП10г–Д; б — составная УП10г–ДБ; в — ответвительная из целых столбов ОА10г–Д; г — составная ОА10г–ДБ.

6. Деревянные опоры ВЛ 6–10 кВ для переходов через инженерные сооружения в районах вечной мерзлоты (типовой проект 3.407–88М).

Опоры предназначены для применения в районах северной строительно-климатической зоны в I–IV районах по ветру и гололеду и при температуре воздуха от -60 до $+35^{\circ}\text{C}$.

Опоры повышенные для ВЛ 6–10 кВ разработаны следующих типов: промежуточные, анкерные (концевые), ответвительные и угловые анкерные.

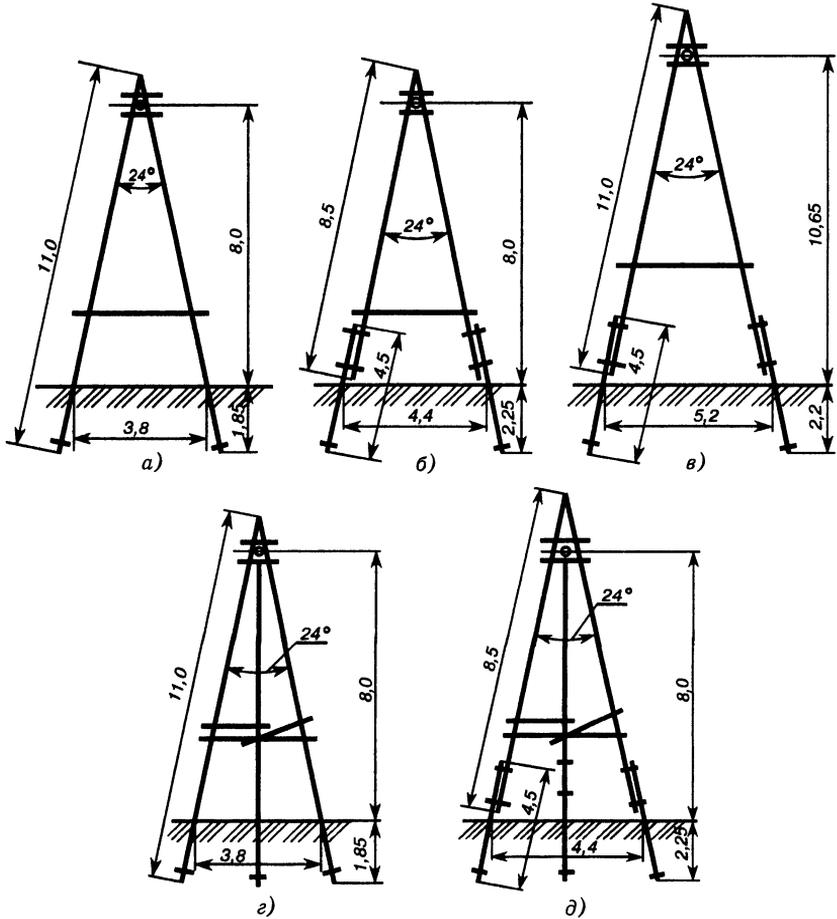


Рис. 2.2.27. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для особо гололедных районов с повышенными скоростями ветра по типовому проекту 3.407–85.

Опоры анкерные, концевые, анкерные угловые, анкерные концевые; а — из целых столбов К10Г–Д; б — составная К10Г–ДБ; в — анкерная повышенная составная АП10Г–ДБ; г — угловая анкерная из целых столбов УА10Г–Д; д — составная УП10Г–ДБ.

Все типы опор имеют следующие модификации:

составные деревянные опоры на деревянных приставках, устанавливаемые в сверленные котлованы;

составные деревянные опоры на деревянных или железобетонных приставках, устанавливаемые в открытые котлованы;

цельностоечные опоры из длиномерного леса.

Максимальные нормативные нагрузки от давления ветра и от гололеда приняты повторяемостью 1 раз в 10 лет.

В качестве материала для опор и деревянных приставок принята непросушенная лиственница или пропитанная в заводских условиях сосна. Железобетонные приставки изготавливаются из тяжелого бетона марки 300. По морозостойкости марка бетона должна быть не менее 200.

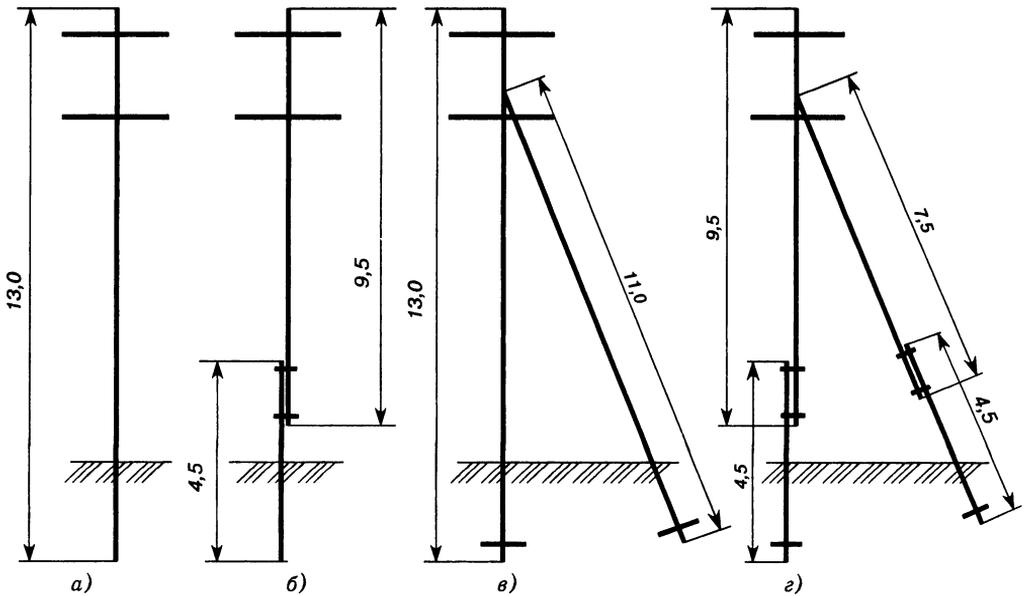


Рис. 2.2.28. Схемы деревянных опор для совместной подвески проводов ВЛ 0,4 и 10 кВ по типовому проекту 3.407–92.

Опоры промежуточные: а — ПС-2Д; б — ПС-2ДД и ПС-ДБ; в — ПС-1Д и ПС-1ДД (ПС-1ДБ);
угловые: з — УС-2Д, УС-2ДД, УС-2ДБ, УС-1Д и УС-1ДД (1ДБ).

Опоры рассчитаны на подвеску проводов: стальных многопроволочных марки ПС25, сталеалюминиевых марок АС25 — АС70 и алюминиевого А50 — А120.

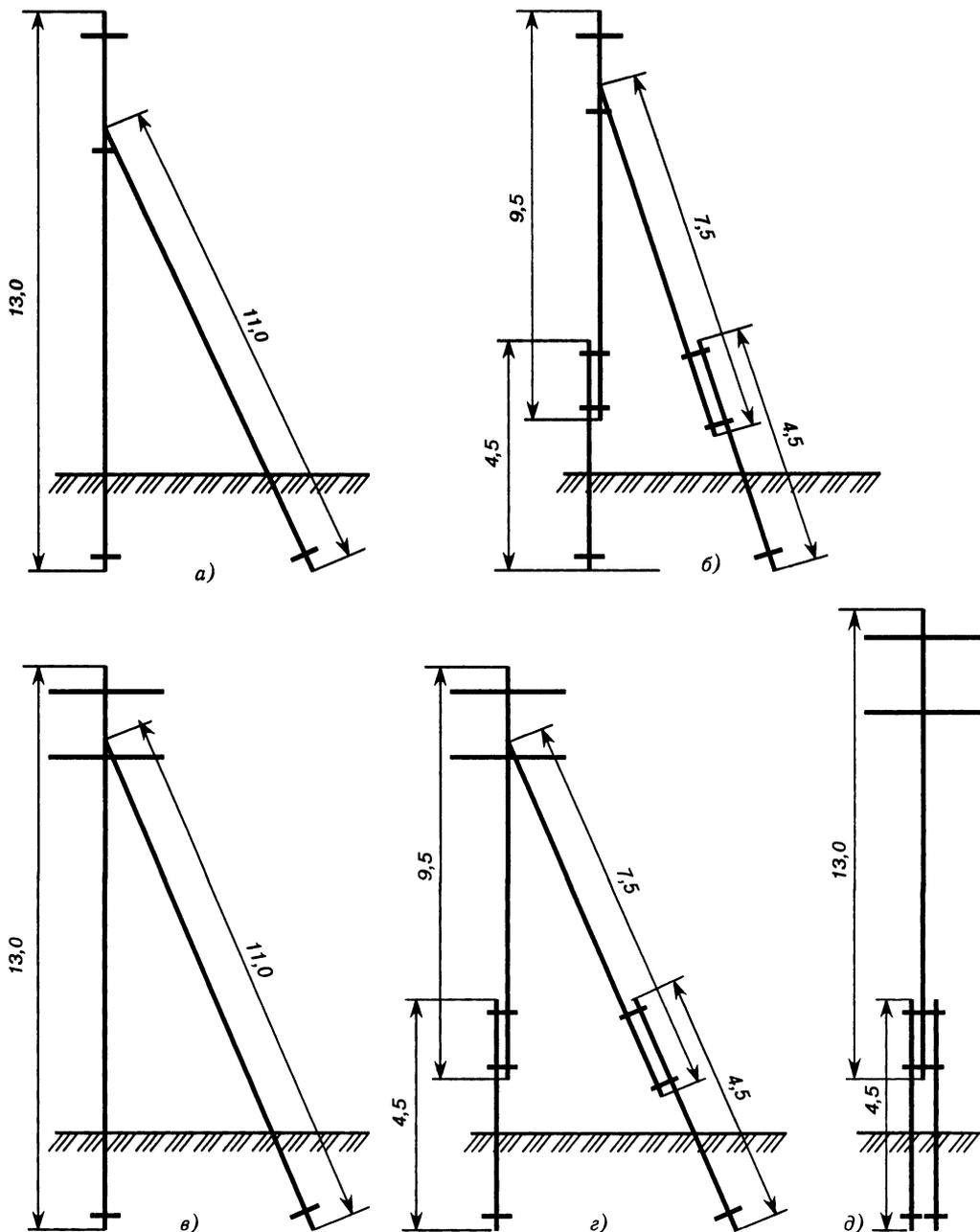


Рис. 2.2.29. Схемы деревянных опор для совместной подвески проводов ВЛ 0,4 и 10 кВ по типовому проекту 3.407-92.

Опоры концевые: а — КС-2Д; б — КС-2ДД и КС-2ДБ; в — КС-1Д и КС-1ДД (КС-1ДБ);
ответвительные: г — ОС-2Д, ОС-2ДБ и ОС-2ДД; переходные: д — ПСП-2ДД (ПСП-2ДБ).

В табл. 2.2.7. даны размеры и расход материалов по типам опор, а на рис. 2.2.35 ... 2.2.38 — схемы принятых в проекте опор.

Таблица 2.2.7. Расход материалов и размеры на опоры по типовому проекту 3.407–88М

Шифр опоры	Номер рисунка	Размеры, м						Расход материала		
		H	H_T	A	a	b	c	дерева, м ³	металла, кг	железо-бетона, м ³
Промежуточные опоры										
ПП6–1с	2.2.35. а	—	10,60	9,50	2,30	—	—	1,07	23,67	—
ПП6–1с-1	2.2.35. б	—	10,60	11,00	—	—	—	0,98	7,52	—
ПП6–1с-2	2.2.35. в	—	10,60	9,50	2,30	—	—	1,04	19,00	—
ПП6–1с-3	2.2.35. в	—	10,60	9,50	2,80	—	—	0,48	28,10	0,28
Анкерные опоры										
АП6–1с	2.2.36. а	11,70	10,20	11,00	0,80	3,60	—	2,80	83,00	—
АП6–1с-1	2.2.36. б	11,70	10,20	13,00	—	5,00	—	2,31	56,00	—
АП6–1с-2	2.2.36. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,58	—	2,44	90,83	—
АП6–1с-3	2.2.36. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,00	—	1,41	84,44	0,57
Ответвительные опоры										
ОП6–1с	2.2.37. а	11,70	10,20	11,00	0,80	3,60	—	3,10	87,71	—
ОП6–1с-1	2.2.37. б	11,70	10,20	13,00	—	5,00	—	2,41	62,18	—
ОП6–1с-2	2.2.37. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,58	—	2,75	96,30	—
ОП6–1с-3	2.2.37. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,00	—	1,61	89,92	0,57
Угловые опоры										
УАП6–1с	2.2.38. а	11,70	10,20	11,00	0,80	3,60	5,50	5,30	191,26	—
УАП6–1с-1	2.2.38. б	11,70	10,20	13,00	—	5,00	6,70	3,45	142,79	—
УАП6–1с-2	2.2.38. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,60	6,70	3,85	198,90	—
УАП6–1с-3	2.2.38. в	11,70	10,20	11,00	0,80	5,00	6,70	2,28	183,62	0,86

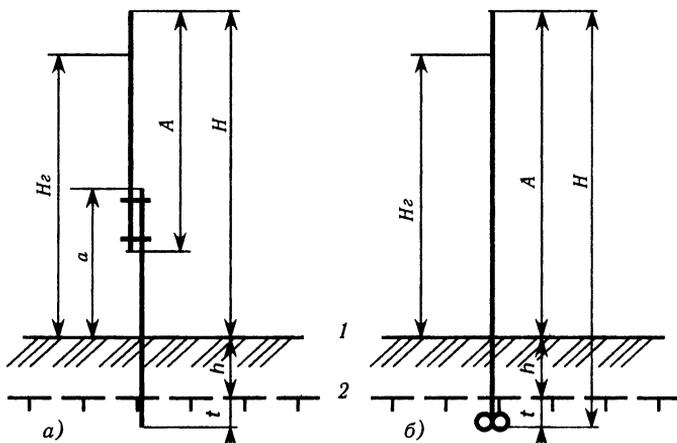


Рис. 2.2.30. Схемы деревянных опор ВЛ 1; 6–10 кВ для района вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–80М. Опоры промежуточные.
1 — сезонно-оттаивающий слой;
2 — вечномерзлый грунт.

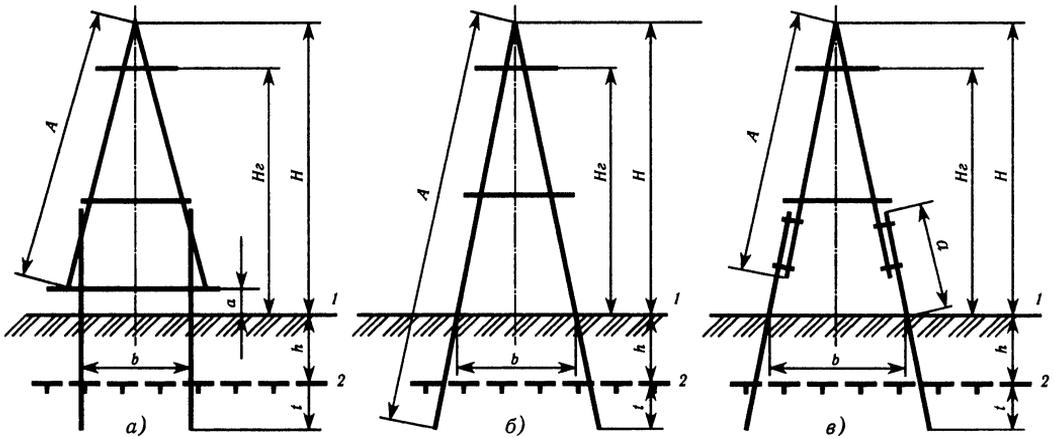


Рис. 2.2.31. Схемы деревянных опор ВЛ 1; 6–10 кВ для района вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–80М. Опоры угловые промежуточные.

1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

Крепление проводов к опорам принято для ВЛ 6–10 кВ к промежуточным опорам — на штыревых изоляторах и к анкерным опорам — на натяжных гирляндах изоляторов.

Глубина сезонно-оттаивающего грунта h и заглубление опоры в вечномёрзлый грунт t определяются по данным мерзлотно-грунтовых условий трассы ВЛ.

Длины цельностоечных опор и приставок составных опор определяются по таблицам привязки типового проекта к мерзлотно-грунтовым условиям трассы ВЛ.

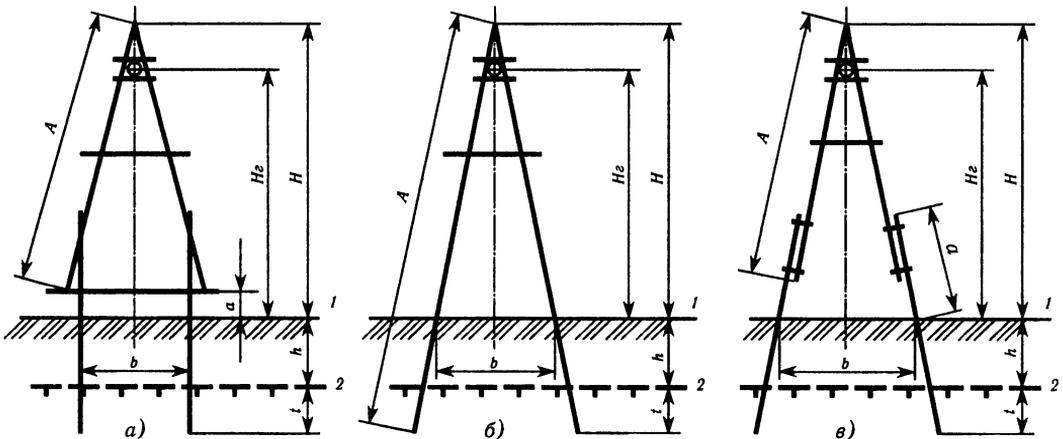


Рис. 2.2.32. Схемы деревянных опор ВЛ 1; 6–10 кВ для района вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–80М. Опоры анкерные (концевые).

1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

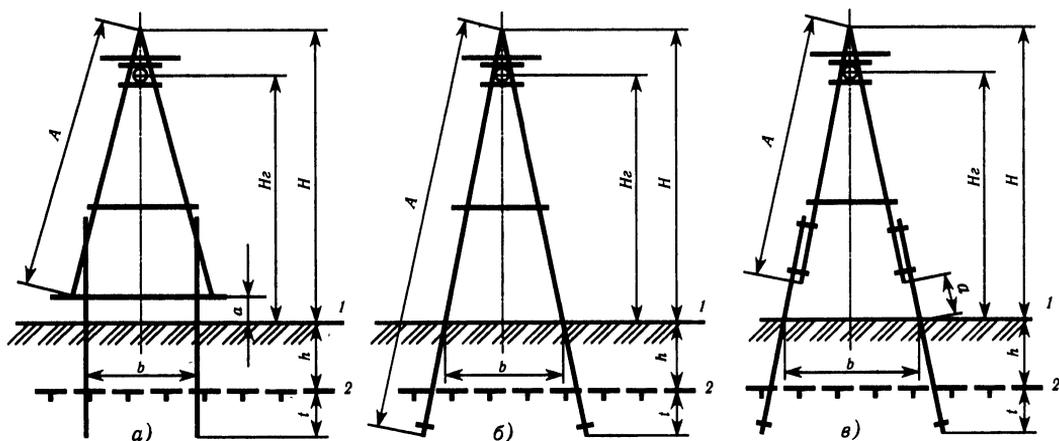


Рис. 2.2.33. Схемы деревянных опор ВЛ 1; 6–10 кВ для района вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–80М. Опоры ответвительные.
1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

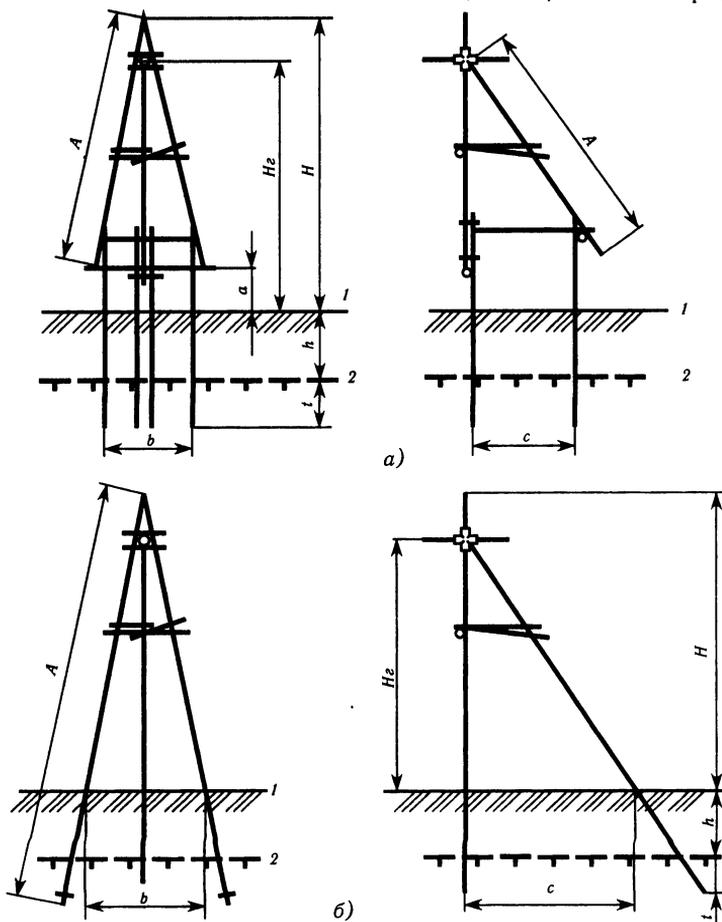


Рис. 2.2.34. Схемы деревянных опор ВЛ 1; 6–10 кВ для вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–80М. Опоры угловые анкерные.
1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

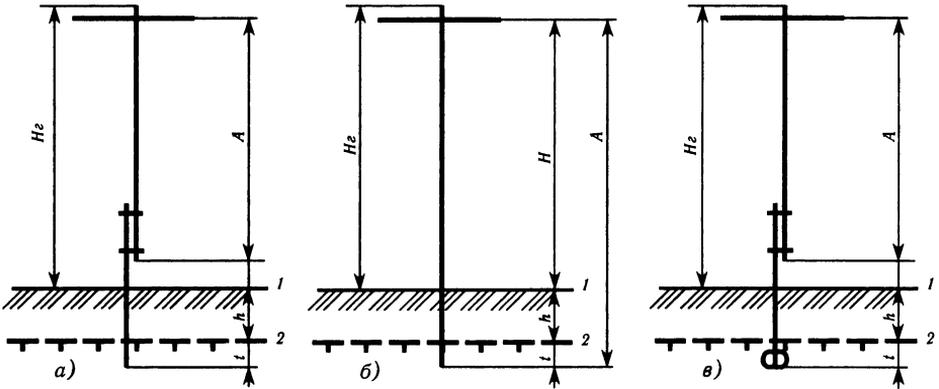


Рис. 2.2.35. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для переходов через инженерные сооружения в районах вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–88М. Опоры промежуточные.

1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

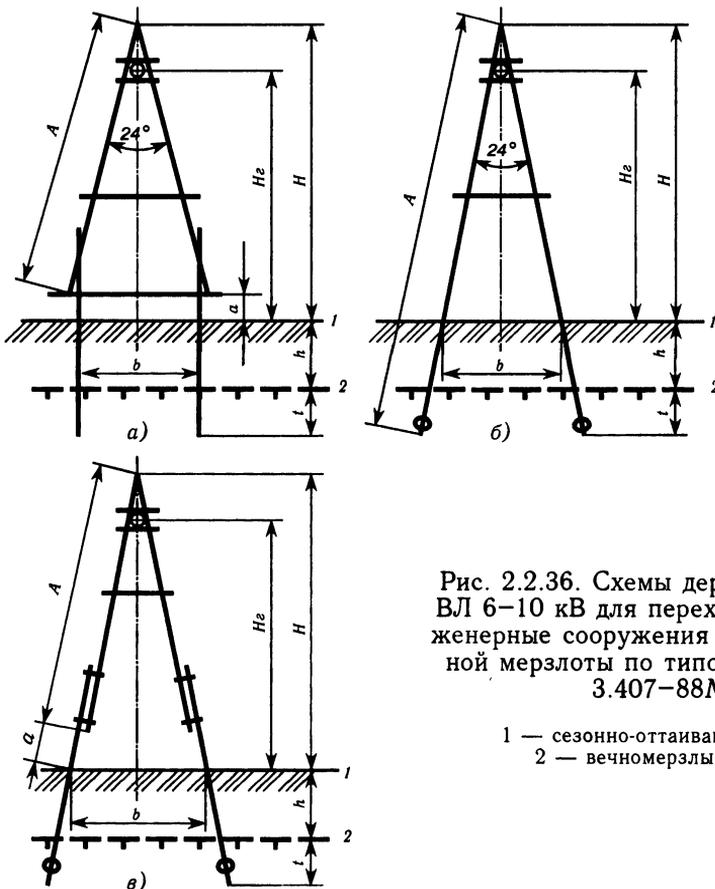


Рис. 2.2.36. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для переходов через инженерные сооружения в районах вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–88М.

1 — сезонно-оттаивающий слой;
2 — вечномёрзлый грунт.

Бестросовые опоры типов УАП35–4, УАП35–4н, УАП35–5, УАП35–5н, УАП35–6, УАП35–6н допускают подвеску проводов до АС95/16 включительно.

Опоры разработаны свободностоящими, одностоечными, решетчатой конструкции из элементов уголкового профиля. Габариты опор 12, 15 и 19 м. Опоры с габаритами 15 и 19 м получают путем применения подставок высотой 3 и 7 м к опоре с габаритом 12 м.

Материал конструкций опор — сталь марки ВСтЗпс6 ГОСТ 380–88. Опорная плита башмака изготавливается из стали марки ВСтЗГпс5.

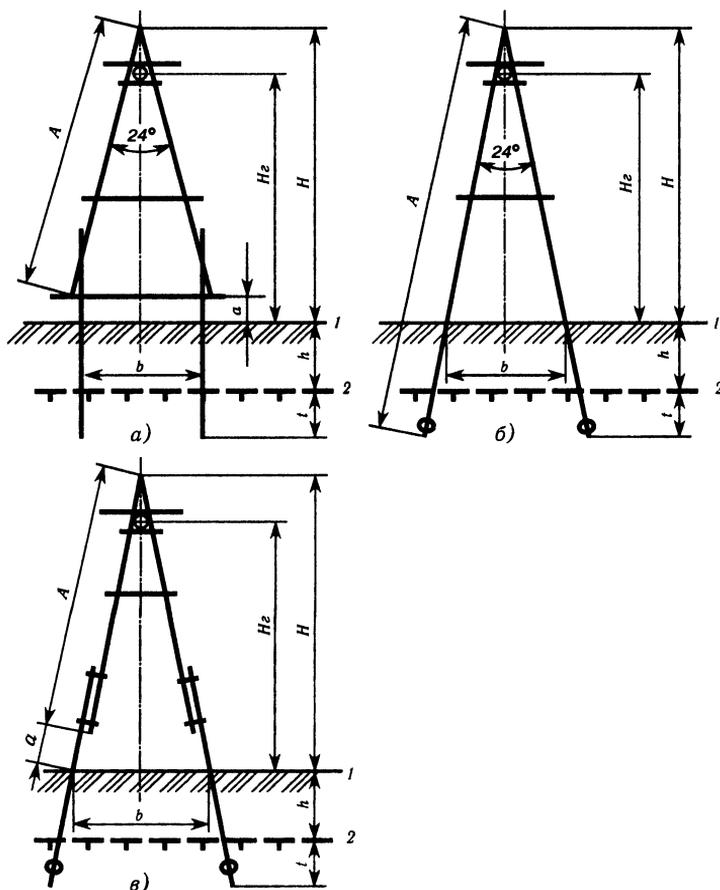


Рис. 2.2.37. Схемы деревянных опор ВЛ 6–10 кВ для переходов через инженерные сооружения в районах вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407–88М. Опоры ответвительные.

1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномерзлый грунт.

В табл. 2.2.8. приведены размеры, допускаемые усилия и массы, а на рис. 2.2.39. — схемы опор. В вып. 1 типового проекта приведены болтовые опоры под горячую оцинковку, а в вып. 2 — сварные нецинкуемые опоры.

Таблица 2.2.8. Расход материалов, размеры и допускаемые усилия на опоры по типовому проекту 3.407-113

Шифр опоры		Номер рисунок	Размеры, м			Допускаемое усилие в опоре, кН		Масса опоры, т	
болтовой	сварной		A	H	B	бол- товой	сварной	бол- товой	сварной
УАП35-1	УАП35-1Н	2.2.39. а	25,1	19,0	2,8	250,0	260,0	3,05	2,87
УАП35-2	УАП35-2Н	2.2.39. а	21,1	15,0	2,4	250,0	260,0	2,59	2,43
УАП35-3	УАП35-3Н	2.2.39. а	18,1	12,0	2,1	225,0	235,0	2,17	1,98
УАП35-4	УАП35-4Н	2.2.39. б	22,7	19,0	2,3	250,0	260,0	2,92	2,78
УАП35-5	УАП35-5Н	2.2.39. б	18,7	15,0	2,4	250,0	260,0	2,47	2,33
УАП35-6	УАП35-6Н	2.2.39. б	15,7	12,0	2,1	225,0	235,0	2,05	1,84

П р и м е ч а н и е. Максимальное допустимое усилие указано в расчетной панели пояса нижней секции опоры.

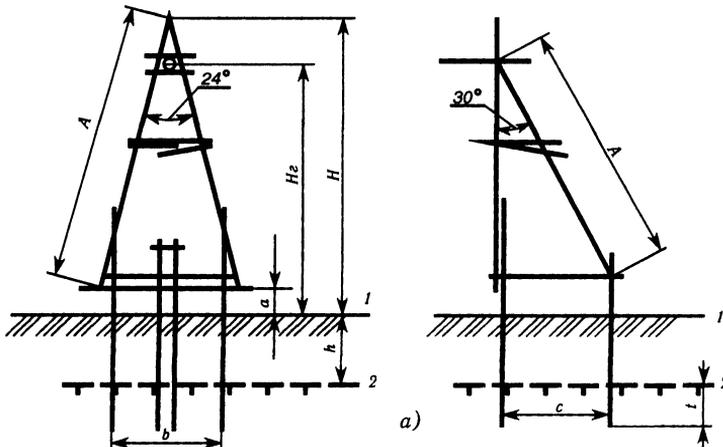


Рис. 2.2.38. Схемы деревянных опор ВЛ 6-10 кВ для переходов через инженерные сооружения в районах вечной мерзлоты по типовому проекту 3.407-88М.

Опоры угловые анкерные.

1 — сезонно-оттаивающий слой; 2 — вечномёрзлый грунт.

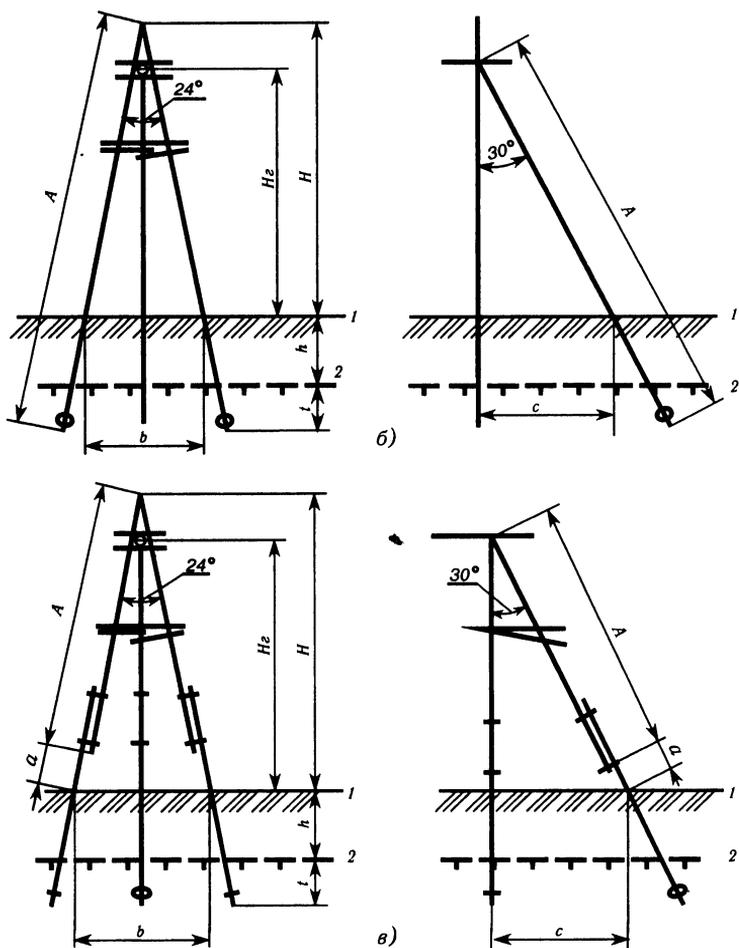


Рис. 2.2.38.
Продолжение

7. Металлические опоры ВЛ 6–35 кВ с малыми сечениями проводов для переходов через инженерные сооружения. (типовой проект 3.407–113, вып. 1 и 2)

Опоры рис. 2.2.39. применяются на ВЛ 6–10 кВ, проходящим в I–IV районах по ветру и гололеду при температуре воздуха до -40°C и предназначены для подвески проводов марок АС35/6,2 — АС95/16. Тросовые опоры типов УАП35–1, УАП35–1н, УАП35–2н, УАП35–3, УАП35–3н для ВЛ 35 кВ допускают подвеску проводов марок до АС70/11 включительно и грозозащитного троса.

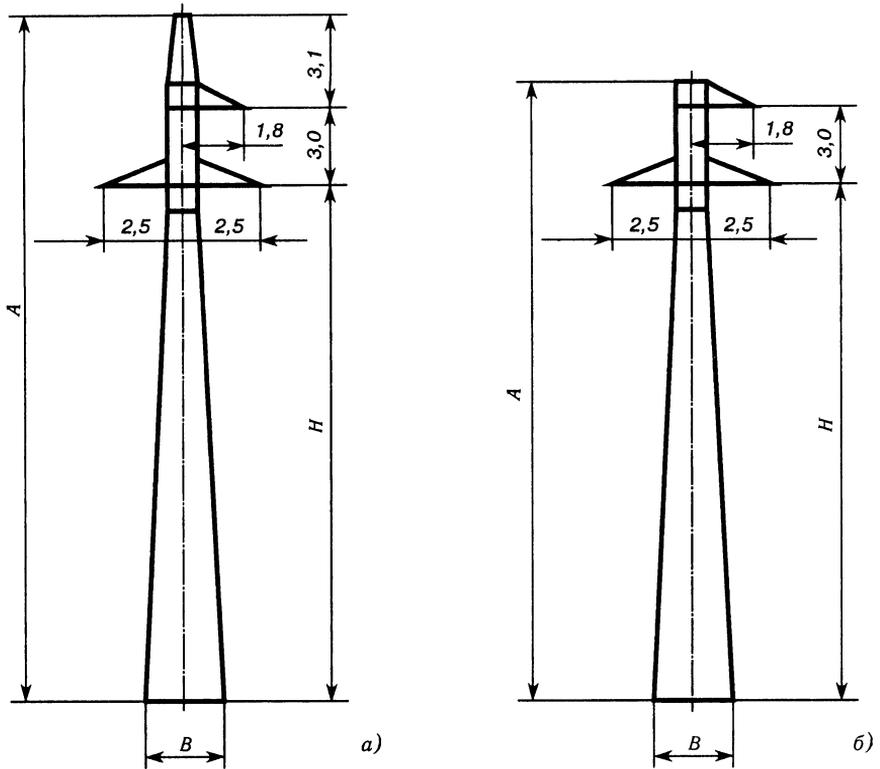


Рис. 2.2.39. Схемы металлических опор ВЛ 6–10 и 35 кВ с малыми сечениями проводов для переходов через инженерные сооружения по типовому проекту 3.407–113.

a — опоры ВЛ 35 кВ УАП35–1; УАП35–2; УАП35–3; УАП35–1н; УАП35–2н и УАП35–3н;
б — опоры ВЛ 6–10 и 35 кВ УАП35–4; УАП35–5; УАП35–6; УАП35–4н; УАП35–5н; УАП35–6н.

2.2.3. Опоры железобетонные ВЛ 0,4–35 кВ

Основные сведения. Железобетонные опоры обладают высокой механической прочностью, долговечностью. В зависимости от технологии изготовления они бывают вибрированными и центрифугированными. Центрифугированные опоры по сравнению с вибрированными опорами имеют повышенную механическую прочность, при их сборке и монтаже снижаются трудовые и материальные затраты.

Основные характеристики железобетонных опор ВЛ 0,4–10 кВ приведены в табл. 2.2.9., а опор ВЛ 0,4–35 кВ — в табл. 2.2.10., опор ВЛ 10–35 кВ с указанием их унификации — в табл. 2.2.13., 2.2.14.

Таблица 2.2.9. Краткие технические характеристики железобетонных опор 0,4–10 кВ.

Напряжение, кВ	Стойка		Изгибающий момент, кН·м	Длина, м	Расход бетона, м ³	Масса, кг
	со стержневой арматурой	с проволочной арматурой				
0,4 кВ	СВс – 1,1	СВп– 1,1	11	9,5	0,290	825
6–10 кВ	СВс – 2,7	СВп – 2,7	27	11,0	0,388	1200
0,4–10 кВ	СВс – 3,6	СВп – 3,6	36	10,5	0,380	1200

Примечание: Расшифровка по маркам см. табл. 2.2.10.

Таблица 2.2.10. Железобетонные стойки опор трапецидального сечения (для ВЛ 0,4–35 кВ) и приставки к деревянным опорам.

Маркировка	Длина, мм	Размеры сечения снизу, мм		Масса, т
		Основание	Высота	
Стойки:				
СВ95–1–а; СВ95–2–а	9500	165 (160)*	240	0,75
СВ105–3,5; СВ105–(5)	10500	200 (180)	280	1,18
СВ110–1–а	11000	185 (175)	280	1,13
СНВ–7–13	13000	230 (210)	310	1,85
СВ–164	16400	390 (370)	380	3,55
Приставки:				
ПТ–1,7–4,25; ПТ–2,2–4,25	4250	180 (100)	220	0,325
ПТ–4,0–6,0	6000	220 (120)	265	0,675
ПР45–Ат	4500	180 (100)	220	0,35
ПР43–Ат	4250	150 (100)	250	0,40

* В скобках приведена длина малой стороны трапеции.

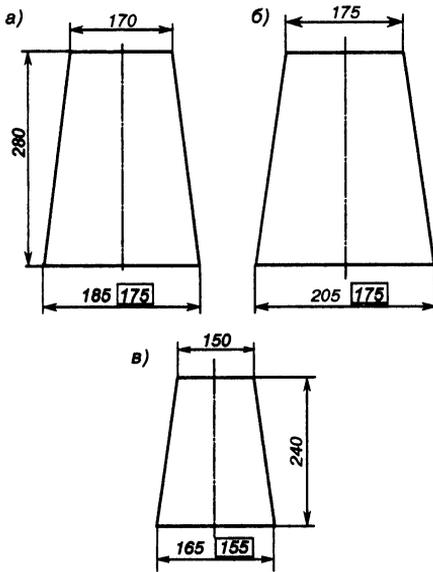


Рис. 2.2.40. Сечения нижних оснований железобетонных опор (мм):
 а — стойка типа СВ110; б — стойка типа СВ105;
 в — стойка типа СВ-9,5 (в скобках даны величины сечений верхних частей этих опор)

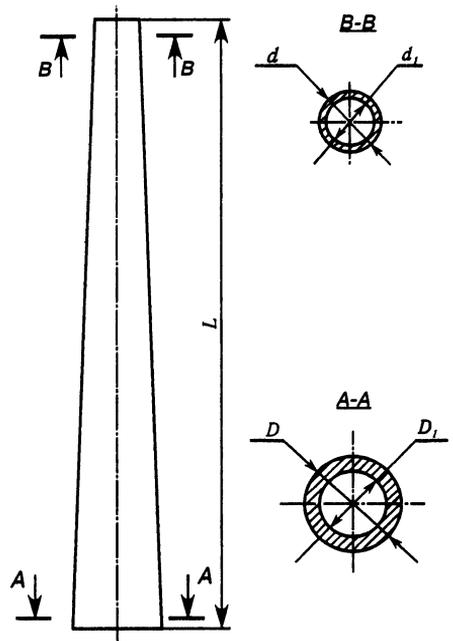


Рис. 2.2.41. Эскиз центрифугированных железобетонных опор

Таблица 2.2.11. Типы и размеры центрифугированных опор ВЛ 0,4–35 кВ

Тип опор	Напряжение ВЛ, кВ	Размеры,					Изгибающий момент, кН·м	Масса, т
		L	D	D_1	d	d_1		
СЦ 9,5	до 1	9500	380	260	220	120	50	2,77
СЦ 10,88	6–10	10800	380	260	220	120	70	3,5
СЦ 20,1–1,1	35	20000	580	380	250	120	90	8,5
СЦ 8–1	35	20000	580	380	250	120	70	8,5

Примечание: 1. Метки (риски) на опоре указывают места опирания опоры на подкладки при складировании, так как и места строповки опор, если на них отсутствуют специальные петли, заложенные в бетон при изготовлении опор. 2. Новые центрифугированные опоры ВЛ 6–10 кВ показаны на рис. 2.2.51—2.2.53. [Л20. с.41]

Ниже будут приведены наиболее часто применяемые проекты железобетонных опор ВЛ 0,4–35 кВ.

1. Железобетонные опоры ВЛ 0,4 кВ (типовой проект 3.407–122, рис. 2.2.42 ... 2.2.44)

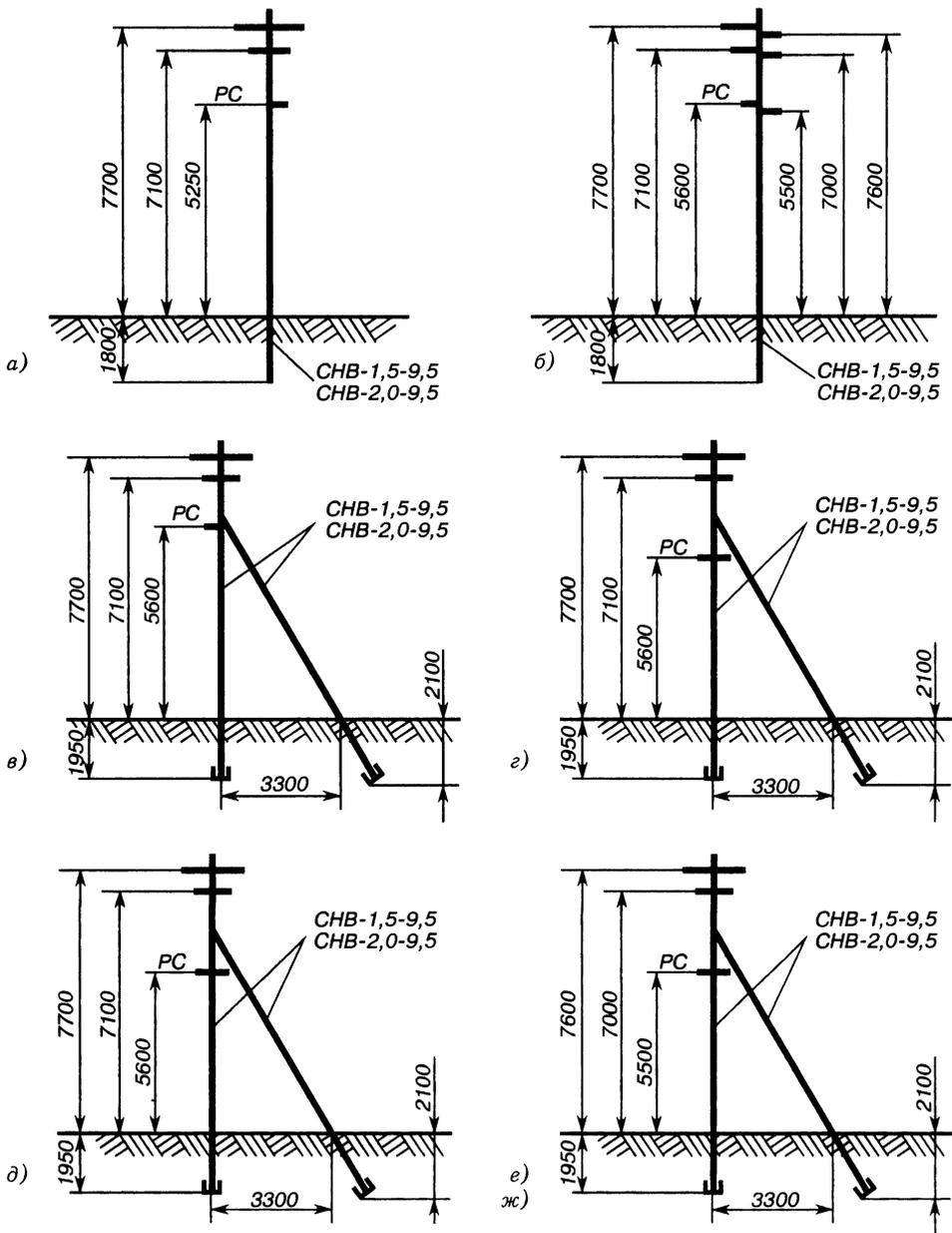


Рис.2.2.42. Схемы железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407–122.

а — промежуточные опоры П1 и П2; б — перекрестные промежуточные опоры Пк1 и Пк2; в — анкерные опоры А1 и А2; г — угловые промежуточные опоры УП1 и УП2; д — угловые анкерные опоры УА1 и УА2; е — ответвительные опоры О1 и О2; ж — ответвительные анкерные опоры ОА1 и ОА2.

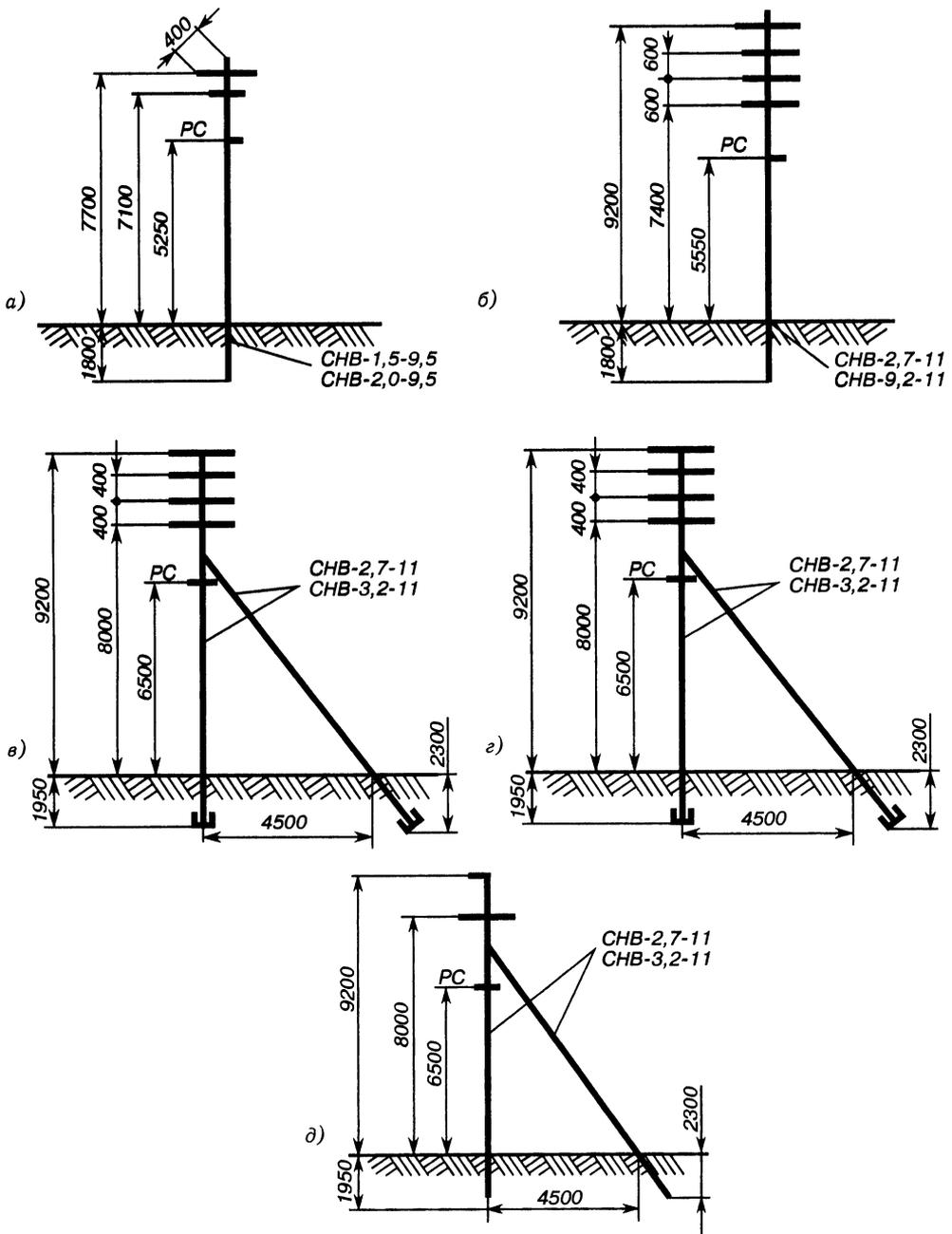


Рис. 2.2.43. Схемы железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407-122.

а — промежуточные опоры Пм1 и Пм2; *б* — промежуточные опоры П3-8, П4-8 и П4-9; *в* — анкерные опоры А3-8, А4-8, А4-9, угловые промежуточные опоры УП3-8, УП4-8, УП4-9, угловые анкерные опоры УА3-8, УА4-8 и УА4-9; *г* — ответвительные опоры ОЗ-8, О4-8 и О4-9; *д* — ответвительные концевые опоры ОК3-8, ОК4-8 и ОК4-9.

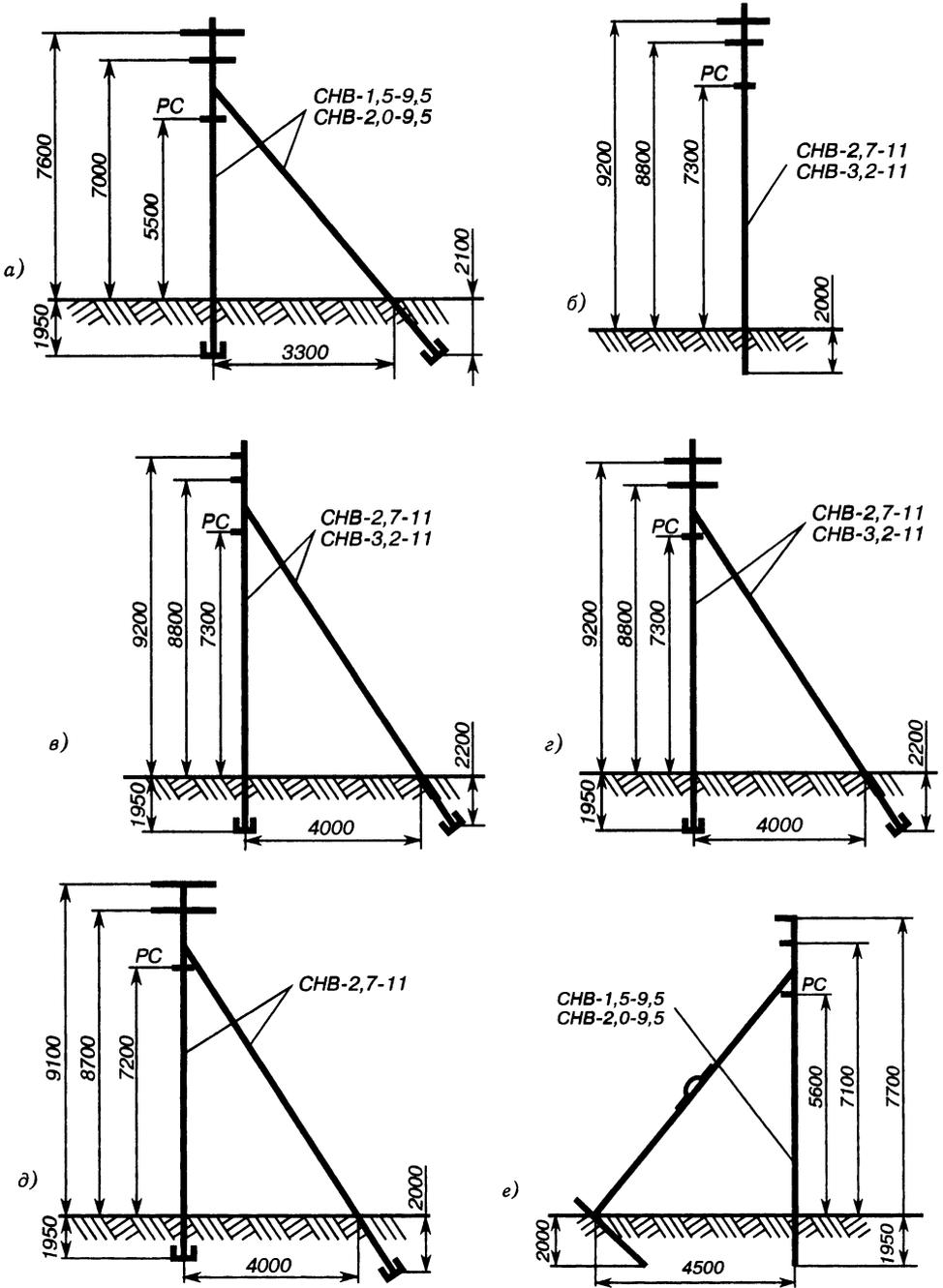


Рис. 2.2.44. Схемы железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407–122.

а — ответвительно-угловые опоры ОУ1 и ОУ2; б — переходные промежуточные опоры ПП3 и ПП4; в — переходные анкерные опоры ПА3 и ПА4; г — переходные угловые опоры ПУ3 и ПУ4; д — переходная ответвительная опора ПО3; е — анкерные опоры с оттяжкой ОТ1, ОТ2, ОТС1 и ОТС2.

2. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ (типовой проект 3.407–101)

Область применения: I–V районы по ветру и I–IV районы по гололеду. Расчетная температура воздуха от +40 до –40°C.

В проекте разработаны железобетонные опоры следующих типов: промежуточные, угловые промежуточные, концевые (анкерные), угловые анкерные, ответвительные, промежуточные и концевые с кабельными муфтами.

Промежуточные опоры разработаны одностоечной конструкции, анкерные — одностоечной с подкосом. Опоры разработаны на базе унифицированных железобетонных стоек СНВ2,7–11 и СНВ3,2–11. Длина стоек принята равной 11 м, бетон — морозостойкий марки 400.

Опоры рассчитаны на подвеску проводов сечением до 120 мм². Крепление проводов к опорам принято: для промежуточных опор и сложных в ненаселенной местности — на штыревых изоляторах типа ШФ–10Г, ШС–10Г и ШФ–20В; для сложных опор в населенной местности — на натяжных изолирующих подвесках (гирляндах) изоляторов. В зависимости от ветровых и гололедных районов расход арматурной стали на промежуточную опору составляет 36,15 или 53,67 кг; на анкерную — 70,3 или 107,34 кг, на угловую анкерную — 105,45 или 161,01 кг.

В табл. 2.2.12. приведены размеры и расходы материалов на различные опоры, схемы которых даны на рис. 2.2.45 2.2.46.

Таблица 2.2.12. Размеры опор и расход материалов на них по типовому проекту 3.407–101

Шифр опоры	Напряжение ВЛ, кВ	Размеры, м							Расход материалов	
		H_r	h	α	b	d	l	f	металла без арматурной стали, кг	железобетона, м ³
<u>Промежуточные опоры (рис. 2.2.45. а)</u>										
П10–1Б	6–10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	—	15,90	0,45
П10–2Б	6–10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	—	19,0	0,45
П10–3Б	6–10	8,9	2,0	1,3	1,13	—	—	—	21,53	0,45
П10–3Бм	6–10	8,34	2,0	1,3	1,13	—	—	—	21,53	0,45
П10–3Бм-1	6–10	8,34	2,0	1,3	1,13	—	—	—	21,53	0,45
П10–4Б	6–10	8,9	2,0	1,3	1,13	—	—	—	25,73	0,45
П10–4Бм	6–10	8,75	2,0	1,3	1,13	—	—	—	25,73	0,45
П10–4Бм-1	6–10	8,9	2,0	1,3	1,13	—	—	—	25,73	0,45
<u>Угловые промежуточные опоры (рис. 2.2.45. б)</u>										
УП10–1Б	6–10	8,01	1,95	0,91	1,2	4,5	1,81	—	52,50	0,90

Продолжение таблицы 2.2.12

Шифр опоры	Напряжение ВЛ, кВ	Размеры, м							Расход материалов	
		H_T	h	α	b	d	l	f	металла без арматурной стали, кг	железобе- тона, м ³
<u>Концевые (анкерные) опоры (рис. 2.2.45. в)</u>										
K10-1Б	6-10	8,1	1,95	0,91	1,2	4,5	1,81	—	52,50	0,90
K10-2Б	6-10	7,8	1,95	0,93	1,2	4,5	1,81	—	48,15	0,90
<u>Угловые анкерные опоры (рис. 2.2.45. г)</u>										
УА10-1Б	6-10	7,935	1,95	0,79	1,275	4,47	1,82	—	77,40	1,35
УА10-2Б	6-10	7,725	1,95	0,83	1,275	4,47	1,82	—	71,60	1,35
<u>Ответвительные промежуточные опоры (рис. 2.2.46. а)</u>										
ОП10-1Б	6-10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	7,38	26,55	0,45
ОП10-2Б	6-10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	7,16	33,70	0,45
ОП10-3Б	6-10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	7,38	31,18	0,45
ОП10-4Б	6-10	8,9	2,0	1,1	0,94	—	—	7,16	39,43	0,45
<u>Ответвительные угловые промежуточные опоры (рис. 2.2.46. б)</u>										
ОУП10-1Б	6-10	8,01	1,95	0,92	1,2	4,5	1,81	7,9	63,15	0,90
ОУП10-2Б	6-10	8,01	1,95	0,92	1,2	4,5	1,81	7,9	67,20	0,90
<u>Ответвительные концевые опоры (рис. 2.2.46. в)</u>										
ОК10-1Б	6-10	8,01	1,95	0,92	1,2	4,5	1,81	7,9	63,15	0,90
ОК10-2Б	6-10	7,8	1,95	0,94	1,2	4,5	1,81	7,7	62,85	0,90
<u>Ответвительные опоры (рис. 2.2.46. г)</u>										
О10-1Б	6-10	8,95	1,95	1,1	0,94	4,5	1,81	7,91	68,40	0,90
О10-2Б	6-10	8,95	1,95	1,1	0,94	4,5	1,81	7,67	67,15	0,90
О10-3Б	6-10	8,95	1,95	1,1	0,94	4,5	1,81	7,91	73,03	0,90
О10-4Б	6-10	8,95	1,95	1,1	0,94	4,5	1,81	7,67	74,88	0,90

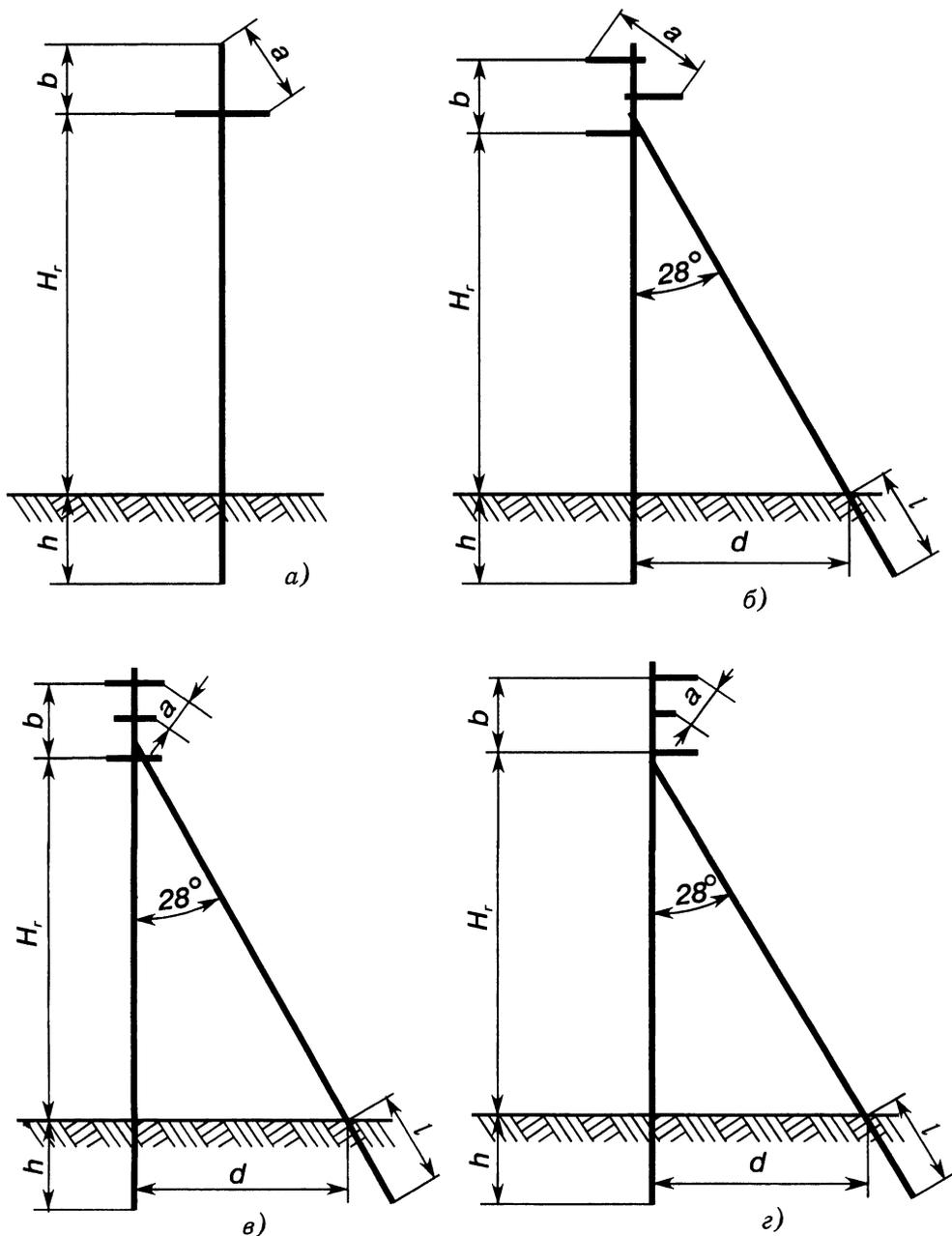


Рис. 2.2.45. Схемы железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407–101.

a — промежуточные опоры; *б* — угловые промежуточные опоры;

в — концевые (анкерные) опоры; *г* — угловые анкерные опоры.

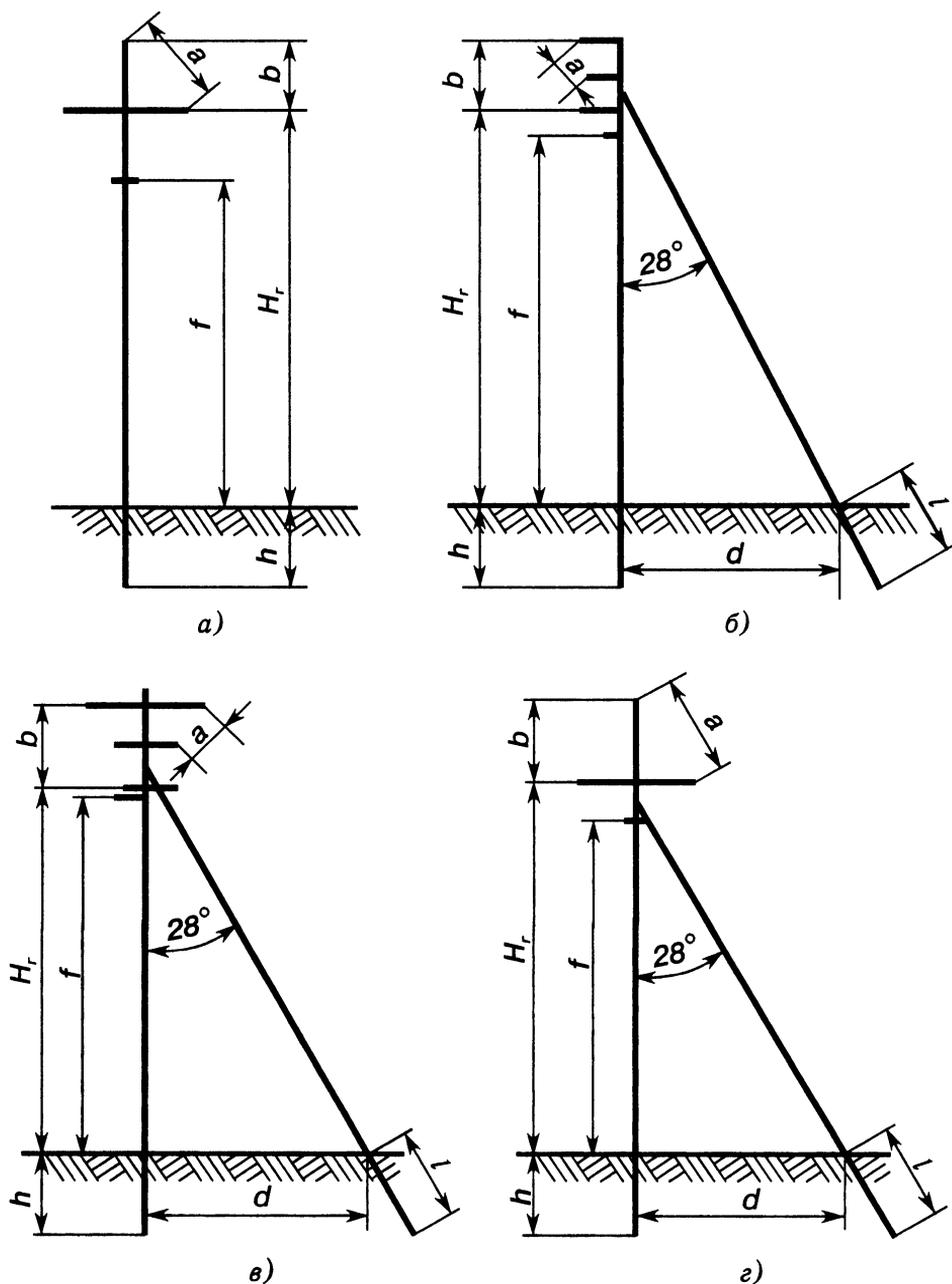


Рис. 2.2.46. Схемы железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407–101.

a — ответвительные промежуточные опоры; *б* — ответвительные угловые промежуточные опоры;

в — ответвительные концевые опоры; *г* — ответвительные опоры.

Таблица 2.2.13. Унифицированные опоры 6, 10 кВ (только для Средней полосы России)

Тип и условное обозначение опоры	Район по голулодеу	Расчетные габаритные пролеты для проводов, м			Расход материалов		Масса опоры, т
		ПС25-ПС50	АС25-АС70	А25-А120	железобетона, м ³	стали, кг	
Железобетонные опоры							
Промежуточная для неоселенной местности П10-1Б, рис. 2.2.47. а	I, II	145 - 85	150 - 85	135 - 70	0,45	15,9-25,9	1,14
То же П10-3Б, рис. 2.2.47. б	I-IV	130 - 50	130 - 50	135 - 55	0,45	21,5-28,9	1,15
Промежуточная для населенной местности П10-2Б, рис. 2.2.47. а	I-III	110-60	110-60	90-55	0,45	19-31,9	1,15
То же П10-4Б, рис. 2.2.47. в	I-IV	105-45	110-50	90-45	0,45	25,7-34,9	1,15
Угловая промежуточная опора УП10-1Б, рис. 2.2.47. в	I-IV	—	—	—	0,9	52,5-60,2	2,31
Концевая (анкерная) на угол поворота до 7° К10-1Б, К10-2Б, рис. 2.2.47. в	I-IV	—	—	—	0,9	48,2-60,2	2,31
Угловая (анкерная) на угол поворота до 60° УА10-1Б, УА-2Б, рис. 2.2.47. з	I-IV	—	—	—	1,35	59,3-71,3	3,46
Ответвленная промежуточная ОП10-1Б, ОП10-2Б, ОП10-3Б, ОП10-4Б, рис. 2.2.47. д	I-IV	—	—	—	0,45	26,6-50,7	1,15-1,17
Ответвленная угловая, промежуточная ОУП10-1Б, ОУП10-2Б, рис. 2.2.47. е	I-IV	—	—	—	0,9	63,2-76,9	2,31

Примечания к таблице 2.2.13:

1. Чертежи опор разработаны институтом «Сельэнергопроект»: железобетонные опоры — типовой проект 3.407–101, 1975 г. с изменениями согласно Директивному указанию «Сельэнергопроект» от 24.06.76 г. № 14/III и от 27.12.83 г. №11/III, железобетонные приставки применяются по типовому проекту 3.407–57/72 и ГОСТ 14295–75*.

2. Железобетонные опоры разработаны для I–V районов по ветру, кроме опор типов П10–1Б и П10–2Б, которые рассчитаны для I–III районов по ветру.

3. Кроме приведенных в данной таблице опор в составе типового проекта 3.407–85 разработаны также:

серия повышенных переходных деревянных опор, аналогичных по конструкции и номенклатуре приведенным в настоящей таблице, но с применением стоек длиной 11 и 13 м (альбом V);

серия нормальных деревянных опор из целых бревен (без приставок) длиной 11 и 13 м (альбом III);

серия составных деревянных опор ВЛ 6–10 кВ с деревянными и железобетонными приставками для городских условий (альбом IV), конструкция и номенклатура которых соответствует настоящей таблице, однако эти опоры рассчитаны на скоростной напор, равный 0,85 нормативного.

4. Для изготовления деревянных опор принимается пропитанный заводским способом сосновый лес по ГОСТ 9463–88 с изменениями № 2–5 от 26.12.84 г. II и III сортов. Допускается применение непропитанной лиственницы с толщиной заболони 20 мм при антисептической защите столба в зоне земля-воздух, а для стоек опор с приставками — пропитанной заводским способом ели.

5. По условиям прочности для железобетонных опор нормальное тяжение по проводам принимается равным 5000 Н.

На промежуточных опорах 6–10 кВ, проходящих по населенной местности, предусмотрено двойное крепление проводов на штыревых изоляторах, а на опорах анкерного типа — крепление проводов с помощью натяжных гирлянд из подвесных изоляторов типа ПС70–Д или аналогичных.

6. Опоры закрепляются в пробуренных котлованах диаметром 350 (450) мм для промежуточных опор и 650 (800) мм для анкерных опор в грунтах песчано-глинистого ряда.

В слабых грунтах для закрепления опор рекомендуется использовать ригели (плиты) и другие конструктивные решения, разработанные в типовом проекте 3.407–59/72. Допускаемый угол поворота стойки в грунте от нормальных нагрузок не должен превышать 0,02 радиана.

7. Железобетонные опоры разработаны на базе вибрированных предварительно напряженных стоек типов СНВ–2,7–11 и СНВ–3,2–11, выпускаемых по ГОСТ 23613–79.

8. Угловые анкерные железобетонные опоры рассчитаны на угол поворота до 60°.

9. Применение проводов А25, А35, и АС16 в III районе по гололеду и выше не допускается ввиду их недостаточной перегрузочной способности, а проводов ПСО5 — во всех районах по гололеду.

10. Габаритные пролеты для опор анкерного типа принимаются в зависимости от типов смежных промежуточных опор.

11. Наибольшие нормативный скоростной напор ветра и толщина стенки гололеда принимаются, исходя из их повторяемости 1 раз в 10 лет.

12. Все металлические детали железобетонных опор должны быть защищены от коррозии стойким антикоррозийным покрытием.

13. Масса стали для железобетонных опор указана без арматуры железобетонных деталей.

[Л126, с.367].

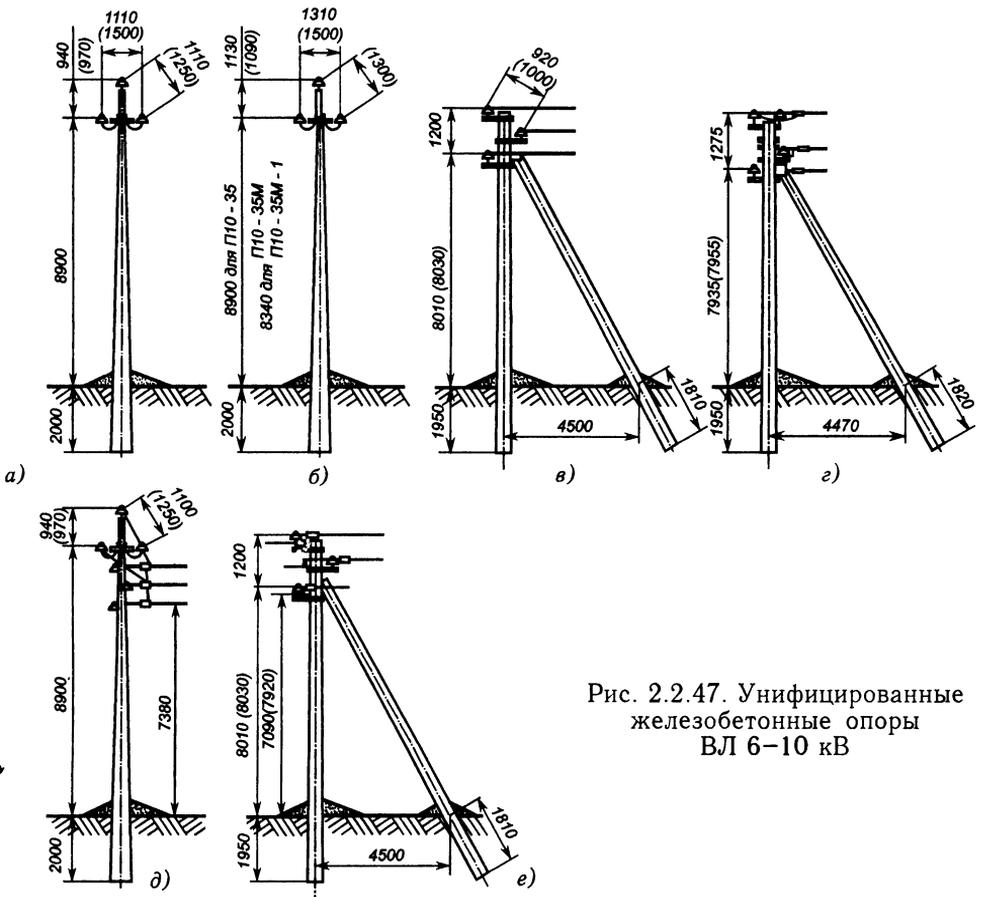


Рис. 2.2.47. Унифицированные железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ

3. Унифицированные опоры ВЛ 35 кВ

Таблица 2.2.14. Унифицированные железобетонные опоры 35 кВ

Тип и условное обозначение	Расчетные условия			Расчетные пролеты, м			Расход материалов: бетона, м ³ стали, кг
	Провод	Район по гололеду	Угол поворота, град	Габаритный	Ветровой	Весовой	
Промежуточная одноцепная свободностоящая ПБ35-1в, рис. 2.2.48.а	АС 70/11	I	—	195	275	245	1,42 72
		II	—	165	230	230	
	АС 95/16	I	—	200	280	250	
		II	—	180	250	225	
	АС 150/24	I	—	210	295	260	
		II	—	210	295	260	

Продолжение таблицы 2.2.14.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия			Расчетные пролеты, м			Расход материалов: бетона, м ³ стали, кг
	Провод	Район по голо- леду	Угол поворота, град	Габаритный	Ветровой	Весовой	
То же ПБ35–3в, рис. 2.2.48. б	АС 70/11	III	—	125	175	155	$\frac{1,42}{72}$
		IV	—	105	145	130	
	АС 95/16	III	—	140	195	175	
		IV	—	115	160	145	
	АС 150/24	III	—	170	220	210	
		IV	—	150	180	190	
Анкерная угловая одноцепная на оттяжках на угол 60° УБ35–1в, рис.2.2.48. в	АС 70/11	I	60	—	195	290	$\frac{1,42}{508}$
		II	60	—	165	250	
		III	60	—	125	190	
		IV	60	—	105	160	
	АС 95/16	I	60	—	200	300	
		II	60	—	180	270	
		III	60	—	140	210	
		IV	60	—	115	170	
	АС 150/24	I	60	—	210	315	
		II	60	—	210	315	
		III	55	—	170	225	
		IV	55	—	150	225	
То же трехстоечная свободностоящая на угол 60° УБ35–3в, рис. 2.2.48. г	АС 70/11	I	—	—	195	290	$\frac{4,26}{81}$
		II	60	—	165	250	
		III	—	—	125	190	
		IV	—	—	105	160	
Промежуточная угловая одноцепная с оттяжкой ПУС35–1в, рис.2.2.48. д	АС 70/11	I	18	—	175	220	$\frac{1,42}{131}$
		II	18	—	155	195	
		III	15	—	125	155	
		IV	15	—	105	225	
	АС 95/16	I	12	—	180	225	
		II	12	—	170	210	
		III	10	—	140	175	
		IV	10	—	115	145	
	АС 150/24	I	6	—	190	240	
		II	6	—	190	240	
		III	4	—	170	210	
		IV	4	—	150	190	

Продолжение таблицы 2.2.14.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия			Расчетные пролеты, м			Расход материалов: бетона, м ³ стали, кг
	Провод	Район по гололеду	Угол поворота, град	Габаритный	Ветровой	Весовой	
Анкерная угловая одноцепная на оттяжках, повышенная, на угол 60° УБ35-1в, рис.2.2.48, е	АС 70/11	I	60	—	195	290	<u>1.42</u> 573
		II	60	—	165	250	
		III	60	—	125	190	
		IV	60	—	105	160	
	АС 95/16	I	60	—	200	300	
		II	60	—	180	270	
		III	60	—	140	210	
		IV	60	—	115	170	
	АС 150/24	I	60	—	210	315	
		II	60	—	210	315	
		III	55	—	170	225	
		IV	55	—	150	225	
<u>На центрифугированных стойках</u>							
Промежуточная одноцепная, свободностоящая, ПБ35-1, рис.2.2.48. ж	АС 95/16	I	—	340	465/380	425	<u>1.67</u> 122
		II	—	280	390/370	350	
	АС 120/19	I	—	275	450/345	425	
		II	—	215	420/315	395	
	АС 150/24	I	—	375	400/300	425	
		II	—	330	400/300	400	
То же ПБ35-3, рис.2.2.48. з	АС 95/16	III	—	220	285/260	270	<u>1.67</u> 118
		IV	—	185	245/200	225	
	АС 120/19	III	—	250	330/280	295	
		IV	—	210	255/195	250	
	АС 150/24	III	—	265	345/245	320	
		IV	—	230	270/190	270	
Промежуточная двухцепная, свободностоящая, ПБ35-2, рис.2.2.48. и	АС 95/16	I	—	275	340/270	320	<u>1.81</u> 299
		II	—	230	380/270	290	
	АС 120/19	I	—	290	300/240	330	
		II	—	255	300/240	305	
	АС 150/24	I	—	265	265/210	330	
		II	—	255	265/210	320	
То же ПБ35-4, рис.2.2.48. к	АС 95/16	III	—	155	205/150	195	<u>1.67</u> 299
		IV	—	135	170/120	150	

Продолжение таблицы 2.2.14.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия			Расчетные пролеты, м			Расход материалов: бетона, м ³ стали, кг
	Провод	Район по гололеду	Угол поворота, град	Габаритный	Ветровой	Весовой	
То же ПБ35–4, рис.2.2.48. к	АС 120/19	III	—	180	210/145	205	<u>1,67</u> 299
		IV	—	155	165/115	175	
	АС 150/24	III	—	190	200/140	220	
IV		—	165	160/110	190		
Анкерная угловая одноцепная с оттяжкой, на угол 60° УБ35–11, рис.2.2.48. л	АС 95/11—	I–IV	60	—	—	—	<u>2,32</u> 270
	АС 150/24						
Концевая одноцепная с оттяжкой КБ35–110–1, рис.2.2.48. м	АС 50/8	I–IV	0–10° 20–90° (угол на портал)	—	—	—	<u>2,32</u> 771 (816)
	АС 185/29						
Промежуточная угловая одноцепная с оттяжкой ПУСБ35–1, рис.2.2.48. и	АС 95/11	I	35	300	300	375	<u>1,67</u> 211
		II	35	250	250	310	
		III	31	205	205	255	
		IV	31	175	175	220	
	АС 150/24	I	18	320	320	400	
		II	18	295	295	370	
		III	15	255	255	320	
IV	15	215	215	270			

П р и м е ч а н и я: 1. Опоры разработаны Северо-Западным отделением Энергосетьпроекта для III района по ветру. 2. На всех опорах, кроме УБ35–3в, может быть подвешен трос С–35, для чего необходимо установить тросостойки, заказываемые и поставляемые отдельно. 3. Анкерные угловые опоры могут быть использованы в качестве концевых. 4. Значение ветровых пролетов для промежуточных опор указаны в числителе для опор без грозозащитных тросов, в знаменателе — с грозозащитными тросами. 5. Все стойки поставляются с приваренными наружными стержнями заземления. 6. Для опор УБ35–1в и УСБ35–1в с тросом предельный угол поворота для провода АС150 принимается 40°. 7. Для опоры ПУСБ35–1в, устанавливаемой без оттяжек, угол поворота должен быть уменьшен до 0–10° в зависимости от марки провода и района по гололеду. При этом необходима установка одного ригеля у поверхности земли. 8. Для опоры ПБ35–2 при подвеске проводов АС95 допускается установка стоек типа СК–1 вместо СК–2, при этом ветровые пролеты не должны превышать габаритные. 9. Опора УБ35–11 может быть установлена без оттяжки, при этом угол поворота должен быть ограничен до 25–55° для опор без троса и до 18–33° для опор с тросом в зависимости от марки провода и района по гололеду. 10. Опора ПУСБ35–1 может быть установлена без оттяжки, при этом угол поворота должен быть ограничен от 0–7°, в зависимости от марки провода и района по гололеду. Кроме того, необходима установка одного ригеля у поверхности земли. 11. В районах с частой и интенсивной пыльной погодой опоры ПУСБ35–1, ПБ35–3 устанавливаются с сокращением пролетов, равным 0,8 габаритного. 12. В марке сталеалюминиевых проводов цифры означают: в числителе — номинальное сечение алюминиевой части провода, а в знаменателе — сечение стального сердечника.

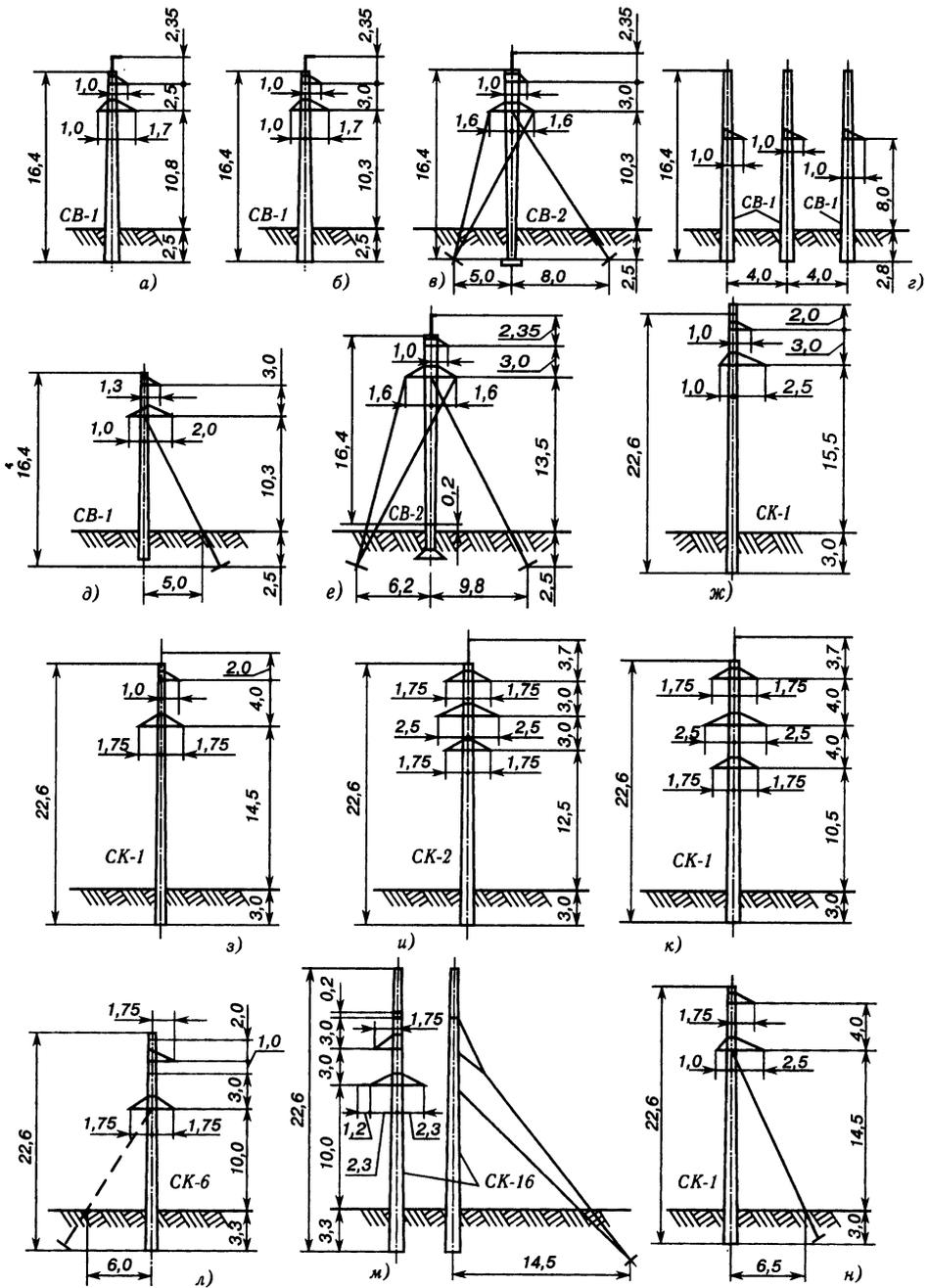


Рис. 2.2.48. Унифицированные железобетонные опоры ВЛ 35 кВ

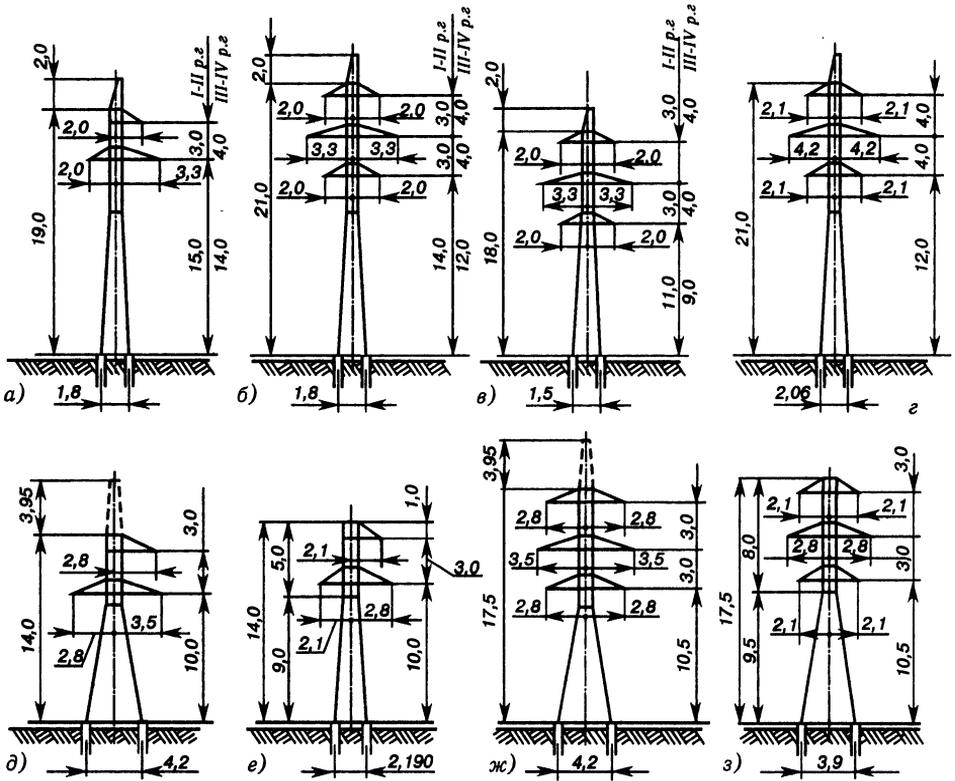


Рис. 2.2.49. Унифицированные металлические опоры ВЛ 35 кВ

Таблица 2.2.15. Унифицированные стальные опоры 35 кВ

Тип и условное обозначение	Расчетные условия		Расчетные пролеты, м			Масса, кг <u>без цинка</u> с цинком
	Провод	Район по гололеду	Габаритный	Ветровой	Весовой	
Промежуточная одноцепная свободная ПЗ5-1, рис.2.2.49. а	АС 70/11	I	315	315	395	1500 1560
		II	250	315	315	
		III	190	265	235	
		IV	160	225	200	
	АС 95/16	I	330	330	410	
		II	270	330	340	
		III	210	295	260	
		IV	180	255	225	

Продолжение таблицы 2.2.15.

Тип и условное обозначение			Расчетные пролеты, м			Масса, кг <u>без цинка</u>
	Провод	Район по гололеду	Габаритный	Ветровой	Весовой	
Промежуточная одноцепная свobodностоящая ПЗ5-1, рис.2.2.49. а	АС 120/19	I	360	360	450	<u>1500</u> <u>1560</u>
		II	305	360	380	
		III	240	335	300	
		IV	205	290	255	
	АС 150/24	I	350	350	440	
		II	310	350	390	
		III	240	335	300	
		IV	210	295	260	
Промежуточная двухцепная свobodностоящая ПЗ5-2, рис 2.2.49. б	АС 70/11	I	295	295	370	<u>1860</u> <u>1930</u>
		II	235	295	295	
		III	165	230	205	
		IV	140	195	175	
	АС 95/16	I	310	310	390	
		II	255	310	320	
		III	180	255	225	
		IV	155	220	190	
	АС 120/19	I	330	330	415	
		II	285	330	355	
		III	205	290	255	
		IV	175	245	220	
	АС 150/24	I	335	335	420	
		II	290	335	360	
		III	210	295	260	
		IV	180	250	225	
Промежуточная двухцепная свobodностоящая пониженная ПС35-2, рис 2.2.49. в	АС 70/11— АС 150/24	I-IV	—	—	—	<u>1670</u> <u>1750</u>
Промежуточная двухцепная свobodностоящая для горных районов ПС35-4, рис.2.2.49. г	АС 70/11— АС 150/24	I-IV	—	—	—	<u>2100</u> <u>2180</u>

Продолжение таблицы 2.2.15.

Тип и условное обозначение	Расчетные условия		Расчетные пролеты, м			Масса, кг без цинка с цинком
	Провод	Район по гололеду	Габаритный	Ветровой	Весовой	
Анкерная угловая одноцепная свободностоящая, на угол поворота до 60°, У35–1, рис.2.2.49, д	АС 120/19– АС 150/24	I–IV	—	—	—	<u>2960</u> 3080
То же, У 35–3, рис. 2.2.49, е	АС 70/11– АС 95/16	I–IV	—	—	—	<u>1640</u> 1700
Анкерная угловая двухцепная свободностоящая, на угол поворота до 60°, У35–2, рис.2.2.49, ж	АС 70/11– АС 95/16	I–IV	—	—	—	<u>4380</u> 5020
То же, У 35–3, рис. 2.2.49, з	АС 70/11– АС 95/16	I–IV	—	—	—	<u>2800</u> 2900

Примечания: 1. Опоры разработаны Северо-Западным отделением Энергосетьпроекта для III района по ветру, кроме опоры ПС35–4, которая рассчитана для V района по ветру.

2. Все опоры рассчитаны на трос С 35, который подвешивается на специальных тросостойках.

3. Высота подвеса нижних проводов на опоре в III и IV районах по гололеду на опорах П35–1 и П35–2 — соответственно 14 и 12 м.

4. На тросовых участках ВЛ 35 кВ с проводами АС 150 пролеты должны быть не более 240 м в I, 180 м во II и 120 м в III и IV районах по гололеду.

5. Все опоры 35 кВ поставляются без тросостоек. Тросостойки заказываются отдельно.

Для возможности плавки гололеда разработаны специальные повышенные тросостойки высотой 5 и 6 м для промежуточных опор и высотой 3,95 м для анкерных угловых опор.

6. Анкерные угловые опоры У35–3 и У35–4 применяются также с подставками 5 и 9 м, а опоры У35–1 и У35–2 — с подставкой 5 м.

7. Длина поддерживающей гирлянды принята 0,8 м в III районе по ветру и 0,9 м в V районе по ветру.

8. Значения ветровых и весовых пролетов для пониженной опоры ПС35–2 принимаются такие же, как и для опоры П35–2. Значения габаритных пролетов для этой опоры указаны на монтажной схеме.

9. Предельный угол поворота линий в V районе по ветру, в III и IV районах по гололеду на опоре У35–1 для провода АС 150/24 при наличии грозозащитного троса ограничивается до 48°, а на опоре У35–2 — 5°.

10. На анкерных угловых опорах У35–1 и У35–2 могут устанавливаться молниеотводы высотой 5 и 8 м.

[Л 126, с. 403]

4. Центрифугированные опоры ВЛ 6–10кВ.

Этот тип опор представлен на рис. 2.2.50 ... 2.2.51.

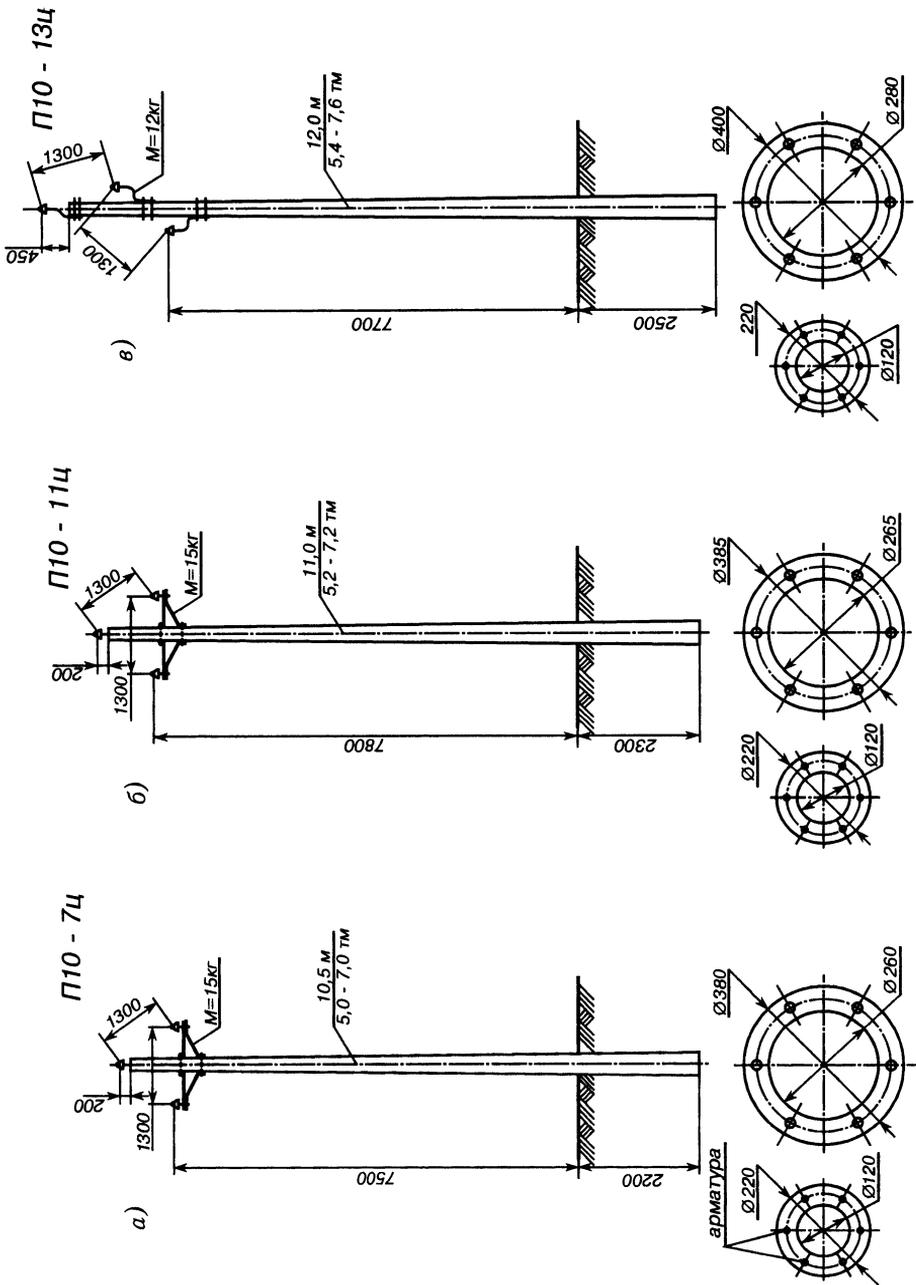
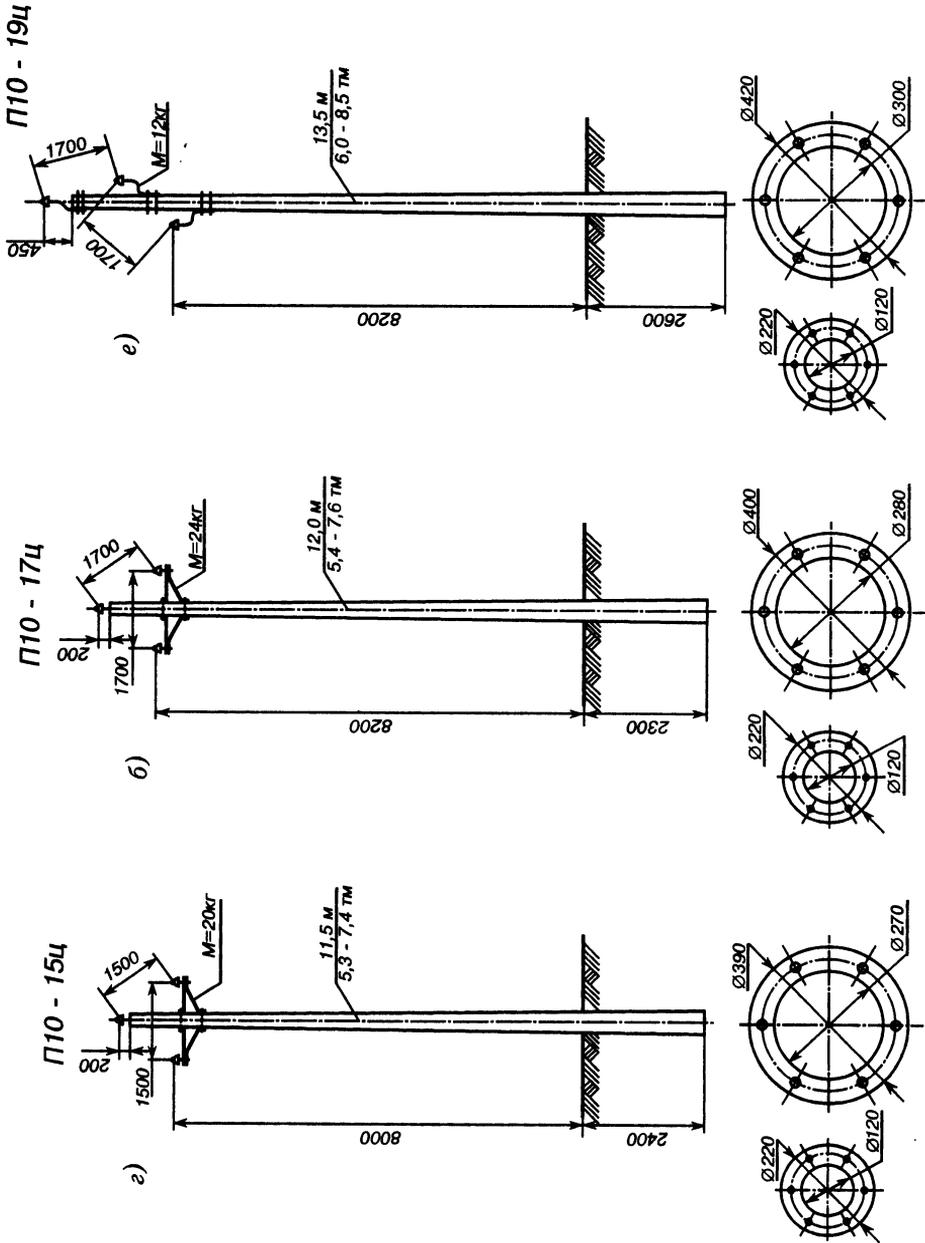


Рис. 2.2.50. Промежуточные опоры ВЛ 10 кВ со штыревыми изоляторами на центрированных стойках



Продолжение рис.2.2.50

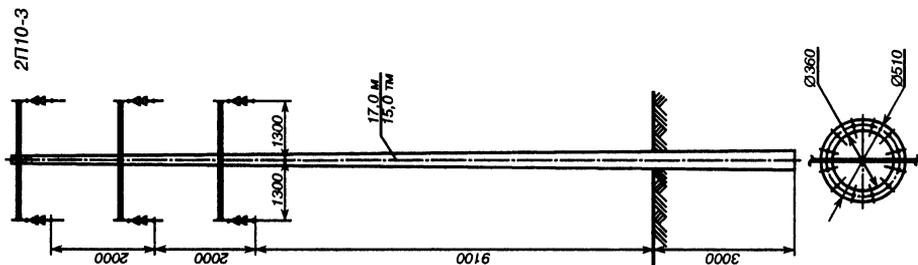
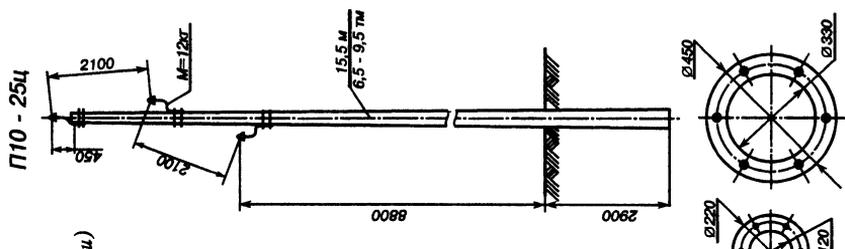
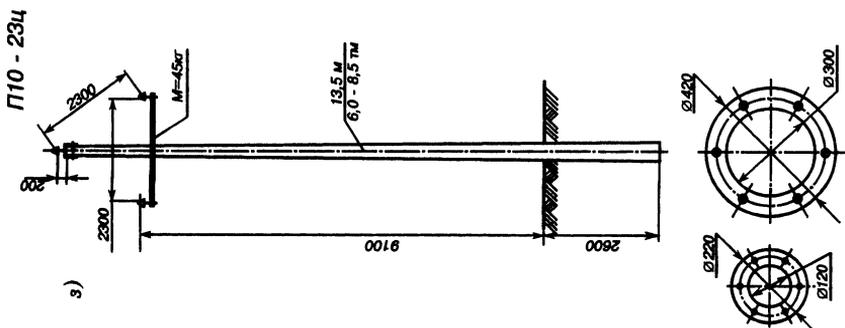


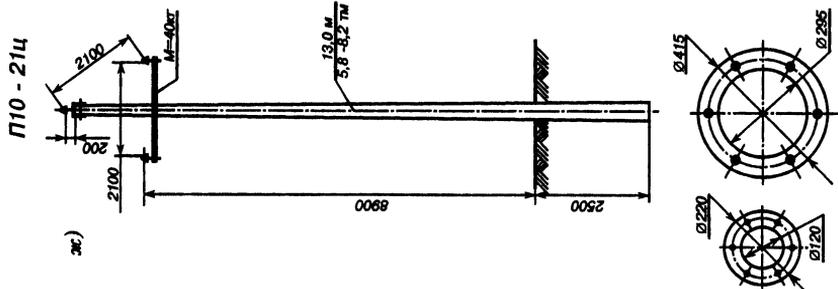
Рис. 2.2.51. Центрифугированная железобетонная опора двухцепной ВЛ 10 кВ (тип опоры — 2П10-3)



и)



з)



ж)

Продолжение рис. 2.2.50

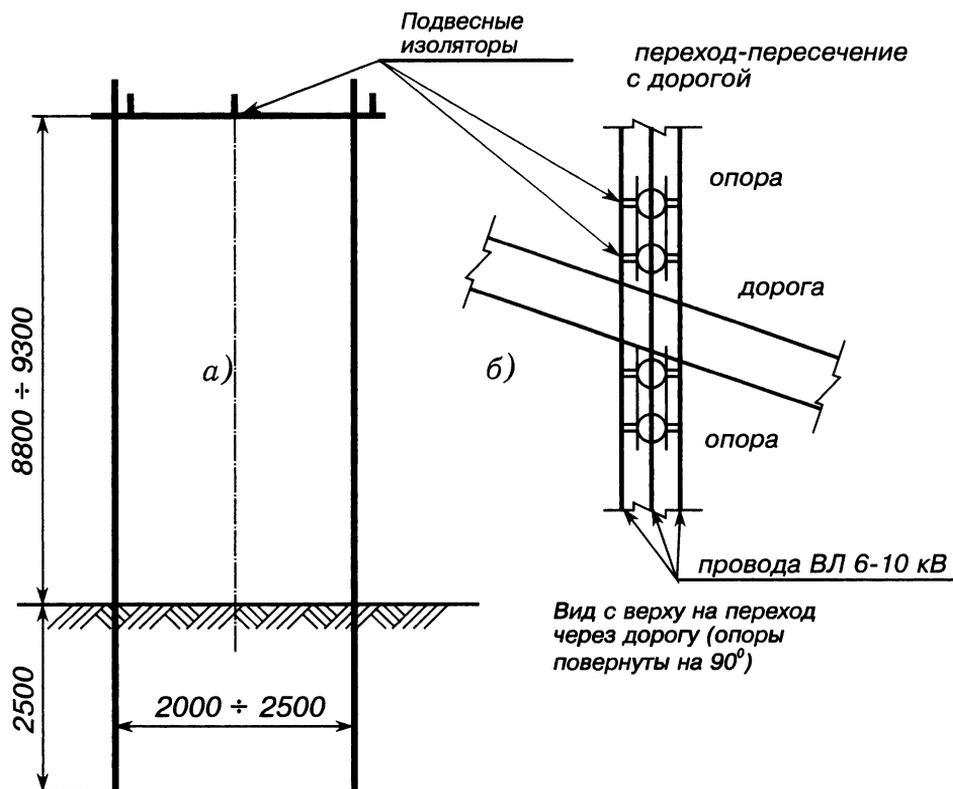


Рис. 2.2.52. П-образные ж.б. опоры ВЛ 6–10 кВ для малых углов поворота трассы:

a — угловая опора; *б* — конечная или переходная опора (разработана в Мосэнерго в 1993 году)

Провода крайних фаз укрепляют: на деревянных опорах — на арматуре, приведенной на рис. 2.4.10, 2.4.11 и 2.4.137, 2.4.138; а на ж.б. опорах — на рис. 2.4.139.

Таблица 2.2.16. Зависимость угла поворота трассы ВЛ с П-образными опорами от расстояния между стойками (к рис. 2.2.52.)

Расстояние между стойками, м	Угол поворота* трассы ВЛ
1,0	11°
1,5	26°
2,0	32°
2,5	38°

* Для опор ВЛ 6-10 кВ.

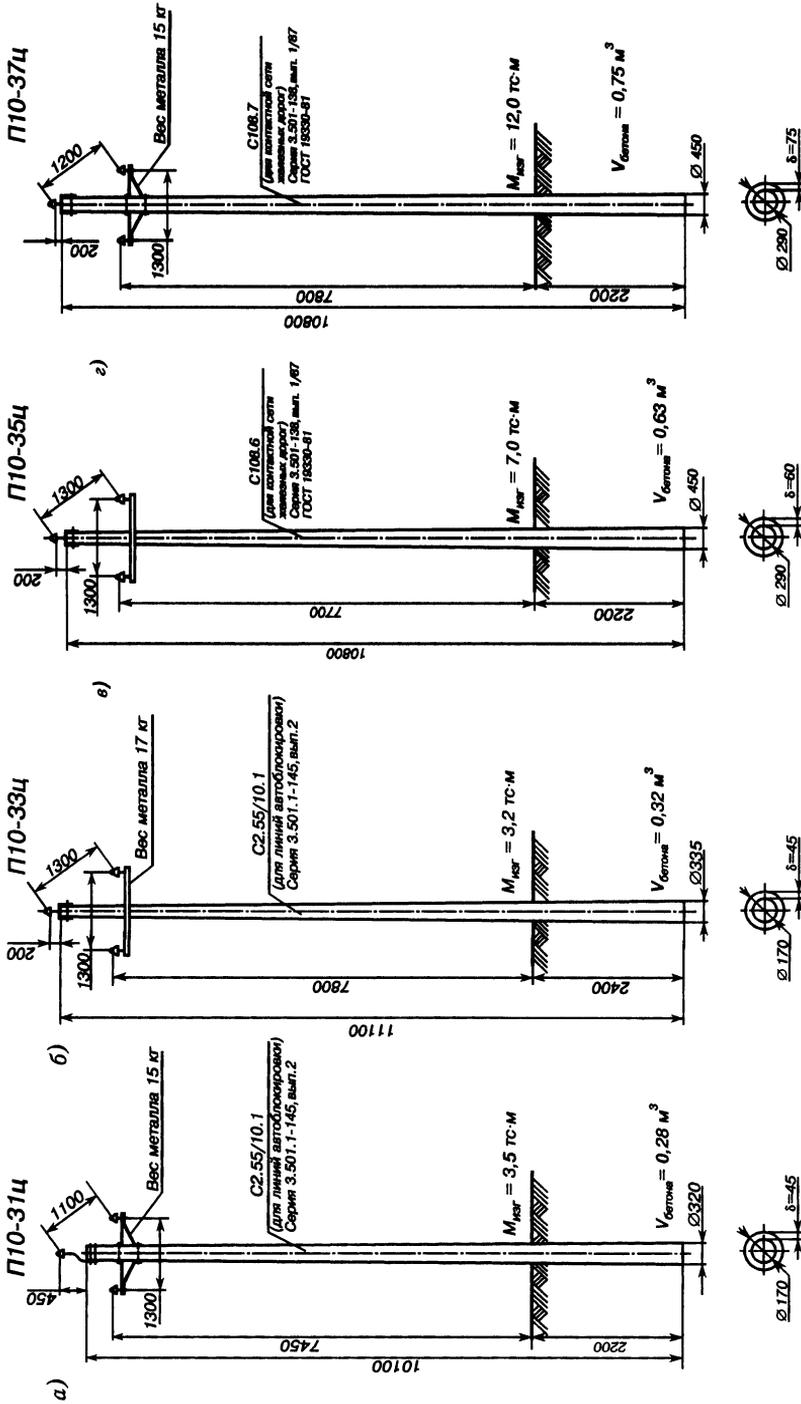
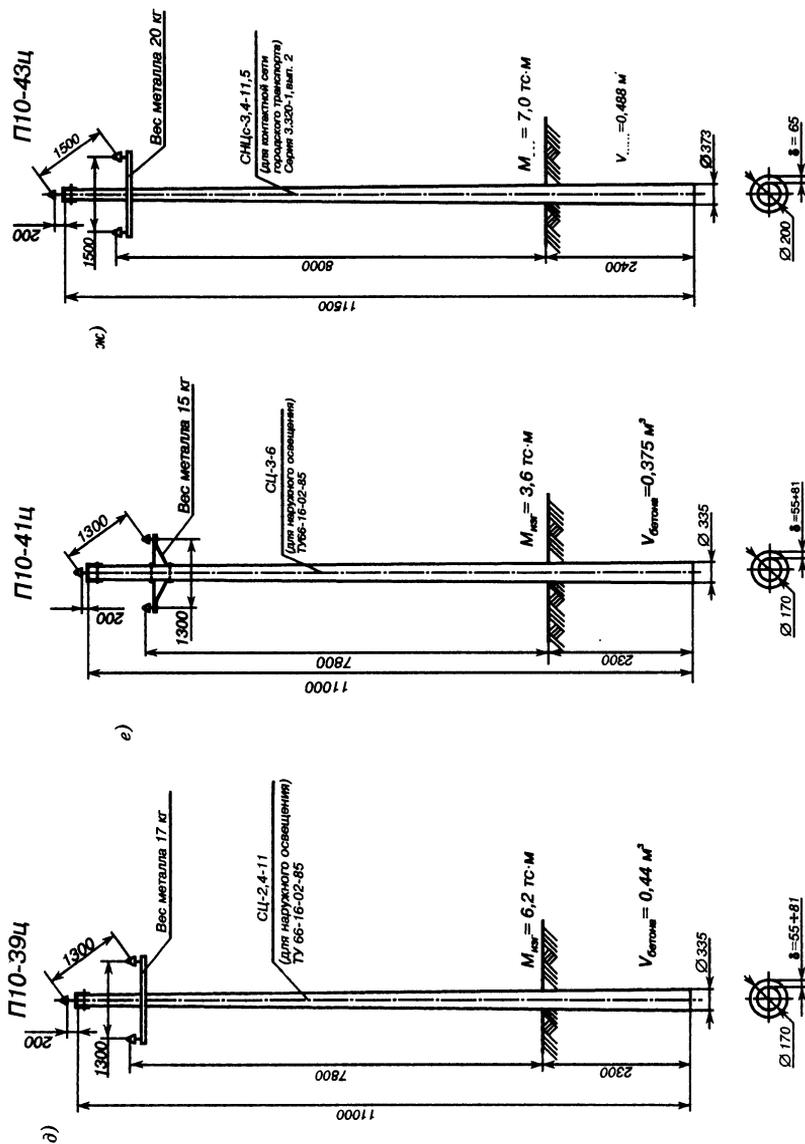


Рис. 2.2.53. Промежуточные опоры ВЛ 10 кВ на существующих центрированных стойках



Продолжение рис. 2.2.53.

Табл. 2.2.17. Промежуточные опоры ВЛ 10 кВ на существующих центрофугированных стойках (к рис. 2.2.53.).

Тип	Марка стойки	Изгибающий момент, тс·м	Объем бетона, м ³	Масса, т
П10-31ц	С2. 55/10. 1	3,5	0,28	0,7
П10-33ц	С2/11.1	3,2	0,32	0,8
П10-35ц	С 108. 6	7,0	0,63	1,575
П10-37ц	С 108. 7	12,0	0,75	1,875
П10-39ц	Сц-2,4-11	6,2	0,44	1,100
П10-41ц	Сц-3-6	3,6	0,375	0,94
П10-43ц	Снц-3,4-11,5	7,0	0,488	1,225

2.2.4. Железобетонные опоры ВЛ 0,4–10 кВ, выполненные по типовому проекту 3.407.1–143 (взамен типового проекта 3.407–101)

1. В проекте разработаны опоры на железобетонных стойках СВ110-1-а и СВ110-3,5 по ТУ 3412.10365-88 и СВ105-3,6 и СВ105-5 по ТУ 3412.11357-88.

В связи с тем, что Постановлением Госстроя СССР от 28.12.89 г. №163 отменены ГОСТ 23617-79 и ГОСТ 26071-84, а требования к стойкам длиной 10,5 м и их маркировка в технических условиях изменены, в данном проекте приведены рабочие чертежи стоек СВ105-3,6 и СВ105-5. Рабочие чертежи стойки СВ110-3,5 приведены в типовой серии 3.407.1-143, а стойки СВ110-1-а в проекте арх. № 7.0597.

В проекте приведены рабочие чертежи стоек длиной 10,5 и 11 м, предназначенных для применения в агрессивных средах и имеющих следующую маркировку: СВ105-3,6-IV, СВ105-5-IV и СВ110-3,5-IV.

Таблица 2.2.18. Расчетные пролеты для промежуточных опор ВЛ 10 кВ на стойках СВ105-3,6, СВ105-5, СВ110-1-а, СВ110-3,5 при применении арматуры класса Ат-VI в слабоагрессивной среде.

Ветровой район	I, II -40 даН/м ²			III -50 даН/м ²			IV -65 даН/м ²			V -80 даН/м ²		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Толщина стенки гололеда, мм	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Расчетный пролет, м	75	70	60	65	65	60	35	35	35	15	15	15

Таблица 2.2.19. Расчетные пролеты для промежуточных опор ВЛ 10 кВ на специальных стойках с арматурой А-IV в слабоагрессивной и агрессивных средах.

Ветровой район		I, II –40 даН/м ²			III –50 даН/м ²			IV –65 даН/м ²			V –80 даН/м ²		
Толщина стенки гололеда, мм		5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Расчетный пролет, м	Стойки СВ105–3,6–IV, СВ110–1–а–IV, СВ110–3,5–IV	75	70	60	75	70	60	55	55	55	30	30	30
	Стойка СВ105–5–IV	75	70	60	75	70	60	75	65	55	70	65	55

В данном проекте в табл. 2.2.18 и 2.2.19. приведены расчетные пролеты для промежуточных опор в зависимости от степени агрессивности грунтовой среды, марки стойки и класса арматуры.

В районах, где для опор ВЛ 10 кВ используются одновременно стойки длиной 10,5 и 11 м, рекомендуется применять унифицированный узел У1 крепления стойки к подкосу. При применении опор на стойках длиной 11 м может использоваться вместо узла марки У1 узел марки У4.

Стальные конструкции для опор ВЛ 10 кВ должны изготавливаться по ТУ 3412.11397–89 «Конструкции стальных опор ВЛ 0,4–35 кВ».

Опоры предназначены для применения в I–III районах по гололеду и в I–V ветровых районах для ненаселенной местности.

При этом стойки СВ105–3,6, СВ110–1–а и СВ110–3,5 рекомендуются применять в I, II районах по гололеду и в I...III ветровых районах.

2. Расчетные пролеты на чертежах опор приведены для неагрессивной среды. При проектировании ВЛ в районах с агрессивными грунтовыми средами пролеты не должны превышать величин, указанных в табл. 2.2.18. и табл. 2.2.19., причем в среднеагрессивной среде должны применяться железобетонные стойки с арматурой класса А–IV.

В соответствии с решением коллегии Минэнерго СССР от 31.05.89 г. №4 намечены дополнительные меры по повышению устойчивости ВЛ в следующих энергосистемах: Ставропольэнерго, Каббалэнерго, Краснодарэнерго, Ростовэнерго, Калмэнерго, Воронежэнерго, Липецкэнерго, Белгородэнерго, Пензаэнерго, Харьковэнерго, Одессаэнерго, Львовэнерго, Днепроэнерго, Донбассэнерго, Крымэнерго, Молдэнерго, Башкирэнерго, Запказэнерго и Сахалинэнерго (19 аварийных систем).

Указанным энергосистемам предоставлено право расчетные нагрузки на ВЛ выбирать по максимально наблюдаемым при эксплуатации ВЛ.

Принятые в данном проекте повышенные нормативные климатические нагрузки для 19 энергосистем в зависимости от обычных РКУ даны в табл. 2.2.20, 2.2.21, 2.2.22.

Таблица 2.2.20. Климатические параметры для расчета опор и проводов в аварийных энергосистемах (по перечню решения коллегии Минэнерго СССР от 31.05.89 г. № 46)

Район по гололеду	I	II	III	IV
Нормативная толщина стенки гололеда, принятая в расчете для обычных энергосистем, мм	5	10	15	20
Нормативная толщина стенки гололеда, принятая в расчете для аварийных энергосистем, мм	10	15	25	30
Район по ветру	I, II	III	IV	V
Максимальное нормативное ветровое давление, принятое в расчете для обычных энергосистем, даН/м ²	40	50	65	80
Максимальное нормативное ветровое давление, принятое в расчете для аварийных энергосистем, даН/м ²	65	80	100	125
Нормативное ветровое давление при гололеде, принятое в расчете для аварийных энергосистем, даН/м ²	20	20	25	30

Таблица 2.2.21. Рекомендации по выбору стоек в обычных энергосистемах

Ветровой район		I...III, 40...50 даН/м ²	IV, 65 даН/м ²	V, 80 даН/м ²
Толщина стенки гололеда, мм		5, 10	15	5, 10, 15
Степень агрессивности	неагрессивная	CB 105-3,6; CB 110-3,5; CB 110-1-a	CB 105-5; (CB105-3,6; CB110-3,5; CB110-1-a)	CB105-5
	слабоагрессивная			
	среднеагрессивная	CB 105-3,6-IV; CB 110-3,5-IV; CB 110-1-a-IV	CB 105-5-IV; (CB105-3,6-IV; CB110-3,5-IV; CB110-1-a-IV)	CB105-5-IV

Таблица 2.2.22. Рекомендации по выбору стоек в аварийных энергосистемах

Ветровой район		I...III, 40...50 даН/м ²	IV, 65 даН/м ²	V, 80 даН/м ²
Толщина стенки гололеда, мм		5, 10, 15	5, 10, 15	5, 10, 15
Степень агрессивности	неагрессивная	CB 105-5; (CB105-3,6; CB110-3,5; CB110-1-a)	CB105-5	
	слабоагрессивная			
	среднеагрессивная	CB 105-5-IV; (CB105-3,6-IV; CB110-3,5-IV; CB110-1-a-IV)	CB105-5-IV	

В скобках указаны допустимые, но менее надежные типы стоек. Окончательный выбор марки стойки для проектирования ВЛ должен производиться проектировщиком совместно с заказчиком, подрядчиком и изготовителем стоек.

3. Провода, изоляторы, арматура

На опорах данного проекта предусмотрена подвеска сталеалюминиевых проводов по ГОСТ 839–80: АС35/6,2, АС50/8,0 и АС70/11, а также алюминиевых проводов А70, А95 и А120.

В аварийных энергосистемах, в III районе по гололеду должны применяться, как правило, провода АС50/8,0 и АС70/11.

В проекте приняты унифицированные пролеты, пригодные для всех указанных в первом абзаце п.3.

Величины принятых в данном проекте максимальных напряжений в проводах при нормативной нагрузке приведены в табл. 2.2.23.

Таблица 2.2.23.

Марка и сечение провода	Максимальное напряжение в проводе, МПа (кг/мм ²) при нормативной нагрузке		Максимальное тяжение в проводе, T _{max} , кН (кг)
	при наибольшей нагрузке или при низкой температуре	при среднегодовой температуре	
А 70	63 (6,3)	35 (3,5)	4,3 (430)
А 95	54 (5,4)	35 (3,5)	5,0 (500)
А 120	43 (4,3)	35 (3,5)	5,0 (500)
АС 35/6,2	116 (11,6)	40 (4,0)	5,0 (500)
АС 50/8,0	89 (8,9)	40 (4,0)	5,0 (500)
АС 70/11	63 (6,3)	40 (4,0)	5,0 (500)

Натяжку проводов следует выполнять в соответствии с таблицами по РУМ Сельэнергопроекта, 1985 г., август-сентябрь.

Длину анкерowanego участка принимать не более 1,5 км для I и II районов по гололеду и не более 1 км для III района по гололеду.

На опорах должны использоваться штыревые изоляторы ШФ10Г по ТУ 34.13–11229–87, ШС10Д по ТУ 34.13–10012–88 и ШФ20Г по ТУ 34.13–11214–87.

Крепление проводов к штыревым изоляторам на промежуточных опорах см. вып. 1 и 2 серии 3.407.1–143: «Крепление проводов к штыревым изоляторам на опорах».

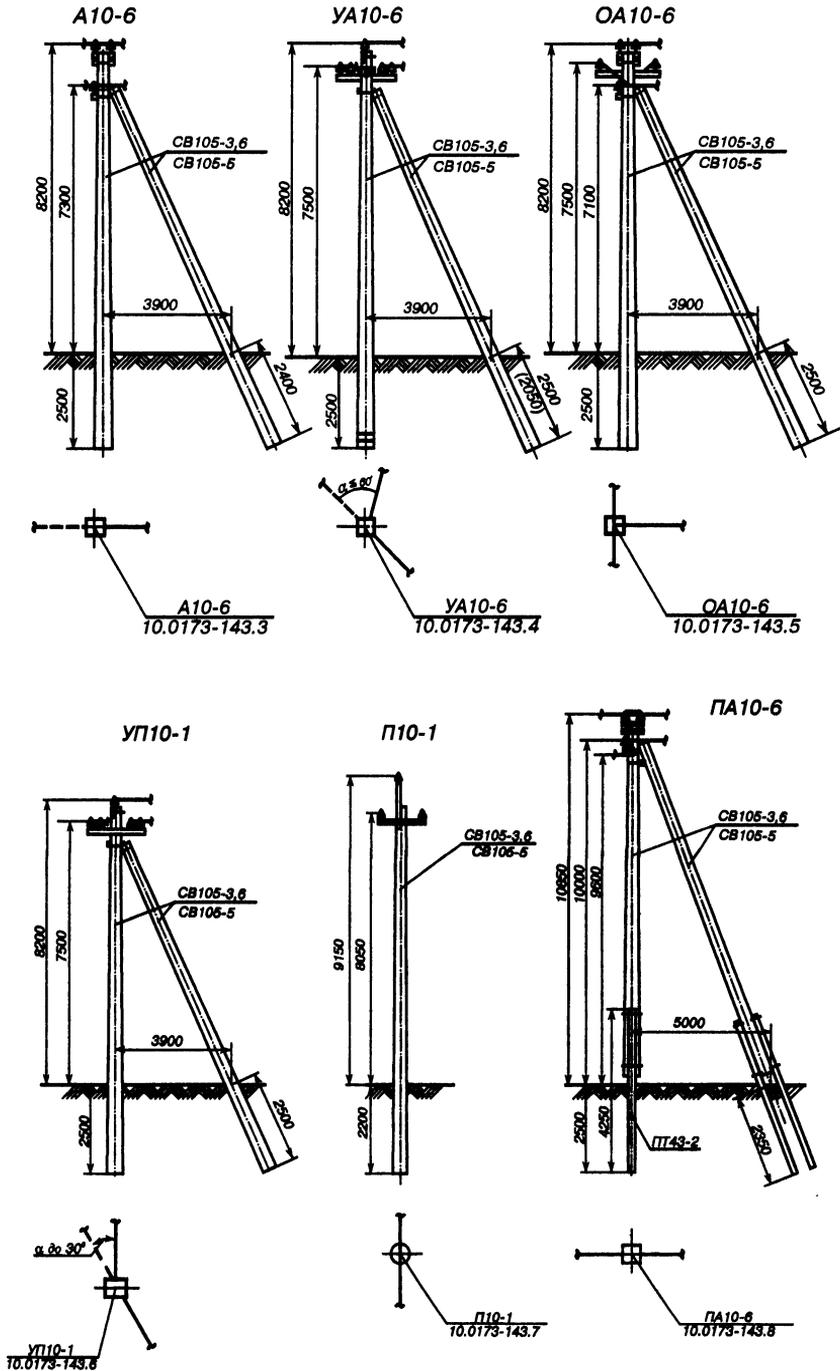


Рис. 2.2.54. Номенклатура опор 10 кВ по типовому проекту 3.407.1-143 (продолжение рисунка см. на стр. 322)

Таблица 2.2.24. Спецификация элементов опор

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	К о л	
			А10-6	УА10-6
<u>Железобетонные элементы</u>				
СВ105–3,6	10.0173–143	Стойка СВ105–3,6	2	3
СВ105–5	10.0173–143	Стойка СВ105–5		
СВ110–3,5	3.407.1–143.7.2	Стойка СВ 110–3,5	—	—
ПТ43–2	3.407–57/87	Приставка ПТ43–2	—	—
<u>Всего на опору, кг</u>			2360	3540
<u>Стальные элементы</u>				
ТМ 1	3.407.1–143.8.1	Траверса ТМ 1	—	—
ТМ 5	3.407.1–143.8.5	Траверса ТМ 5	1(2)	1
ТМ 9	3.407.1–143.8.9	Траверса ТМ 9	—	—
ОГ 1	3.407.1–143.8.26	Оголовок ОГ 1	1(2)	1
ОГ 9	3.407.1–143.8.32	Оголовок ОГ 9	—	—
х 1	3.407.1–143.8.49	Хомут х 1	1	1
х 2	3.407.1–143.8.49	Хомут х 2	1(2)	1
х 42	3.407.1–143.8.49	Хомут х 42	—	—
х 24	3.407.1–143.8.73	Хомут х 24	—	—
У 1	3.407.1–143.8.40	Кронштейн У 1	1	2
Г 6	3.407.1–143.8.72	Упор Г6	—	—
ЗП 1	3.407.1–143.8.54	Проводник ЗП 1, м	2,0	2,0
<u>Всего на опору, кг</u>			36,5(63,0)	43,5
<u>Изоляторы. Линейная арматура</u>				
1		Изолятор ШФ20Г		
		ТУ34.13–11214–87	6	6
2		Колпачок К–6		
		ГОСТ 18380–80	—	—
3		Колпачок К–9		
		ГОСТ 18380–80	6	6
4	10.0173–143	Крепление провода	6	6
5		Зажим ПС–2 ГОСТ 4261–82	2	3
6		Зажим ПА ГОСТ 4261–82	3	3

* В районах с повышенной вероятностью гибели крупных птиц на опорах применяется траверса ТМ 24 (докум. 3.407.1–143.8.24) весом 19,8 кг

** Крепление провода см. докум. 3.407.1–143.1.28.

*** На стойке СВ 110–1–а оголовок ОГ 9 и хомут Х 42 к нему не устанавливать.

Данные в скобках — для анкерных опор с двойным креплением проводов.

(проект 3.407.0173-143)

и ч е с т в о н а о п о р у , ш т										Масса, ед., кг
ОА10-6	УПО-1	ППО-1	ПА10-6	А10-7	УА10-7	ОА10-7	УПО-7	ППО-3	ПА10-7	
2	2?	1	2	—	—	—	—	—	—	1180
—	—	—	—	2	3	2	2	1	2	1180
—	—	—	4	—	—	—	—	—	4	1125
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	325
2360	2360	1180	3660	2250	3375	2250	2250	1125	3550	
—	—	1*	—	—	—	—	—	—	—	17,2
1	1	—	2	1(2)	1	1	1	—	2	17,3
1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	10,1
1(2)	1	—	2	1(2)	1	1(2)	1	—	2	7,8
—	—	—	—	—	—	—	—	1***	—	2,5
2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,2
1	1	—	2	1(2)	1	1	1	—	2	1,4
—	—	—	—	—	—	—	—	2***	—	1,2
—	—	—	8	—	—	—	—	—	8	4,7
1	1	—	1	1	2	1	1	—	1	7,0
—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	2,6
2,0	2,0	—	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,9
47,8(55,6)	36,5	18,4	105,8	36,5(63,0)	43,5	47,8(55,6)	36,5	16,8	105,8	
6(10)	6	3	12	6	6	6(10)	6	3	12	3,5
2	2	3	—	—	—	2	—	3	—	0,02
4(8)	6	—	12	6	6	4(8)	6	—	12	0,03
6(7)	6**	3**	6	6	6	6(7)	6**	3**	6	<input type="text"/>
2	2	1	2	2	3	2	2	1	2	0,05
3	3	—	3							<input type="text"/>

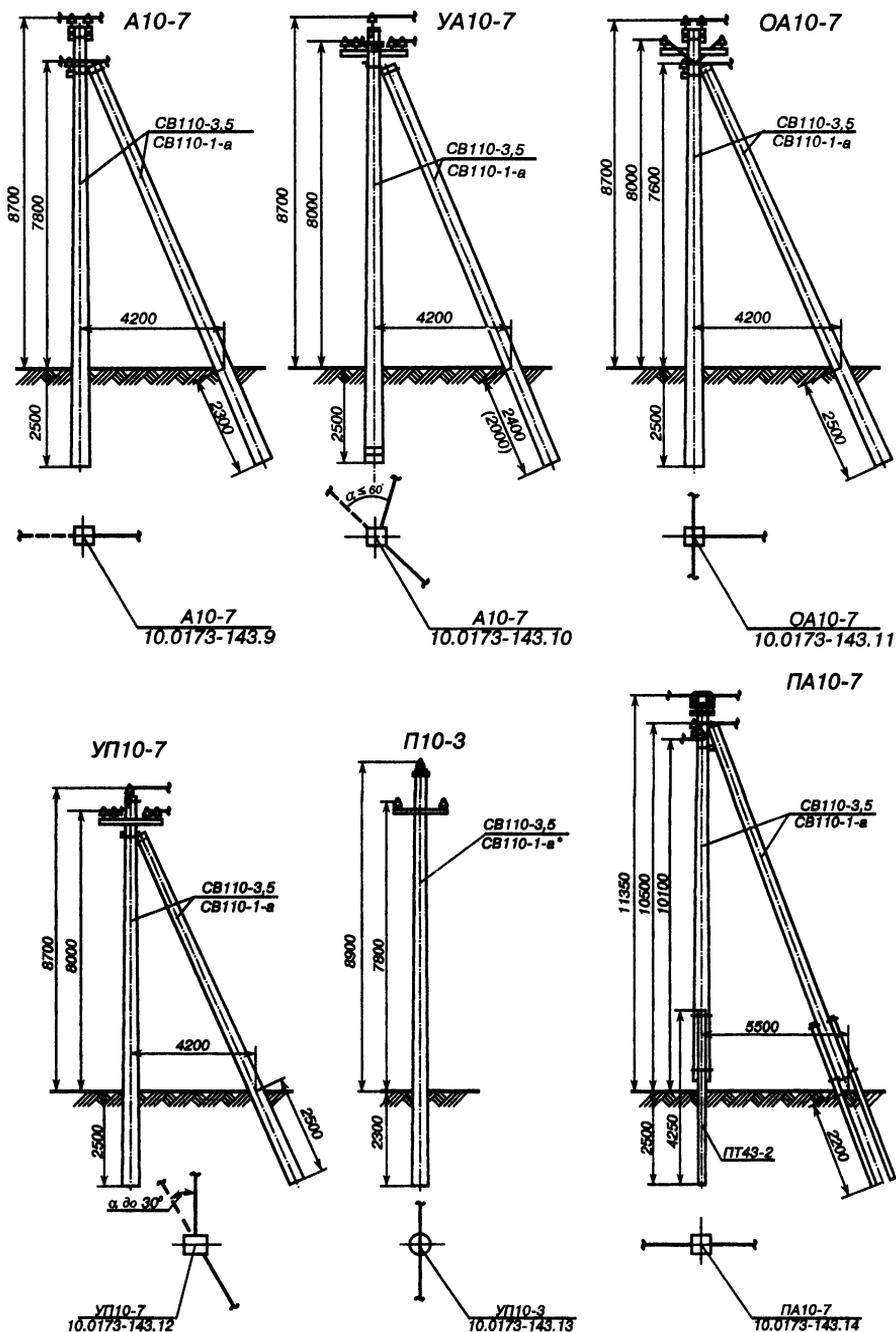


Рис. 2.2.54. Продолжение

2.2.5. О новых опорах ВЛ 0,4–35 кВ

Одним из путей повышения надежности электрических сетей является использование новых, более совершенных конструкций опор ВЛ и типов трансформаторных подстанций. В связи с этим институт «Сельэнергопроект» разработал концепцию совершенствования этих конструкций. В ней на период до 2000 г. определены главные направления дальнейшего повышения надежности сельских сетей, основными из которых являются унификация и оптимизация конструктивных решений. Для реализации этих направлений обоснованы количество и типоразмеры стоек опор, применяемых при строительстве ВЛ, в зависимости от климатических условий и категории надежности потребителей; возможности применения одних и тех же типов стоек, изоляции и марок проводов при строительстве ВЛ 0,4, 10, 35 кВ; требования строительно-монтажных организаций, учитывающие оснащенность механизированных колонн строительными машинами и механизмами, а также намечаемые новые кадастровые цены на землю и новые цены на материалы.

Институт «Сельэнергопроект» разработал ряд новых конструкций опор, в том числе:

железобетонные опоры ВЛ 0,4 кВ с изолированными проводами. Для этих опор используются стойки высотой 9,5 м и новые, уже прошедшие испытания стойки высотой 8,5 м. По сравнению с использованием традиционных железобетонных опор применение этих опор при строительстве 1 км ВЛ 0,4 кВ позволяет сэкономить 300–600 кг стали, до 5 м³ бетона, снизить трудозатраты на 10%;

одноцепные деревянные опоры ВЛ 6, 10 кВ на железобетонных приставках, имеющие безтраверсное крепление проводов. Применение таких опор при строительстве 1 км линии электропередачи способствует снижению расхода древесины на 1,5 м³, стали на 580 кг (с учетом использования напряженных приставок), повышению долговечности опор и сокращению трудозатрат при строительстве ВЛ;

опоры ВЛ 10 кВ на железобетонных стойках кольцевого сечения, изготавливаемые методом напорного бетонирования.

Все указанные выше опоры предназначены для повышения надежности ВЛ 10 кВ и удовлетворяют повышенным нормативным требованиям, изложенным в новой редакции «Правил устройства электроустановок» (7-е изд.).

В настоящее время институтом «Сельэнергопроект» разработана и смонтирована многоместная форма (на три стойки овального сечения), предназначенная для изготовления новых стоек, а на Перовском заводе НПО Энергостройпром сооружена технологическая линия для выпуска таких стоек.

Кроме того институт спроектировал железобетонные центрифугированные опоры линий электропередачи, обеспечивающие электроснабжение потребителей I категории надежности, а также сооружаемых в сложных климатических условиях и в районах, где предъявляются повышенные требования к эстетическому виду опор ВЛ.

Совместно с НИИЖБ и СибНИИЭ «Сельэнергопроект» намечает создать бетонные стойки со стеклопластиковой арматурой. Применение таких стоек при сооружении 1 км ВЛ позволит сэкономить 2–3 т стали.

Разработан проект “Одноцепные железобетонные опоры ВЛ 10 кВ с полиолефиновыми изоляторами”. Использование таких изоляторов приведет к существенному сокращению массы и длины изолирующих подвесок, снижению их металлоемкости, уменьшению повреждений изоляторов при транспортировке и монтаже, упрощению выполнения строительно-монтажных работ и повышению ремонтпригодности линий электропередачи.

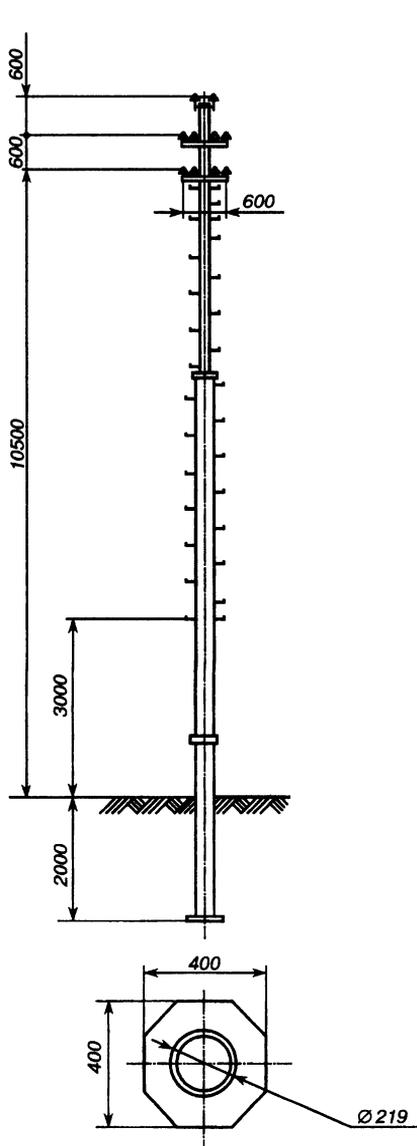


Рис. 2.2.55. Переходная железобетонно-металлическая опора ВЛ 0,4 кВ

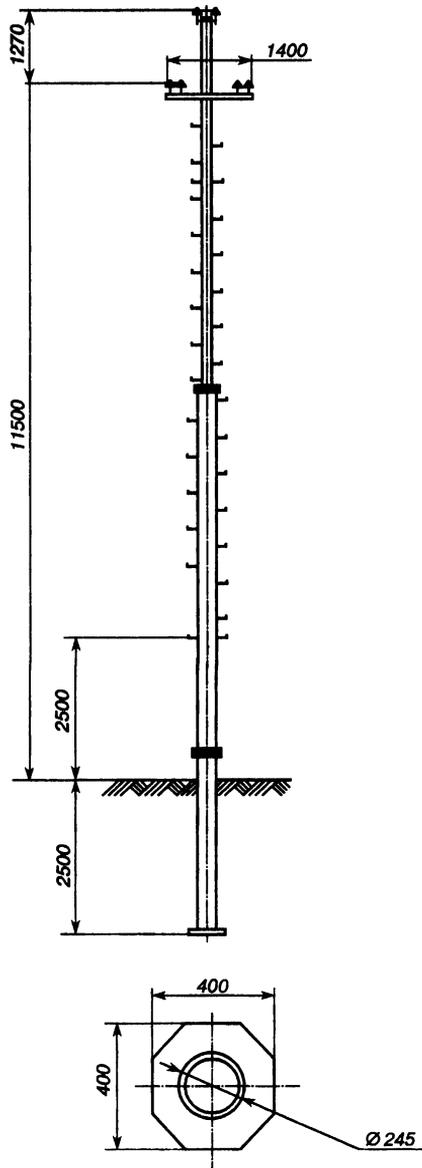


Рис. 2.2.56. Переходная железобетонно-металлическая опора ВЛ 10 кВ

В дополнение к опорам, разработанным по ранним типовым проектам, институт «Сельэнергопроект» разработал в 1994–1995 годах принципиально новые типы опор: стальные опоры решетчатой конструкции из уголкового профиля и листового проката для ВЛ 10 и 35 кВ (см. рис. 2.2.60 и рис. 2.2.61), железобетонные шестигранные опоры с металлической верхней частью (рис. 2.2.55 ... 2.2.57), прямоугольные железобетонные опоры длиной 11200 мм для совместной подвески проводов ВЛ 10 кВ и самонесущих изолированных проводов ВЛ 0,4 кВ.

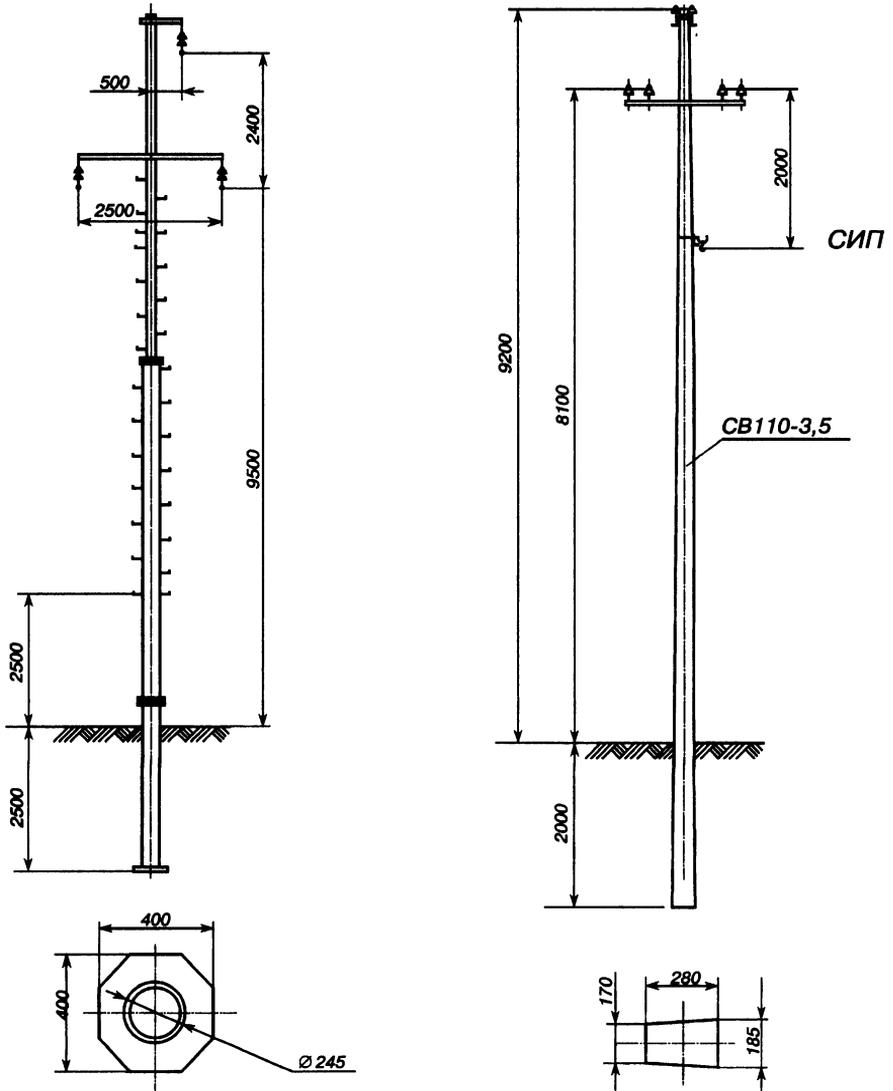


Рис. 2.2.57. Железобетонно-металлическая опора ВЛ 10 кВ для потребителей первой категории

Рис. 2.2.58. Железобетонная промежуточная опора ВЛ 10 кВ для совместной подвески проводов ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,4 кВ с проводами АМКА

На металлических опорах 10 кВ рекомендуется применять провода сечением АС–50, АС–70, АС–95. При этом длина межопорных пролетов в зависимости от района гололеда может быть от 80 до 140 м. Стойки для промежуточных опор ВЛ 10 и 35 кВ имеют длину 16,5 м, рассчитанные на изгибающий момент 120 кН·м. Анкерные опоры ВЛ 10 и 35 кВ устанавливаются на металлических фундаментах в сверленные котлованы или на типовых железобетонных грибовидных фундаментах. Масса анкерной опоры ВЛ 10 кВ — 2660 кг, ВЛ 35 кВ — 2680 кг. Промежуточные опоры ВЛ 10 и 35 кВ имеют массу 1300–1400 кг.

Опоры в габаритах 35 кВ предпочтительнее использовать на магистральных участках линий для обеспечения их надежной работы, также в местах, где трасса ВЛ не создает условий для их надежной работы (в лесу, при прохождении через высокие древесные насаждения: сады, парки и др.).

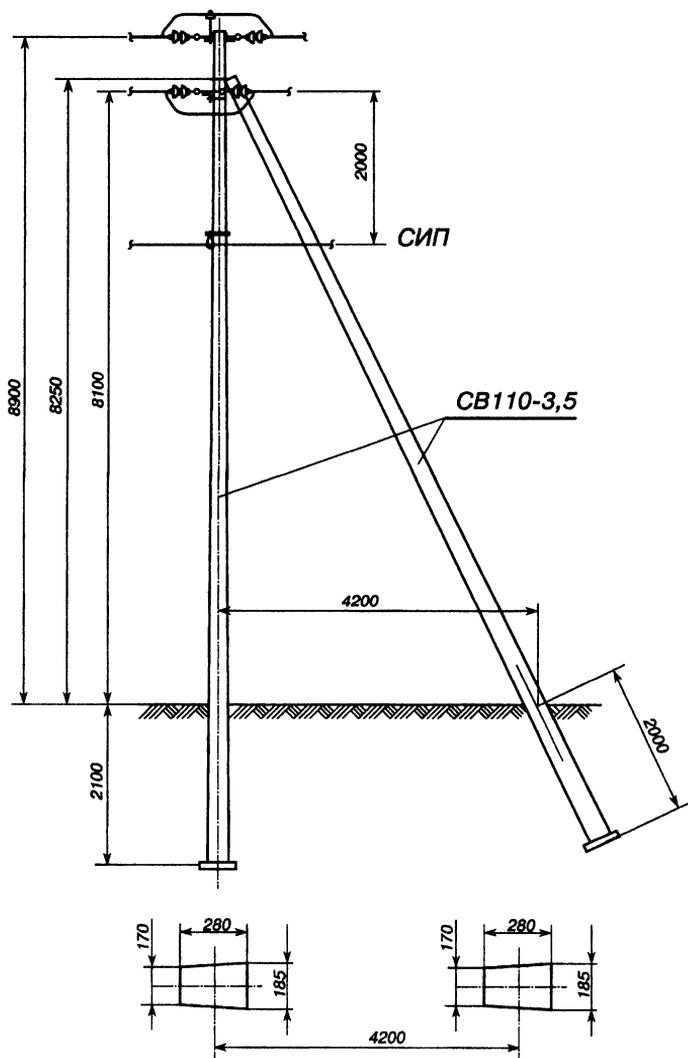


Рис. 2.2.59. Угловая железобетонная опора для совместной подвески проводов ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,4 кВ с проводами СИП (АМКА)

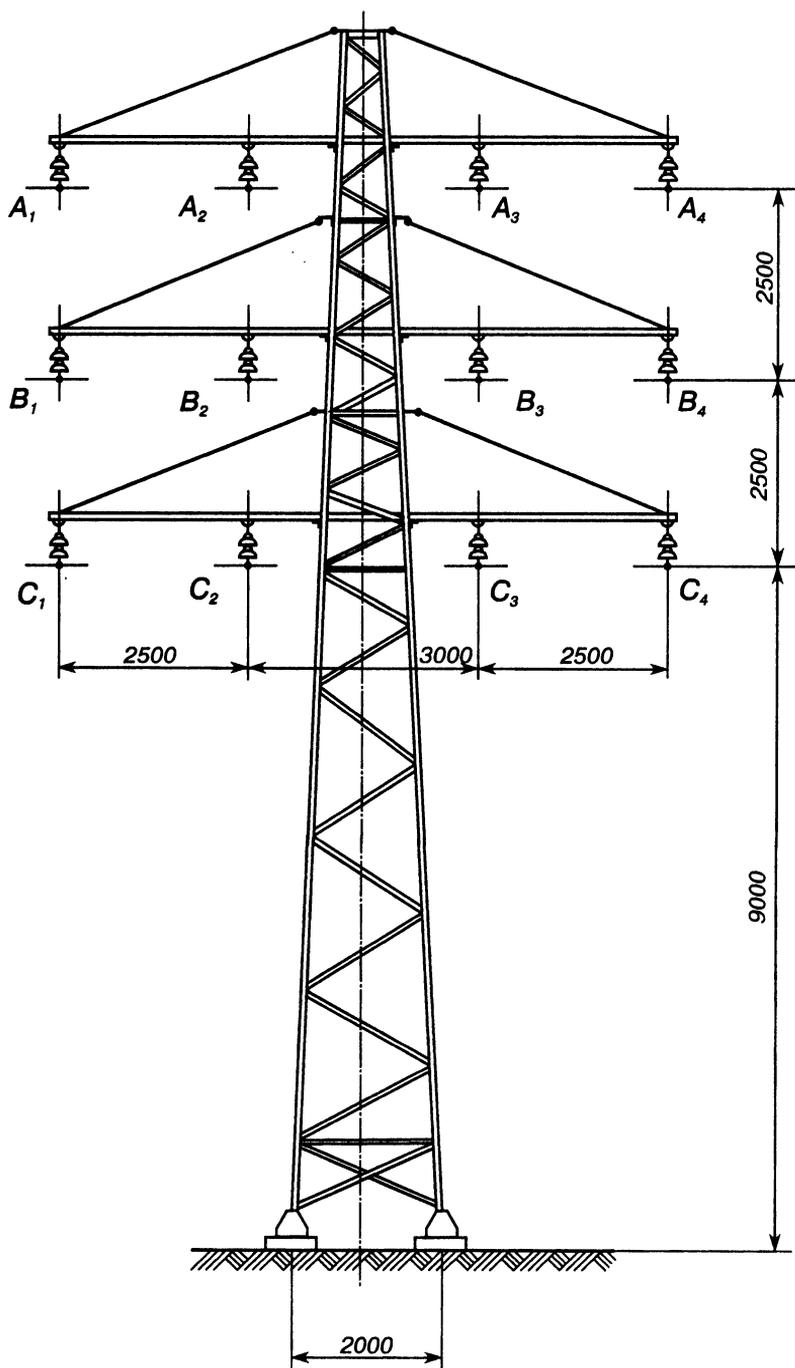
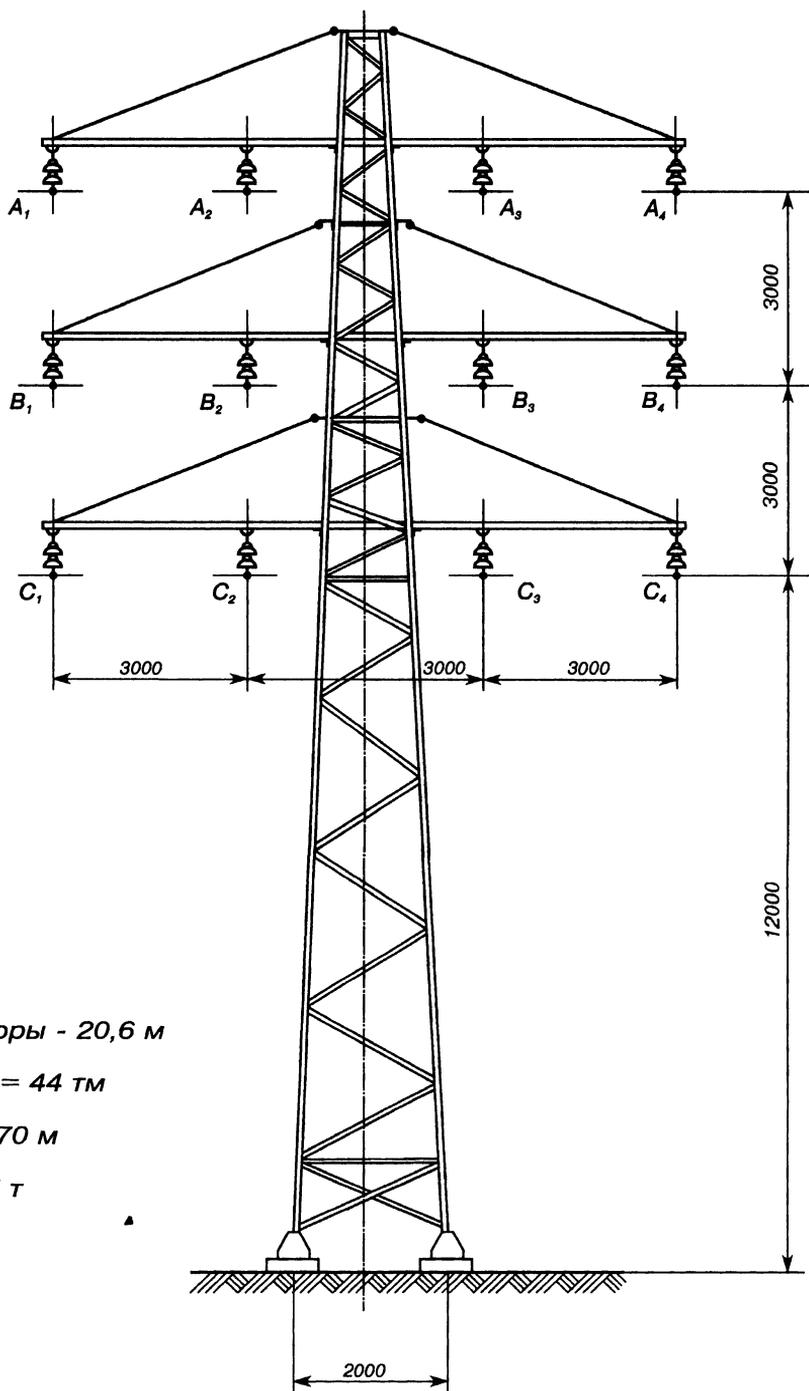


Рис. 2.2.60. Многоцепные металлические опоры ВЛ 10 кВ для I и II РКУ



Высота опоры - 20,6 м

Момент $M = 44$ тм

Пролет - 170 м

Масса - 15 т

Рис. 2.2.61. Многоцепные металлические опоры для ВЛ 10 кВ для III...V РКУ

Железобетонные опоры имеют меньший по сравнению с деревянными изгибающий момент. Поэтому их необходимо использовать в лесу, где деревья экранируют воздушную линию от действия ветра.

Древесина деревянных опор в лесу гниет быстрее, чем на открытой местности (влага, грибки гниения — особенно в наших лесах, где много гнилых деревьев: по данным энергетиков Германии в Рурском бассейне древесина опор гниет на 25% меньше, чем в сельской местности, и др.).

Оправдано для снижения повреждаемости проводов поднимать их выше высоты окружающих трассу ВЛ деревьев, используя для ВЛ 6–10 кВ опоры ВЛ 35 кВ и даже 110 кВ. Это особенно важно для магистральных участков ВЛ, когда при их аварийных отключениях может быть значительный материальный ущерб.

Также в лесу необходимо применять горизонтальные траверсы на опорах ВЛ 6–35 кВ, так как подъем проводов на высоту дополнительно на 1,5 – 1,8 м позволит избежать касания проводов отдельными деревьями, падающими из глубины леса.

В свою очередь, на открытой местности рекомендуется применять у деревянных опор две приставки на одну стойку. Это повысит устойчивость опоры при ветре, мокром снеге.

Необходимо также использовать ж.б. опоры с повышенным изгибающим моментом в зависимости от «характера» трассы ВЛ и больших ветровых и гололедных нагрузок.

В дополнение к сказанному надо добавить еще и о креплении проводов к изоляторам. Например, на промежуточных ж.б. опорах необходимо применять зажимы ЗАК–10, а на открытой местности — демферную вязку проводов и усиленные вязки проводов.

Заслуживают внимание альтернативные способы крепления опор ВЛ:

1. Стальные укрепители для деревянных опор, установленных в грунт без приставок, но простоявшие уже 4–5 лет.

2. Сращивать два короткомерных столба для получения удлиненной стойки опоры не внахлест, а встык.

3. Применять вместо деревянных или ж.б. приставок металлические трубы или трубы, разрезанные пополам.

4. Использовать для подъема деревянных стоек и для установки их в пробуренные котлованы или к предварительно установленной ж.б. или металлической приставке, устройство, которое изготавливает завод РЭТО Мосэнерго.

Опоры приведенные на рис. 2.2.60 и рис. 2.2.61, рекомендуется применять для выводов нескольких ВЛ 6–10 кВ из РП 6–10 кВ, расположенных в глубине населенных пунктов, а также в стесненных условиях их прохождения, например, на трассах ВЛ, проходящих по лесным массивам, или в коридоре ВЛ 35 кВ и выше.

2.2.6. Железобетонные опоры ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407.1–136.00

1. Основные сведения

В серию включены опоры промежуточного и анкерно-углового типа для подвески от двух до девяти проводов ВЛ и до четырех проводов проводного вещания (ПВ) в I–V ветровых районах и в I–IV и особом районах по гололеду.

Промежуточные опоры нормального габарита выполнены на железобетонных стойках СВ 95–2, анкерно-угловые и двухцепные опоры — на стойках СВ 105.

Опоры имеют следующую маркировку: в первой части буквенное обозначение типа опоры, например: П — промежуточная, К — концевая, УА — угловая анкерная, ПП — переходная промежуточная, ПОА — переходная ответвительная анкерная и т.д.; во второй части — типоразмер опоры: нечетные номера для одноцепных опор (1 или 3), четные номера для восьми- и девятипроводных ВЛ (2 или 4).

Например: К1 — концевая опора для подвески 2–5 проводов,

УА2 — угловая анкерная двухцепная опора
(для 8–9 проводов).

К основной марке опоры добавляется после дефиса количество проводов, например: П1–3 — промежуточная опора, первый типоразмер для подвески трех проводов.

Типовые конструкции серии 3.407.1–136 разработаны взамен типовых конструкций серии 3.407–122.

Данные о железобетонных стойках, используемых для опор данной серии, приведены в табл. 2.2.25.

Таблица 2.2.25. Сведения о ж.б. стойках

Марка стоек по ГОСТ 26071–84	Длина, м	Объем бетона, м ³	Варианты армирования	Масса, т	Расчетные моменты, кН·м	
					M _x	M _y
СВ 95–2	9,5	0,3	4 ∅ 10Ат–VI	0,75	19,6 (2,0)	11,8
СВ 105	10,5	0,47	4 ∅ 14Ат–VI	1,18	19,0 (5,0)	26,5
			4∅12Ат–VI + +2(4)∅12Ат–VI			

В соответствии с указанием ГОСТ 26071–84 в данной серии дополнительно приведены рабочие чертежи железобетонных стоек СВ 95–1, СВ 95–1–а и СВ 95–2–а.

Ветровые нагрузки на провода и конструкции опор определены для усло-

вий, указанных в табл. 2.2.26.

Таблица 2.2.26. Ветровые нагрузки на провода и конструкции опор

Ветровой район	Нормативный скоростной напор ветра, даН/м ²					
	Застроенная местность			Незастроенная местность		
	без гололеда, $q_{\text{макс}}$	при толщине стенки гололеда q_r		без гололеда, $q_{\text{макс}}$	при толщине стенки гололеда q_r	
		5–10 мм	15–20 мм		5–10 мм	15–20 мм
I	16	6,75	14	27	6,75	14
II	21	8,75	14	35	8,75	14
III	27	11,25	14	45	11,25	14
IV	35	13,75	14	55	13,75	14
V	45	17,5	17,5	—	—	—

2. Типы опор и их применение.

Все типы опор представлены на рис. 2.2.62 и в табл. 2.2.27.

Таблица 2.2.27. Типы железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ

Назначение опоры	Опоры нормального габарита для количества проводов		Опоры повышенные для пересечений
	2, 3, 4, 5	8, 9	
Промежуточная	П 1	П 2	ПП 1, ПП 2
Угловая промежуточная	УП 1	УП 2	—
Концевая (анкерная)	К 1	К 2, КО 2	ПА 1, ПК 1, ПК 2
Угловая анкерная	УА 1	УА 2	ПУА 1, ПУА 2
Ответвительная анкерная	ОА 1, ОА 3	ОА 2	ПОА 1, ПОА 3
Перекрестная	Пк 1	—	—

ОПОРЫ НОРМАЛЬНОГО ГАБАРИТА

1. Для подвески 2–5 проводов

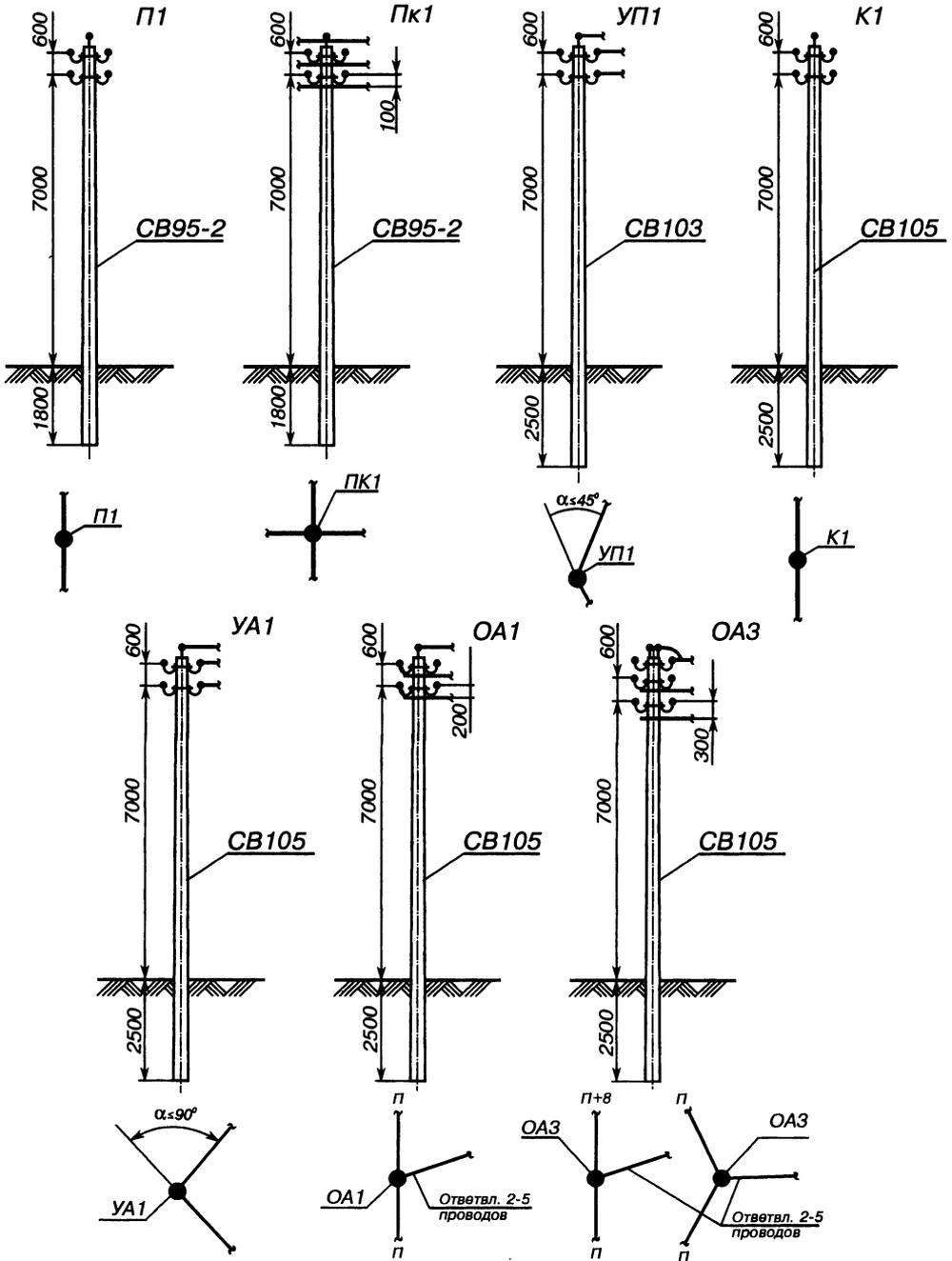


Рис. 2.2.62. Номенклатура ж.б. опор ВЛ 0,4 кВ в соответствии с выпуском серии 3.407.1–136

2. Для подвески 8-9 проводов

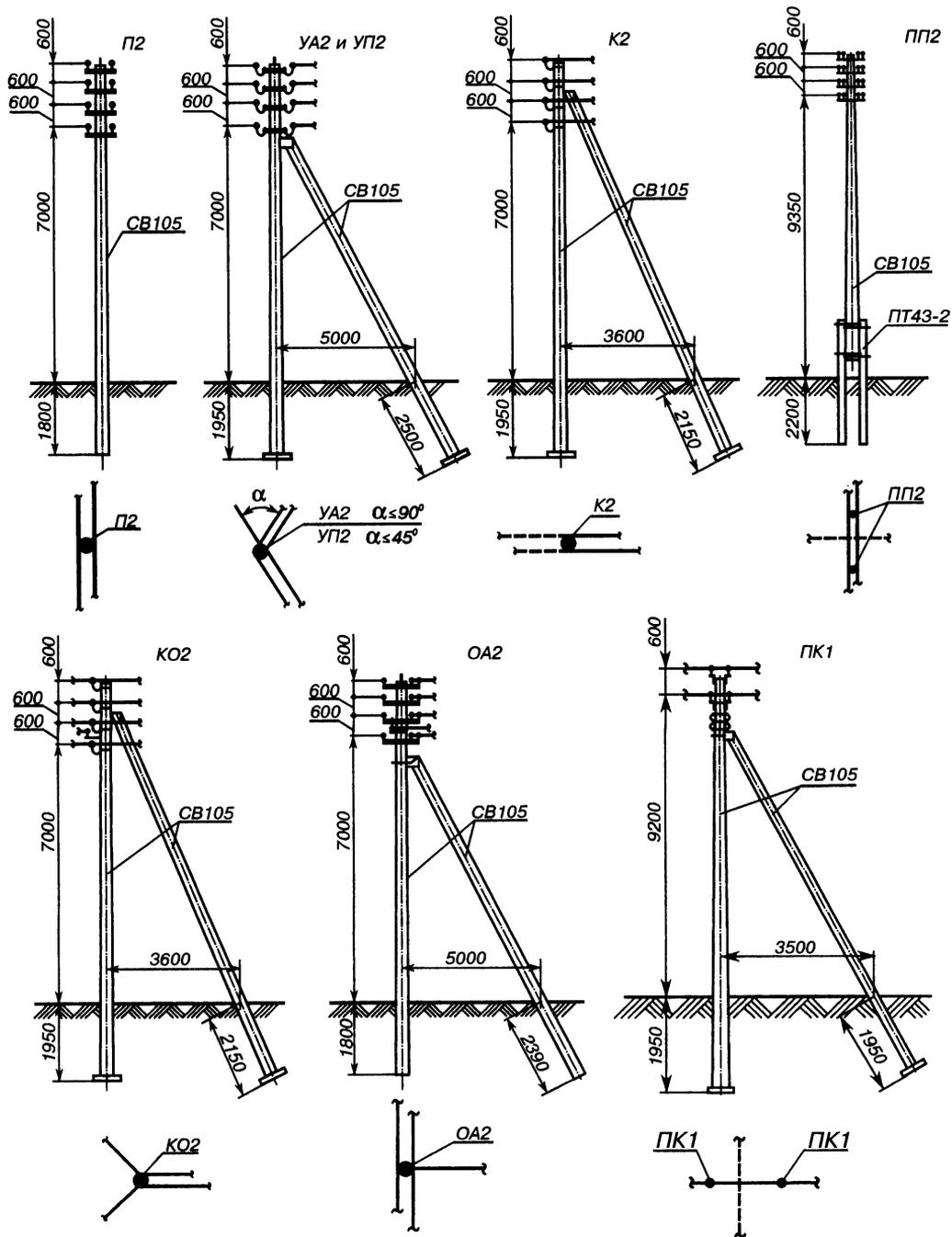


Рис. 2.2.62. Продолжение

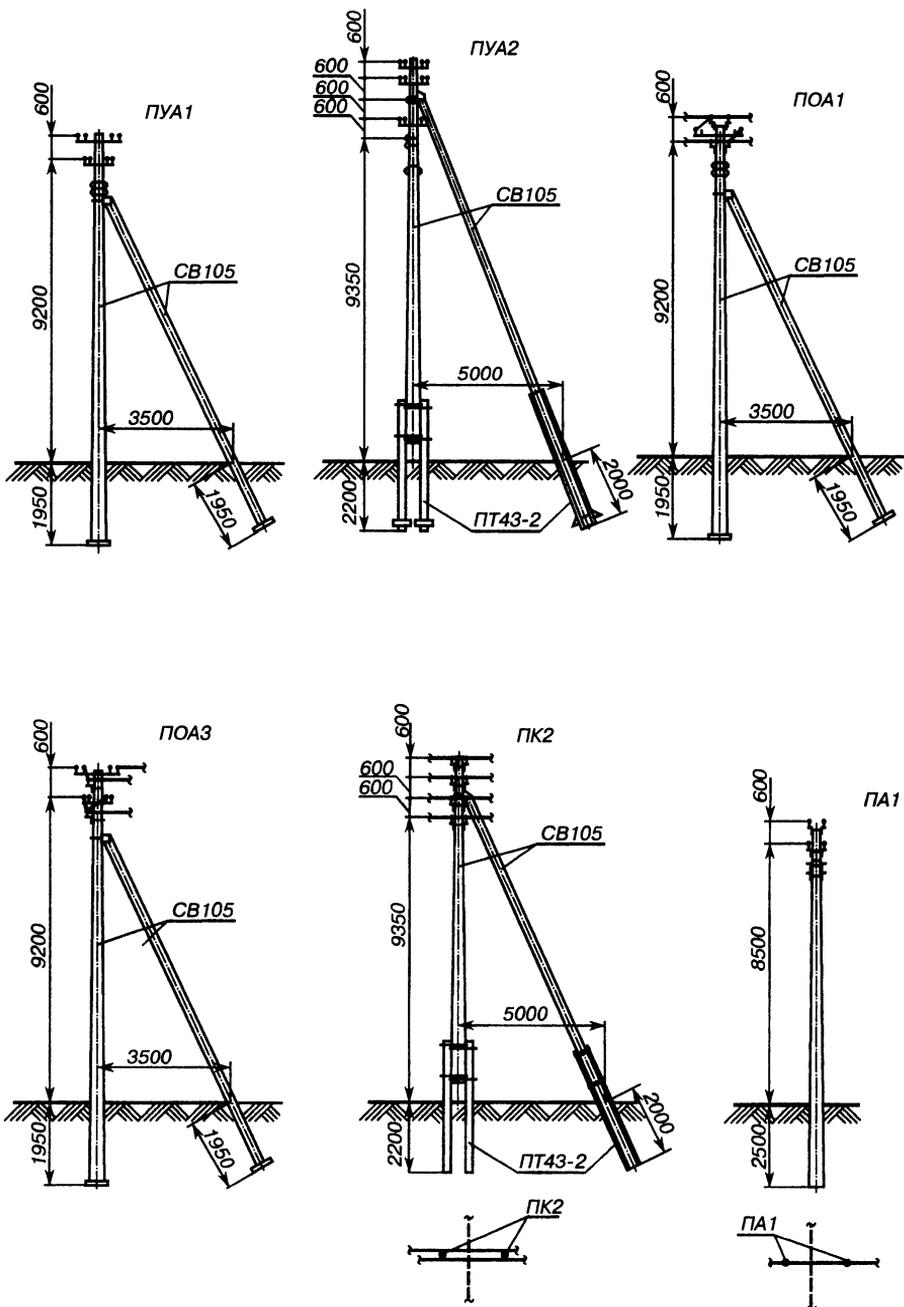
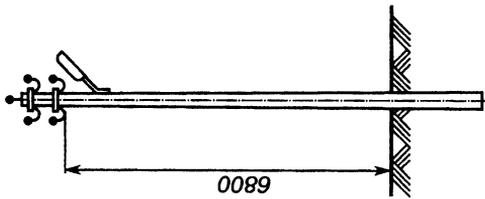
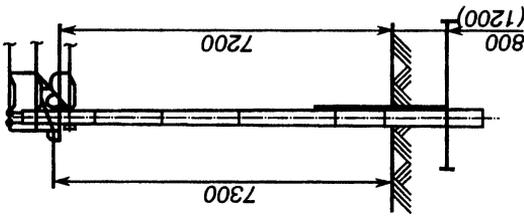


Рис. 2.2.62. Продолжение

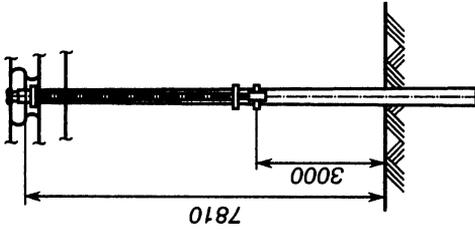
УСТАНОВКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОПОРАХ ВЛ



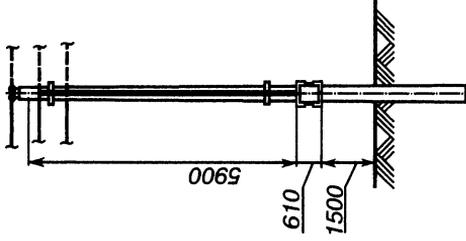
Установка
светильника
НКУ 01-200/Д23-1-У1
(РКУ01-125-008-У1)



Установка мачтовой
муфты 4КМ (3 КМ) и
разрядников РВН-0,5
У1 на концевой опоре
К1



Установка секциониру-
ющего автомата серии
АП-50 на опоре
анкерного типа



Установка вводного
ящика ЯВШ-3-25

Рис. 2.2.62. Продолжение

В первую группу входят опоры нормального габарита для подвески двух-пяти проводов ВЛ, во вторую группу — опоры нормального габарита для подвески восьми и девяти проводов ВЛ и в третью группу — повышенные опоры для пересечений с инженерными сооружениями для двух- девяти проводов ВЛ.

На всех опорах предусмотрена подвеска двух или четырех проводов продольного вещания.

Ответвительная анкерная опора ОА1 устанавливается в местах, где необходимо ответвление двух- пяти проводов от основной магистрали ВЛ без изменения количества проводов на магистрали ВЛ.

Допускаемые углы поворота на опоре УА1 даны на рис. 2.2.62 этой опоры, при больших углах поворота необходимо предусматривать схему К1—УА1—К1.

Переходные опоры анкерного типа ПА 1, ПУА 1, ПОА 1 и др. предназначены для устройств пересечений с линиями связи, автомобильными дорогами I категории и др.

Пересечение ВЛ напряжением до 1кВ между собой рекомендуется выполнять на перекрестных опорах Пк1.

Все разработанные опоры допускают ответвления к вводам в здания в одну и две разные стороны четырех проводов ВЛ сечением Ап 16 — А 95 и четырех проводов ПВ.

Пролеты ответвлений даны в табл. 2.2.28.

Таблица 2.2.28. Пролеты ответвлений к вводам в здания l_0 , м

Марка провода ответвления к вводам в здания	Толщина стенки гололеда	
	5–10 мм	15–20 мм
Ап 16, АПВ 16	20	15
Ап 25, Ап 35, А 50, АН 25, АН 35, АН 50, АпС 16/2,7, АпС 25/4,2, АпС 35/6,2	15	10
А 70, А 95, АС 50/8,0	10	10
АВТ 2х2,5, АВТ 3х2,5, АВТ 4х2,5	20	—
АВТУ 2х2,5, АВТУ 3х2,5, АВТУ 4х2,5	—	15

Если фактическое расстояние между осью опоры и зданием превышает расчетный пролет ответвления, то используются дополнительные опоры в соответствии со схемами ответвлений.

В качестве дополнительной опоры следует принимать промежуточную опору П1.

На всех типах опор могут быть установлены светильники.

3. Провода, изоляторы и расчетные пролеты

Опоры допускают подвеску следующих марок и сечений проводов ВЛ:

- алюминиевых Ап 16 – Ап 35; А 50 – А 95;
- сталеалюминиевых АпС 16/2,7 – АпС 35/6,2, АС 50/8,0;
- из алюминиевых сплавов АН 25 – АН 50.

Для проводов ПВ предусматривается подвеска проволоки диаметром 4 мм.

При проектировании необходимо стремиться к сокращению количества марок проводов, а в IV и особом районах по гололеду следует исключить из применения наиболее слабые провода. В связи с этим при проектировании ВЛ 0,4 кВ рекомендуется применять следующие провода:

- в I–III районах по гололеду — Ап 25, Ап 35 и А 70;
- в IV районе по гололеду — Ап 35 и А 70;
- в особом районе по гололеду — А 50 и А 95.

Крепления проводов ВЛ на опорах предусмотрены на штыревых изоляторах НС–18, ТФ–20 01, а проводов ПВ — на штыревых изоляторах ТФ–20 01 и НС–18. На кронштейнах ТН6, предназначенных для ответвления к вводам в здания, применяют изоляторы НС–16 и ТФ–16 01.

На опорах промежуточного типа крепление проводов осуществляется проволоочной вязкой.

На переходных опорах предусмотрено двойное крепление проводов.

На всех опорах анкерного типа применяется анкерное крепление проводов при помощи зажимов ПА по ГОСТ 4261–82.

4. Закрепление опор в грунте

Опоры одностоечной конструкции должны устанавливаться в пробуренные котлованы диаметром 350–450 мм.

Обратная засыпка котлованов должна производиться вынутым при бурении грунтом, за исключением растительного слоя почвы, мерзлых грунтов, мягкопластичных глинистых и переувлажненных грунтов.

Для снижения прогибов стоек вдоль линии в указанных грунтах засыпку котлованов производить песчано-гравийной смесью.

Уплотнение грунта должно производиться слоями не более 0,2 м с помощью трамбовки.

СНИП 2.02.01–83 предусматривает монтаж опор без установки ригелей, за исключением песков пылеватых и супесей при $e \geq 0,65$ и суглинков при $e \geq 0,95$.

Закрепление одностоечных анкерно-угловых опор на стойках СВ 105 производится в котлованах глубиной 2,5 м, как правило, без установки ригелей.

Для проверки несущей способности основания анкерной опоры сравнивают несущую способность грунта заделки опоры $M_{гр}$, представленную в табл. 2.2.29, с величинами действующих изгибающих моментов $M = 49 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

При $M_{гр} \geq 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$ безригельное закрепление устойчиво, при $M_{гр} < 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$ — требуется установка плиты П–3и в качестве ригеля на глубине 0,5 м от поверхности земли.

Применение плит и ригелей на опорах подкосной конструкции определено в спецификациях на каждую опору.

Таблица 2.2.29. Несущая способность грунта заделки $M_{зр}$, кН·м для одностоечных опор анкерного типа на стойке СВ 105 в грунтах, классифицируемых по СНиП 2.02.01–83

Виды грунтов		Коэффициент пористости, e						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Пески	гравелистые и крупные	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$				
	средней крупности	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{49}{50}$				
	мелкие	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{43}{50}$	$\frac{28}{33}$			
	пылеватые	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{44}{50}$	$\frac{29}{34}$			
Супеси	$0 \leq I L \leq 0,25$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{37}{44}$			
	$0,25 < I L \leq 0,75$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{37}{44}$	$\frac{24}{29}$	$\frac{16}{21}$		
Суглинки	$0 \leq I L \leq 0,25$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	
	$0,25 < I L \leq 0,5$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{30}{50}$	
	$0,5 < I L \leq 0,75$			$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{41}{47}$	$\frac{28}{38}$	$\frac{23}{33}$
Глины	$0 \leq I L \leq 0,25$		$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$
	$0,25 < I L \leq 0,5$			$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{41}{50}$
	$0,5 < I L \leq 0,75$			$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{41}{50}$	$\frac{32}{47}$

Примечание. Числитель — без ригеля, знаменатель — с плитой П-3и.

5. Заземление

Все траверсы с целью заземления соединяются с помощью заземляющего проводника ЗП 2.

Соединение траверс с нулевым проводом выполняется с помощью проводника диаметром не менее 6 мм. Этот проводник присоединяется к нулевому проводу плашечным зажимом типа ПА.

При соединении к нулевому проводу марок А 70 и А 95 конец заземляющего проводника складывается вдвое.

На всех опорах в качестве заземляющего спуска используется один из стержней рабочей арматуры стойки, к которому приварены верхний и нижний заземляющие выпуски.

Для создания надежного электрического контакта в цепи заземления перед монтажом стальных элементов места соединения необходимо зачистить до металлического блеска и смазать техническим вазелином.

Устройство заземления кабельных муфт, светильников и других электротехнических устройств показано на соответствующих рисунках.

6. Требования к установке и монтажу опор и проводов.

При монтаже проводов и опор должны соблюдаться общие правила техники безопасности при строительстве согласно СНиП III-4-80.

Установка стоек СВ 95-2 и СВ 105 производится с одновременным бурением котлованов бурильно-крановыми машинами БМ-302 и бурмашинами на тракторах с аналогичными характеристиками.

При установке в котлованы концевых, угловых и ответвительных опор одностоечной конструкции следует устанавливать стойку опоры с наклоном в противоположную сторону от результирующего тяжения с таким расчетом, чтобы вершина стойки отклонялась бы от вертикальной оси на 10 см.

При монтаже проводов пятипроводной ВЛ в осенне-зимнее время в анкерованных участках, ограниченных опорами УА1 и ОА3, натяжку проводов ведут поэтапно.

С одной стороны от опоры в анкерованном участке должно быть смонтировано и закреплено три провода, затем в смежном анкерованном участке натягивают и закрепляют требуемое количество проводов и только после этого натягивают оставшиеся два провода на первом анкерованном участке.

Во избежание перетяжки проводов при их монтаже необходимо производить измерения фактических стрел провеса, которые должны соответствовать расчетным значениям (табл. 2.2.30.) для определенного района по гололеду, марки провода и температуре наружного воздуха.

Таблица 2.2.30. Монтажные стрелы провеса проводов ВЛ, м

Марка провода	Температура воздуха, °С	Толщина стенки гололеда, мм			
		5	10	15	20
Ап 16-Ап 35, А 50-А 95, АН 25-АН 50	+20 0 -20	0,8 0,6 0,5	0,8 0,7 0,6	0,9 0,8 0,7	0,9 0,8 0,8
АпС 16/2,7- -АпС 35/6,2, АС 50/8,0	+20 0 -20	0,8 0,7 0,6	0,8 0,8 0,7	0,9 0,8 0,8	0,9 0,8 0,8

На опорах одностоечной конструкции не допускается выполнять какие-либо работы «с когтей», если наклон ее вершины превышает 0,3 м или име-

ются трещины на стойке опоры более 0,2 мм.

Момент затяжки болтов при монтаже траверс должен быть не менее 100 Н·м.

После закрепления гаек резьбу болтов следует закернить на длине 5 мм.

2.2.7. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407.1–143.2.(1 ... 22)

1. Основные сведения

В данном выпуске разработаны рабочие чертежи опор ВЛ 10 кВ на базе железобетонных стоек СВ 105–3,5 по ГОСТ 23613–79 и СВ по ГОСТ 26071–84 длиной 10,5 м с расчетным изгибающим моментом соответственно 3,5 и 5,0 кН·м.

Опоры представлены следующих типов: промежуточные П10–1 и П10–2 для ненаселенной и населенной местности, угловая промежуточная УП10–1 на угол поворота ВЛ до 30°, анкерная (концевая) опора А10–1, угловая анкерная УА10–1 на угол поворота до 90°, ответвительная анкерная ОА10–1, угловая ответвительная анкерная УОА10–1.

В состав выпуска включены чертежи опор для совместной подвески проводов ВЛ 0,4 и 10 кВ, устройств ответвлений от промежуточных, анкерных и концевых опор, а также чертежи установки электрооборудования на опорах (разъединителей, кабельных муфт и разрядников).

Спецификации железобетонных и стальных элементов, изоляторов, линейной арматуры даны отдельно для опор, устройств ответвлений и для установки электрооборудования.

Применение анкерно-угловых опор без анкерных плит допускается при выполнении инженерно-геологических изысканий и при условии, что несущая способность грунтов основания стоек и подкосов превышает действующие расчетные усилия, т.е.:

для максимальных расчетных тяжений проводов $T^P = 6,5$ кН

$$N \geq N_1^P \text{ и } F \geq F_1^P$$

для максимальных расчетных тяжений проводов $T^P = 9,0$ кН

$$N \geq N_2^P \text{ и } F \geq F_2^P$$

Если эти условия не соблюдаются, то необходимо устанавливать анкерные плиты или принять другие меры (обетонирование пазух и пр.).

При установке анкерно-угловых опор без анкерных плит следует особенно тщательно выполнять послойное уплотнение грунта обратной засыпки и соблюдать проектное заглубление стоек и подкосов.

Стойку подкосной опоры следует устанавливать не вертикально, а с наклоном ее вершины на 10–20 см в сторону, противоположную от равнодействующей усилий от тяжения проводов (вдоль ВЛ для концевой, по биссектрисе внутреннего угла поворота оси ВЛ для угловых опор и т.п.).

При засыпке котлованов под стойки и подкосы должно производиться уплотнение грунта слоями не более 20 см одновременно тремя стальными трамбовками длиной около 3-х м и массой не менее 3 кг. Диаметр (сторону квадрата) нижней части трамбовки рекомендуется принять около 40 мм.

До установки подкоса дно котлована следует уплотнить трамбовкой.

После монтажа проводов производится дополнительная трамбовка грунта основания стойки и подкоса анкерных опор.

При соединении стойки с подкосом момент затяжки болтов должен быть не менее 100 Нм.

Дополнительные требования по установке опор даны в технологических картах.

При невыполнении выше названных условий необходимо рассмотреть возможность закрепления в грунтах анкерных опор с применением железобетонных плит П-3и. Несущая способность грунтов основания анкерных опор с плитами П-3и, работающих на сжимающую нагрузку N_n и выдергивание F_n , приведена в табл. 2.2.29.

Прочность закрепления в грунтах анкерных опор с плитами П-3и достаточна, если выполняются следующие условия:

для максимальных расчетных тяжений проводов $T^P = 6,5$ кН

$$N_n \geq N_1^P \text{ и } F_n \geq F_1^P$$

для максимальных расчетных тяжений проводов $T^P = 9,0$ кН

$$N_n \geq N_2^P \text{ и } F_n \geq F_2^P$$

При невыполнении этих условий необходимо применять железобетонную плиту больших размеров или применить подсыпку под плиту подкоса и над плитой стойки песчано-гравийной смеси состава 5:1 толщиной 50 см.

Обратная засыпка котлованов производится вынутым при бурении грунтом, за исключением растительного слоя почвы.

При засыпке котлованов должно производиться уплотнение грунта слоями не более 20 см с помощью трамбовки до получения плотности грунта засыпки $1,7$ т/м³.

В зимних условиях обратную засыпку рекомендуется выполнять песком или песчано-гравийной смесью, допускается применение измельченного при бурении мерзлого грунта при условии дополнительной засыпки и трамбовки котлованов в летнее время.

2. Заземление опор

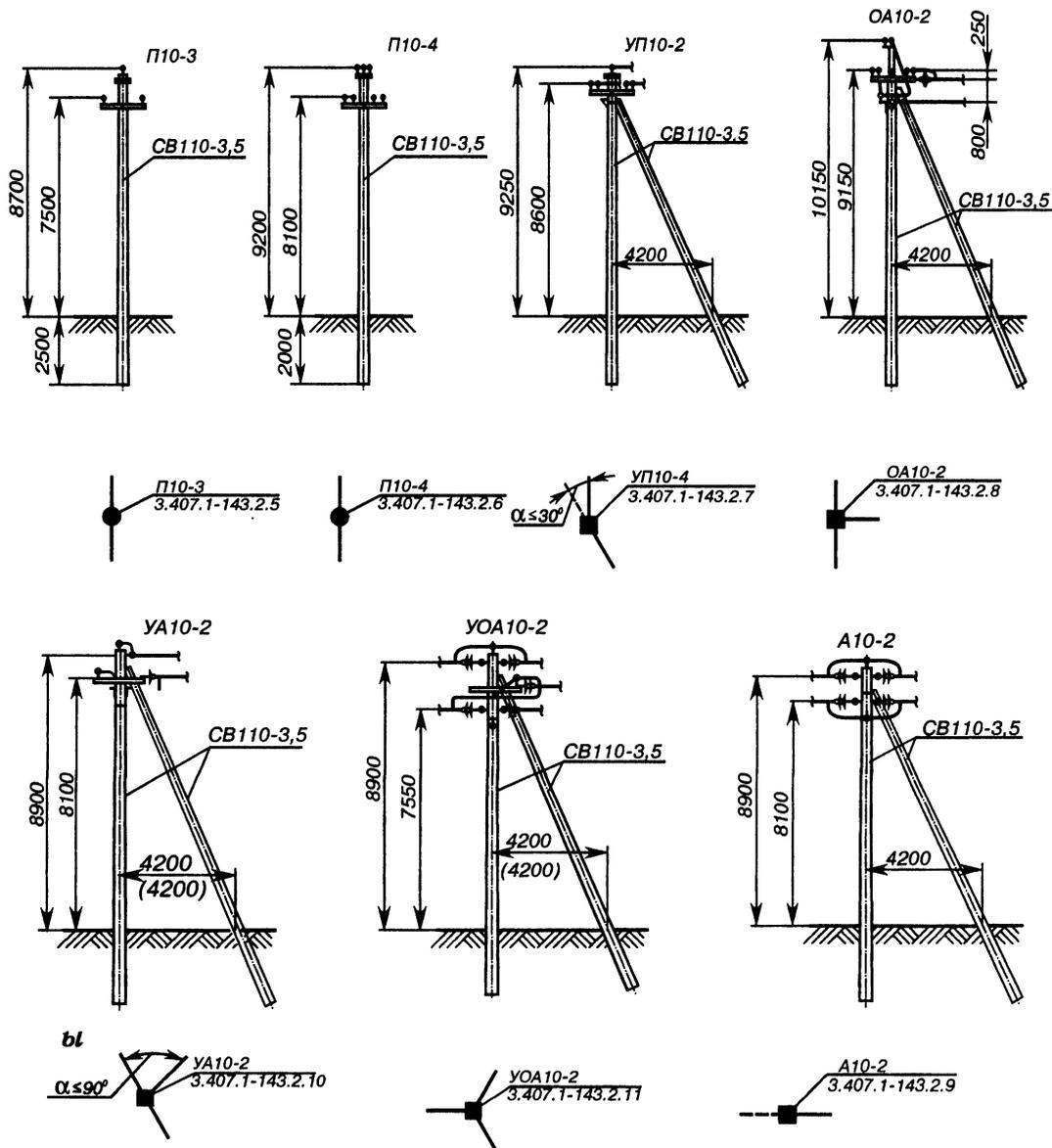
Для заземления опор в железобетонных стойках СВ 110–3,5 предусмотрены нижний и верхний заземляющие проводники, изготавливаемые из стального стержня диаметром 10 мм.

Нижний и верхний заземляющие проводники в заводских условиях должны быть приварены к одному из рабочих стержней арматуры стойки при ее изготовлении.

При необходимости к нижнему заземляющему проводнику могут быть приварены дополнительные заземлители в соответствии с типовой серией З. 407–150.

Заземление стальных элементов опор осуществляется их присоединением к верхнему заземляющему проводнику сваркой или зажимом ПС–2.

Контактные болтовые соединения заземляющих элементов должны быть предварительно зачищены и покрыты слоем чистого технического вазелина.



Примечания: 1. Размеры подкосных опор уточняются в зависимости от способа закрепления в грунте.
2. Размеры в скобках для установки подкоса 2.

Рис. 2.2.63. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ (серия 3.407.1–143.2.1.)

Устройство отвлечения

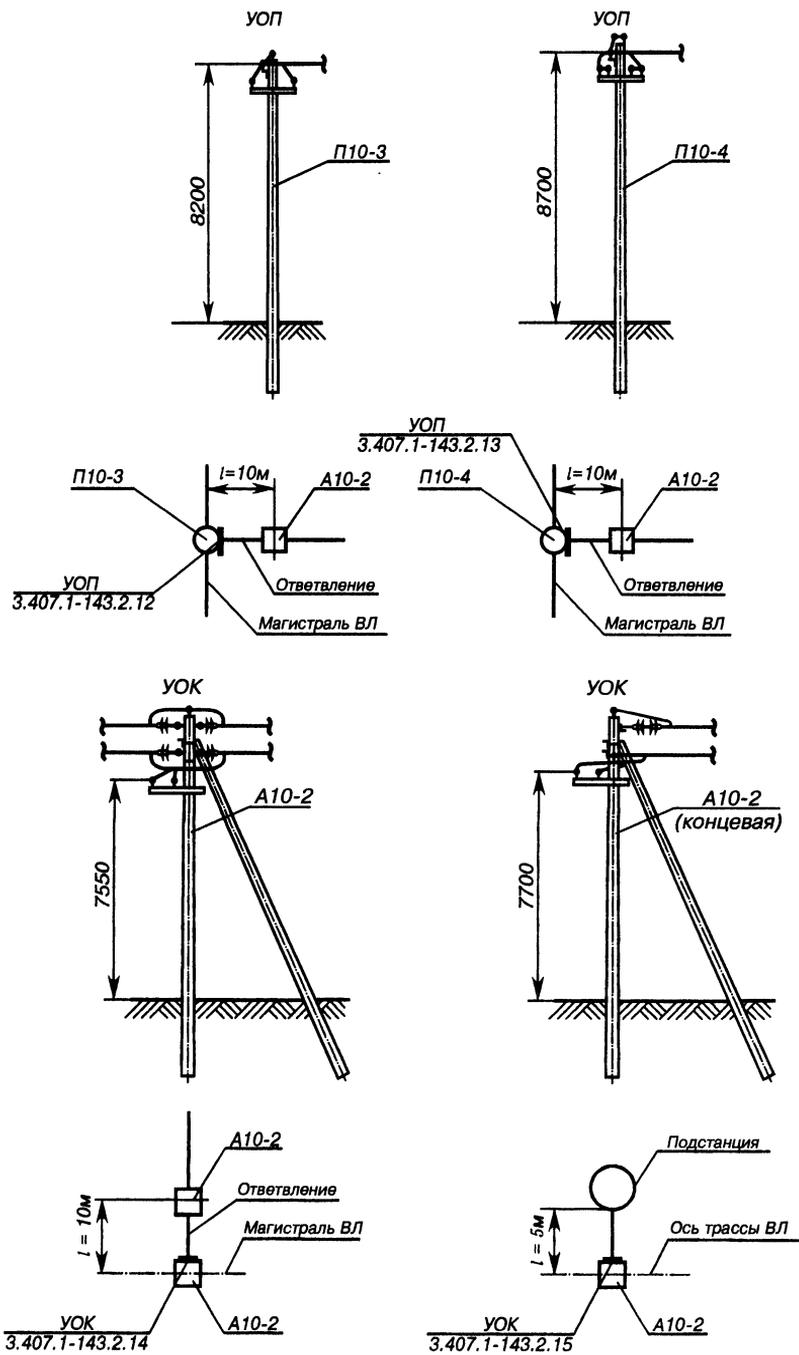


Рис. 2.2.63 Продолжение

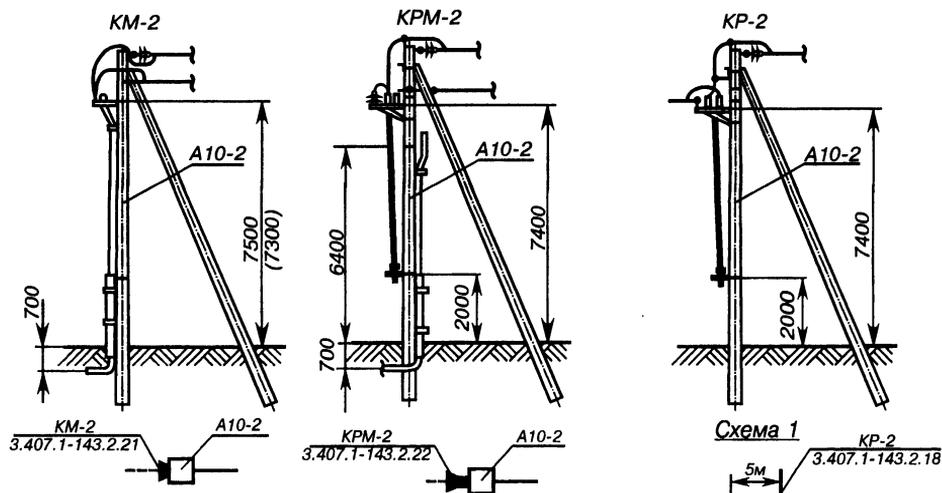
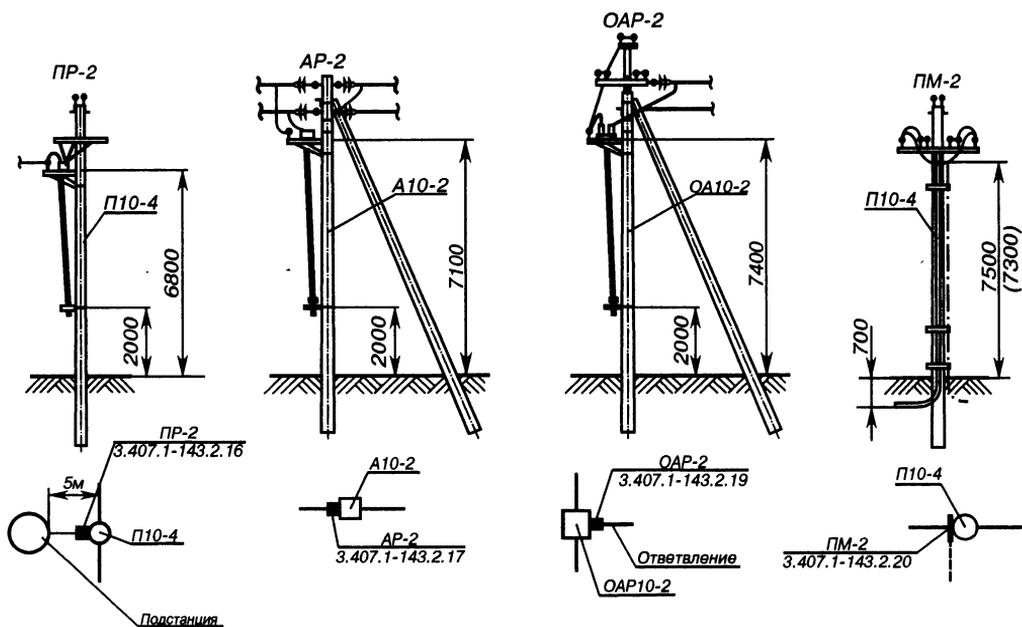
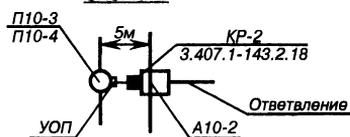


Схема 1
КР-2
3.407.1-143.2.18

Схема 2



Примечание.

Размеры в скобках для установки кабельной муфты типа КН.

Рис. 2.2.63 Продолжение

2.2.8. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407.1–143.5.(1... 17), 143.7.(1к...3к)

1. Основные сведения

В данном выпуске разработаны рабочие чертежи типовых конструкций опор ВЛ 10 кВ для пересечений с инженерными сооружениями на базе железобетонных стоек СВ105; СВ105–3,5; СНВ–7–13; СВ164–12.

Промежуточные опоры разработаны свободно-стоящей конструкции, а анкерно-угловые опоры — подкосной конструкции или с оттяжками.

2. Порядок применения опор

Опоры предназначены для применения в I–IV районах по гололеду и в I–V ветровых районах в населенной и ненаселенной местностях.

Промежуточные опоры со штыревыми изоляторами должны применяться на прямых участках ВЛ в местах пересечения ВЛ между собой, при пересечении с автомобильными дорогами II–V категорий и другими инженерными сооружениями. Промежуточная опора с подвесными изоляторами с двойным креплением предназначена для пересечений с железными дорогами.

Угловая промежуточная опора устанавливается в местах изменения направления трассы ВЛ на угол до 30° при пересечениях с сооружениями.

Опоры анкерного типа следует предусматривать на пересечениях линий связи, сигнализации, ретрансляции, автомобильных дорог I категории, железных дорог и др.

Промежуточная опора разработана в нескольких вариантах. При проектировании ВЛ следует учитывать не только характер пересекаемого сооружения, но и возможность поставки на строительство тех или иных конструкций. Промежуточная опора ПП10–1 разработана на стойках СВ105 с железобетонными приставками. Промежуточная опора ПП10–2 разработана на стойке СВ105 со стальной надставкой.

Для переходов через водные преграды, овраги и т.д. разработана специальная трехстоечная опора ПП10–3. Опора ПП10–4 разработана на стойке СНВ–7–13. Для более редких случаев, когда требуется большой габарит подвески проводов, разработаны опоры на стойках СВ164–12 — опора ПП10–5 и для перехода через железную дорогу — опора ПП10–6. Опоры ПП10–1, ПП10–2 и ПП10–4 взаимозаменяемы, имеют сходные высоты подвески нижних проводов и одинаковые траверсы.

Угловая промежуточная опора ПУП10–1 разработана на стойке СВ164–12 с одной оттяжкой.

На стойке СВ105 разработаны опоры с подкосами: переходная анкерная ПА10–1 — на приставках и облегченная анкерная опора ПА10–2 с надставками. Анкерные (концевые) опоры разработаны с подкосами на стойках СНВ–7–13 и СВ164–12 и с оттяжками на стойках СВ164–12.

Угловые анкерные опоры разработаны с двумя подкосами на стойке СНВ–7–13 и с оттяжками на стойке СВ164–12.

Подсечные опоры ПС10–1 и ПС10–2 разработаны на стойках СВ105.

При ремонте ВЛ с данными ж.б. опорами могут быть использованы рекомендации, изложенные выше в разделах 2.2.6. и 2.2.7.

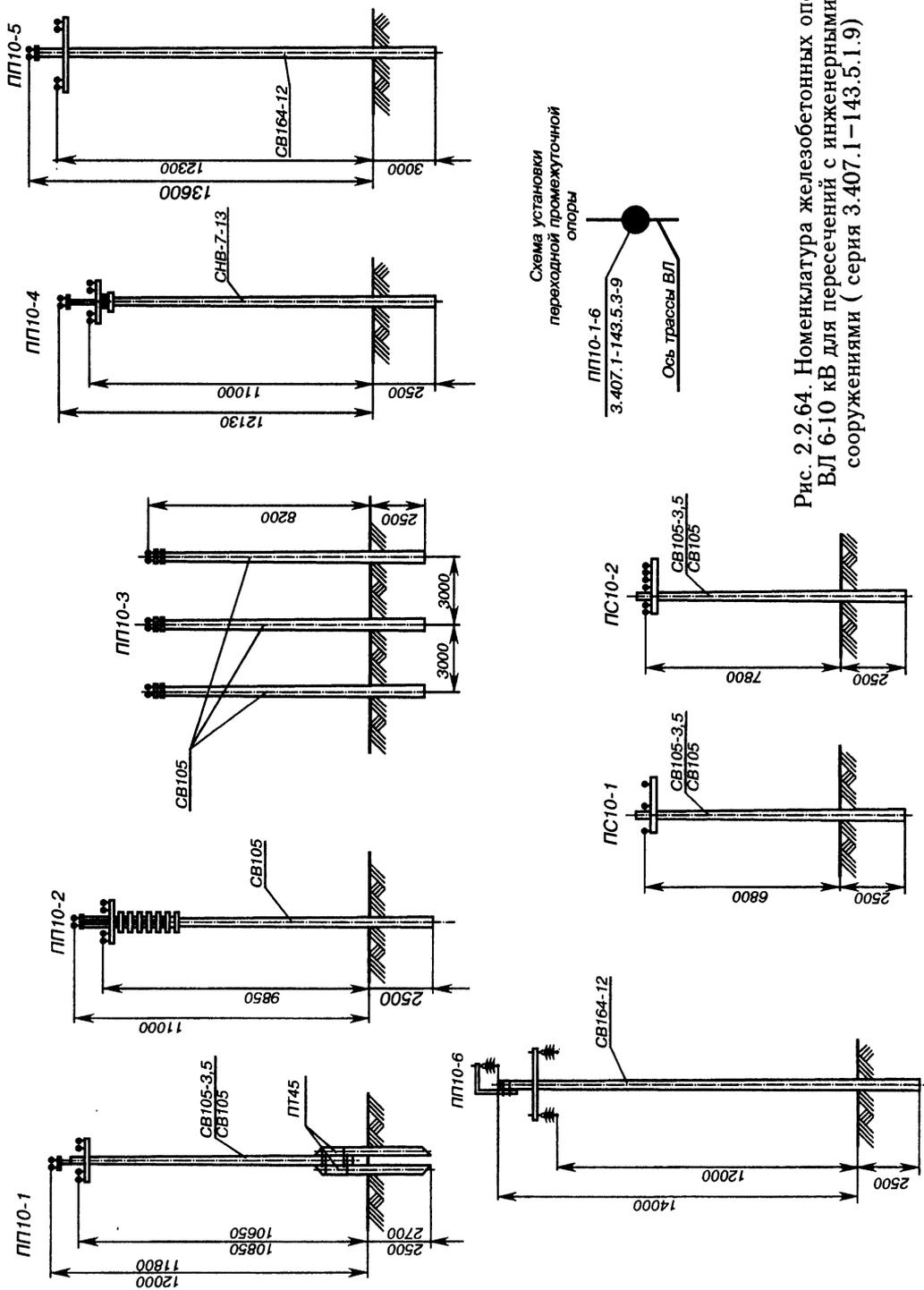


Рис. 2.2.64. Номенклатура железобетонных опор ВЛ 6-10 кВ для пересечений с инженерными сооружениями (серия 3.407.1-143.5.1.9)

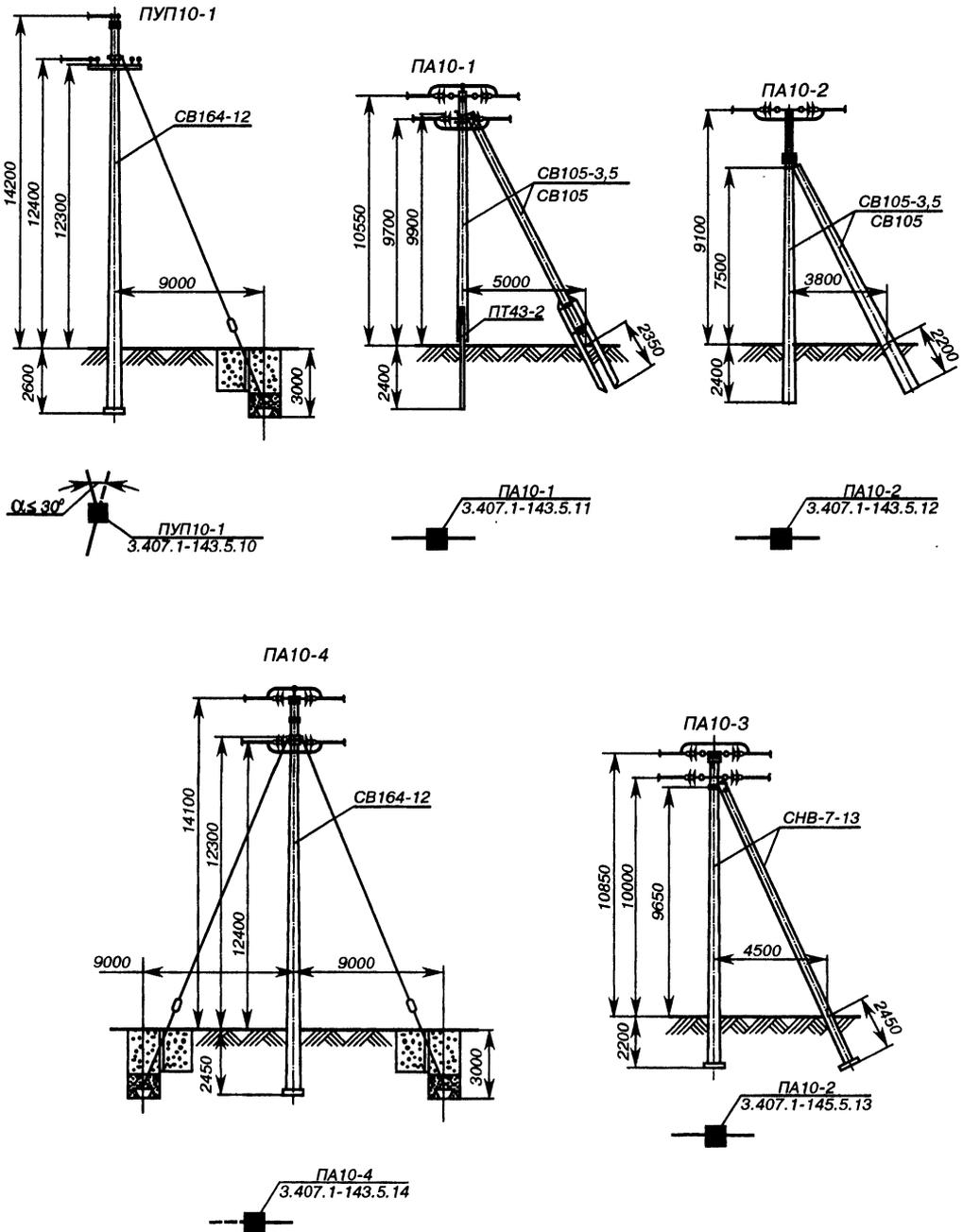


Рис. 2.2.65. Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ применяемые при пересечении с инженерными сооружениями (серия 3.407.1–143.5.10 ... 143.5.17)

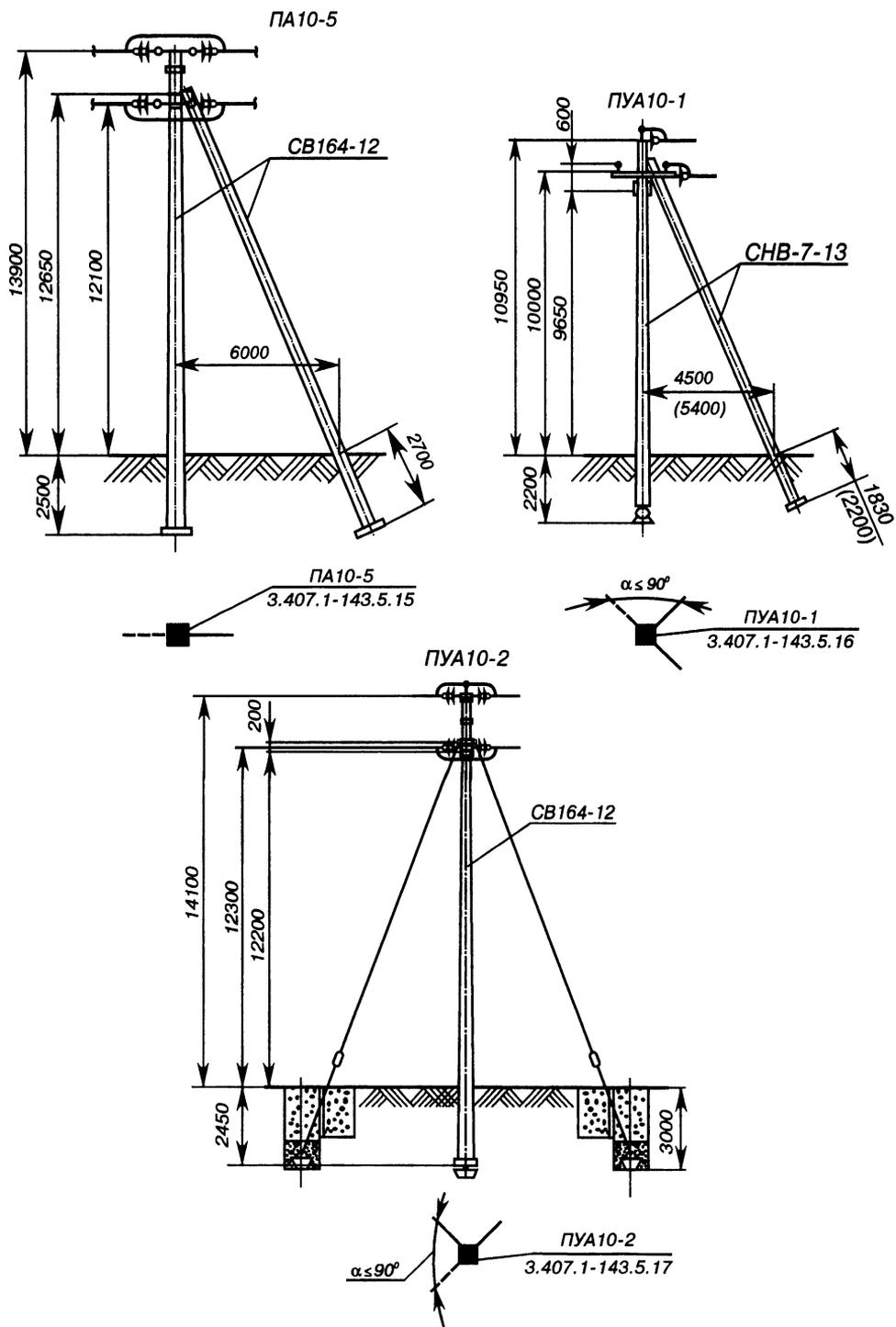


Рис. 2.2.65 Продолжение

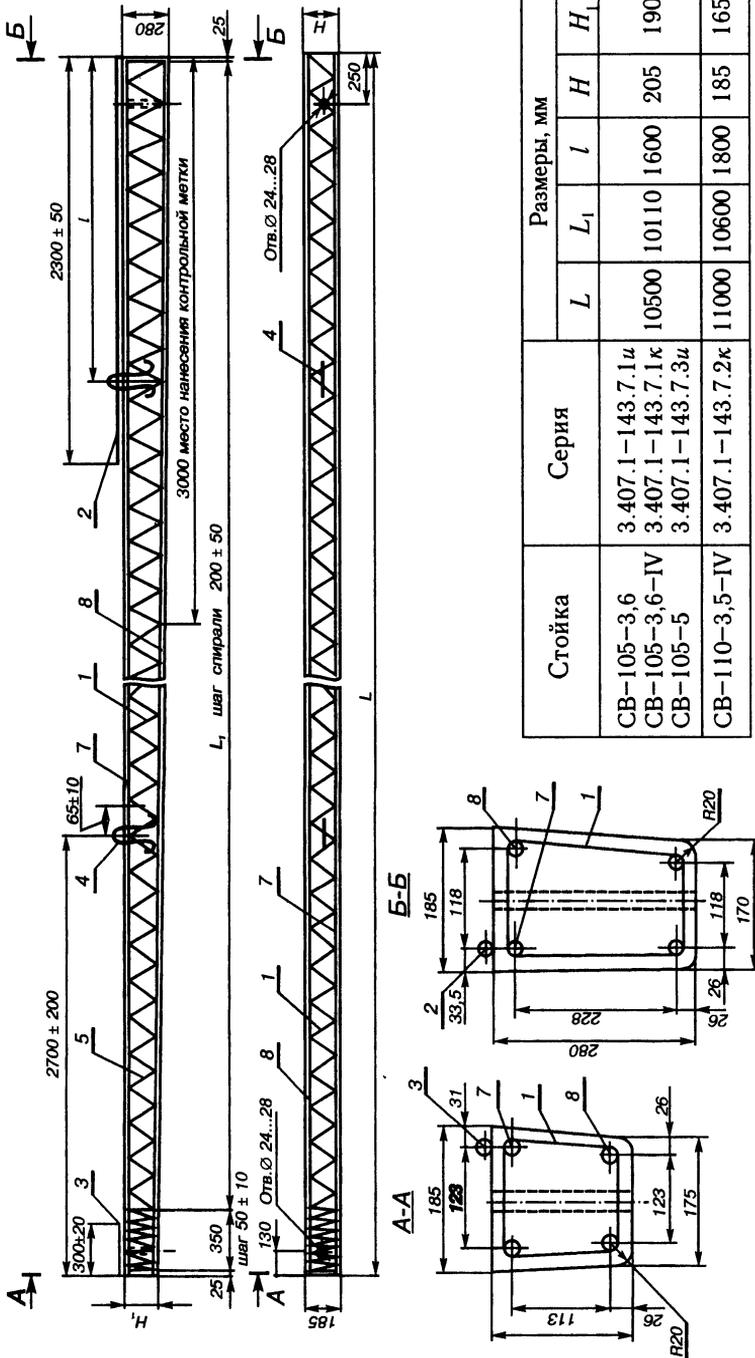


Рис. 2.2.66. Сборочный чертеж ж.б. стойки СВ-110-3,5-IV (серия 3.407.1-143.(7.1и ... 7.2к) 1 - спираль; 2 - заземляющий проводник нижний; 3 - заземляющий проводник верхний; 4 - петля; 5 - бетон кл. прочности В30; 6 - проволока; 7,8 - арматура

2.2.9. Оттяжки опор ВЛ 0,4 кВ

В условиях действия рыночных отношений применение оттяжек опор ВЛ вместо подкосов, для которых, как известно, используют стойки опор, снижает материальные затраты на строительство и ремонт линий. Применение оттяжек для крепления стоек опор позволяет значительно сократить расход металла.

Устойчивость и жесткость опор с оттяжками определяется тяжением в оттяжках.

Угловые промежуточные опоры выполняются обычно с оттяжками по биссектрисе угла поворота трассы. Работа таких опор в значительной степени зависит от начального тяжения в оттяжках, при котором элементы стоек получают предварительные напряжения. Величина начального тяжения зависит от угла поворота трассы линии и задается в проекте. Надежность работы одностоечных анкерных угловых железобетонных опор с оттяжками также зависит от состояния крепления и начального тяжения оттяжек.

Оттяжки для ВЛ 0,4–10 кВ, которые будут приведены ниже, изготавливают из стальных стержней (круг) с использованием электросварки. Но их можно делать и из троса, применяя для соединения оттяжек с опорой и якорем или клиновые зажимы, используемые для грозозащитного троса (рис. 2.2.68), или же зажимы тросов грузоподъемных машин (рис. 2.2.69).

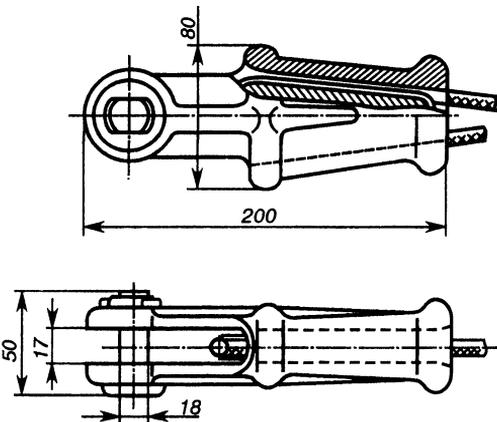


Рис. 2.2.68. Зажим натяжной клиновой

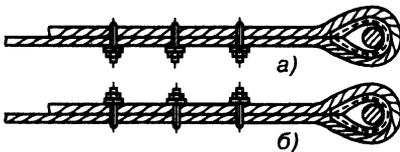


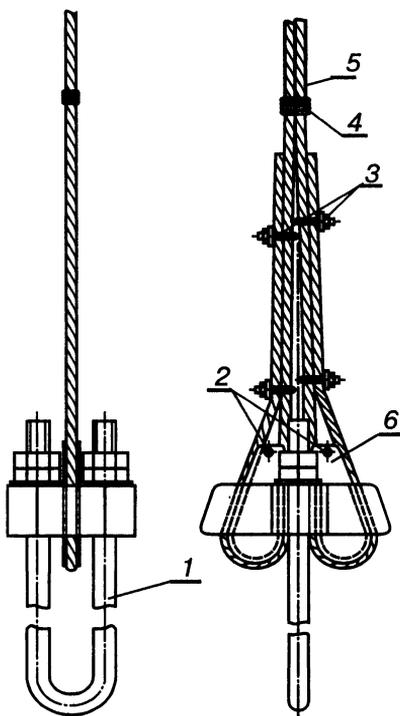
Рис. 2.2.69. Расположение сжимов троса.
а — правильное, б — неправильное

Оттяжки крепят к опоре вблизи узла сопряжения траверсы со стойкой. Нижние концы оттяжек крепятся к анкерным плитам или якорям, заглубленным в землю.

Для регулирования степени натяжения оттяжек применяются талрепы и специальные клиновые зажимы. Они более удобны при сооружении линий и в эксплуатации, так как позволяют регулировать длину оттяжек в более широких пределах. Однако некачественное изготовление деталей клинового зажима может привести к выкалыванию оттяжки, поэтому дополнительно на концы оттяжек следует ставить специальные дуговые зажимы (рис. 2.2.70).

Поскольку для оттяжек опор ВЛ применяют предварительно заделанные стационарно в грунт анкеры (ригели), оттяжку сначала закрепляют на опоре, лежащей на земле, перед ее установкой в грунт, а за-

тем, установив опору в котлован и укрепив ее, ослабляют талреп и закрепляют нижнюю часть оттяжки к анкеру и натягивают талрепом оттяжку до заданного положения.



На рис. 2.2.71 и 2.2.72 приведены оттяжки типа С20 и С21.

Как видно из рис. 2.2.71 анкер А-1 оттяжки С20 имеет форму железобетонного цилиндра диаметром 350 мм и длиной 2300 мм с отверстием на одном из торцев, за которое крепят нижнюю часть оттяжки.

Рис. 2.2.70. Крепление тросов оттяжек опор

- 1 — U-образный болт; 2 — шплинт;
- 3 — дуговые звжимы; 4 — скрутка из проволоки;
- 5 — оттяжка; 6 — клиновой зажим

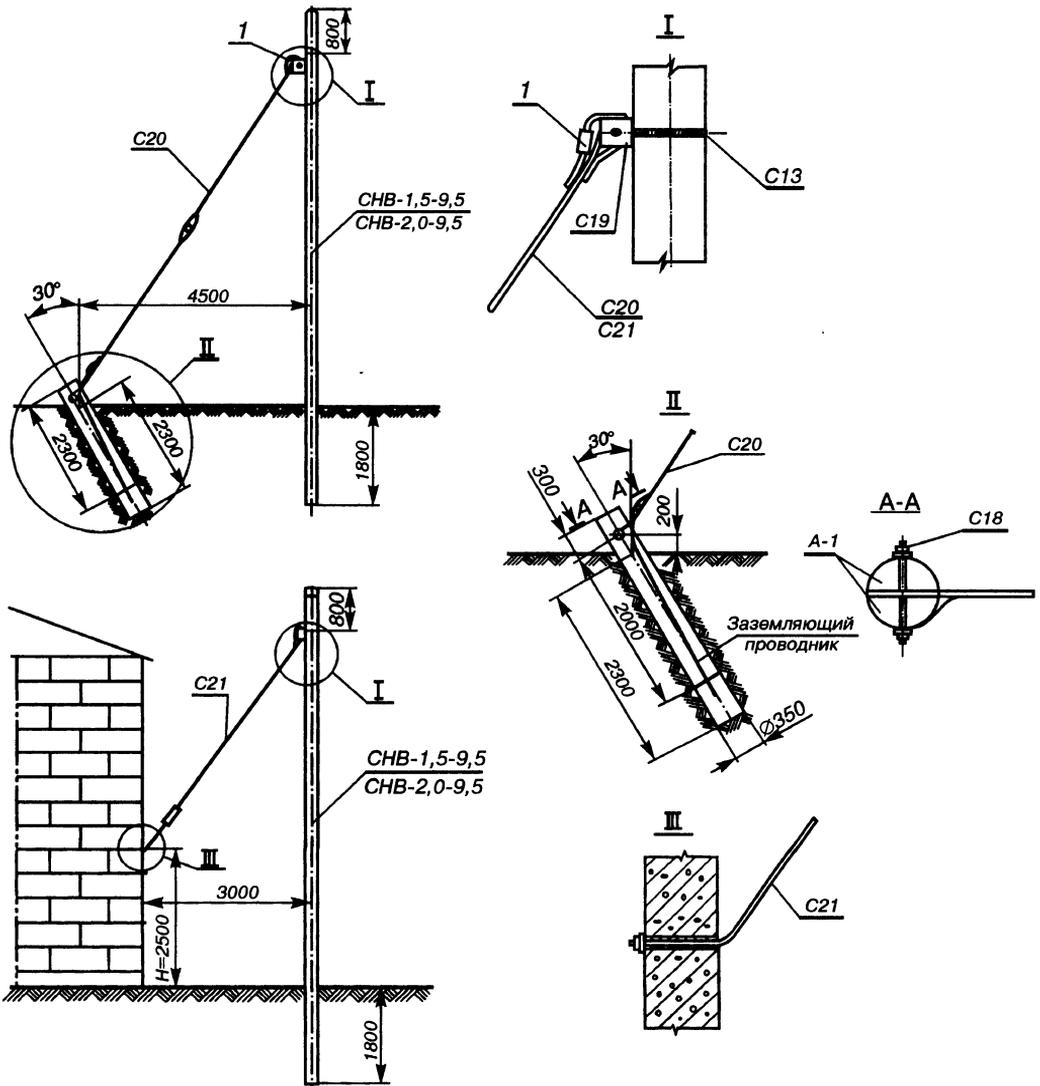
2.2.10. Оттяжки для опор ВЛ 6–10 кВ

(выпуск типового проекта серии 3.407.1 – 143.8.43 ... 3.407.1. – 143.8.47; арх. № 12.0368 – (1994г.) и др.)

1. Закрепление опор в грунтах

Основные сведения

В зависимости от конструкции опоры ее закрепление может быть выполнено по-разному. В «твердых» грунтах опору устанавливают в пробуренный котлован, в нашем случае диаметром 350 мм (500 м). При этом железобетонные и деревянные анкерные опоры укрепляют подкосом или оттяжкой (когда основную стойку опоры устанавливают вертикально) или применяют А-образные и треногие опоры, а в «слабых» грунтах применяют только деревянные опоры (для удобства транспортирования опор на болотах). В последнем случае применяют и оттяжки. Но об этом — чуть позже. Напомним, что подземная часть опоры независимо от указанных различий ее закрепления в грунтах называется фундаментом, а область грунта, воспринимающая давление от фундамента — основанием.



Примечание.

Длина оттяжки C21 определяется в конкретном случае в зависимости от высоты закрепления H , расстояния стойки от здания и толщины его стен.

Стальные элементы оголовка опоры выбираются из перечня элементов соответствующей опоры. Оттяжки опор ОТС1 и ОТС2 крепятся к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим зданиям и сооружениям.

Рис. 2.2.71. Оттяжки опор ВЛ 0,4 кВ C20 и C21

1 — зажим ПС-1-1А; А-1 — анкер; C13 — хомут; C18 — шпилька;
C19 — кронштейн; C20 — оттяжка; C21 — оттяжка

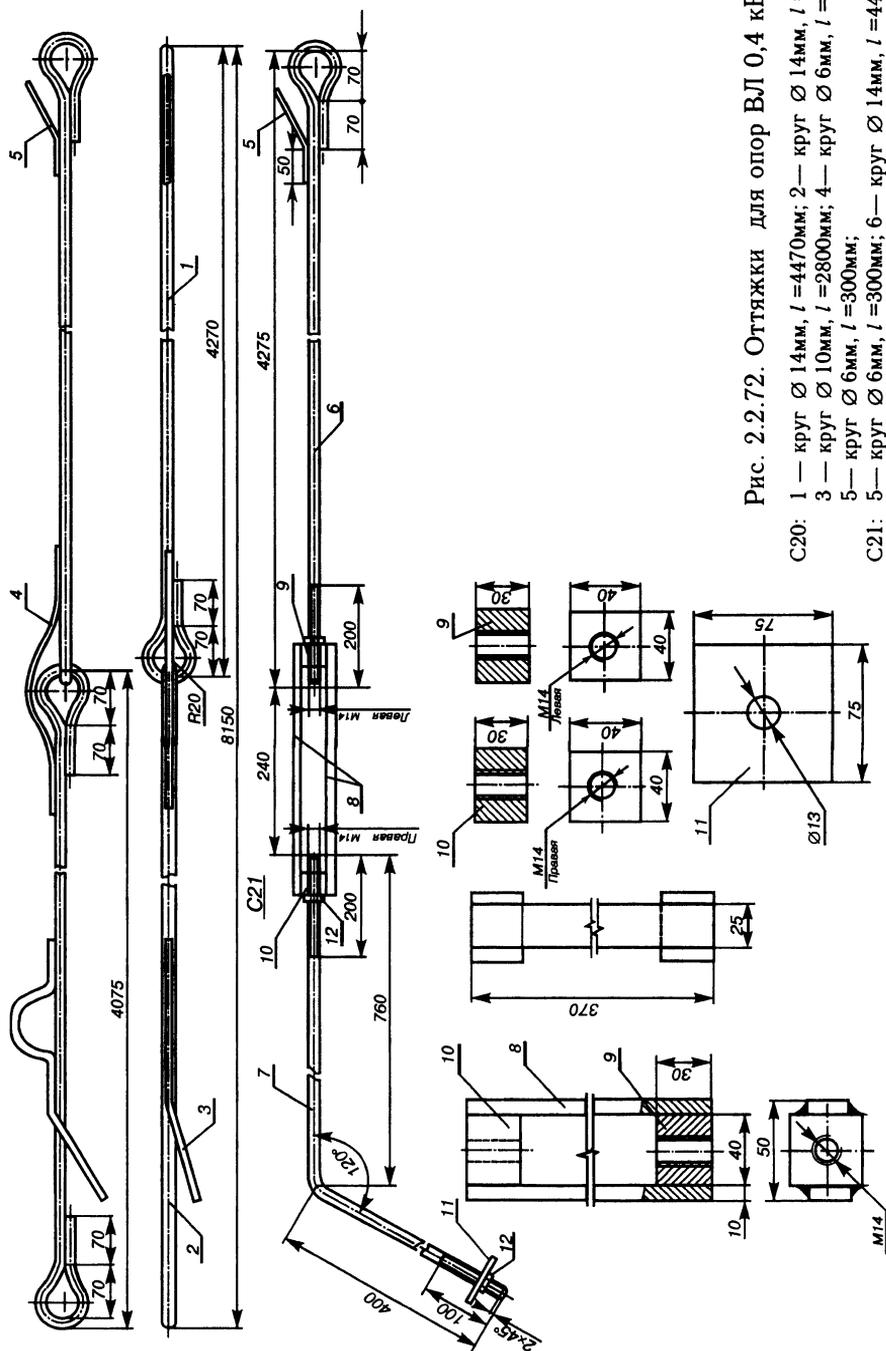


Рис. 2.2.72. Оттяжки для опор ВЛ 0,4 кВ.

- C20: 1 — круг $\varnothing 14$ мм, $l = 4470$ мм; 2 — круг $\varnothing 14$ мм, $l = 4470$ мм;
 3 — круг $\varnothing 10$ мм, $l = 2800$ мм; 4 — круг $\varnothing 6$ мм, $l = 500$ мм;
 5 — круг $\varnothing 6$ мм, $l = 300$ мм;
 C21: 5 — круг $\varnothing 6$ мм, $l = 300$ мм; 6 — круг $\varnothing 14$ мм, $l = 4470$ мм;
 7 — круг $\varnothing 14$ мм, $l = 1160$ мм; 8 — полоса 10×25 мм, $l = 370$ мм;
 9 и 10 — квадрат 40 мм (левая и правая резьба), $l = 4470$ мм;
 11 — полоса 6×75 мм, $l = 75$ мм; 12 — гайка М14

Расчет оснований фундамента и анкерных плит оттяжек, работающих на вырывание, а фундаментов также на совместные действия вырывающей и горизонтальной опрокидывающей сил, приложенных на отметке верха фундамента, выполняется по первой (на устойчивость) и второй (по деформациям) группам предельных состояний. При этом при монтаже и ремонте опор обращают внимание на то, что устойчивость вырываемого фундамента или анкерной плиты оттяжки обеспечивается собственным весом конструкции и весом грунта обратной засыпки, попадающего в призму выпирания. Поэтому для фундаментов предъявляются особо жесткие требования к уплотнению грунта обратной засыпки для получения как можно большей его обратной массы.

Расчет фундаментов на опрокидывание горизонтальными нагрузками, равнодействующая которых приложена на произвольной высоте под поверхностью грунта, выполняется при проверке закрепления одностоечных и многостоечных железобетонных опор.

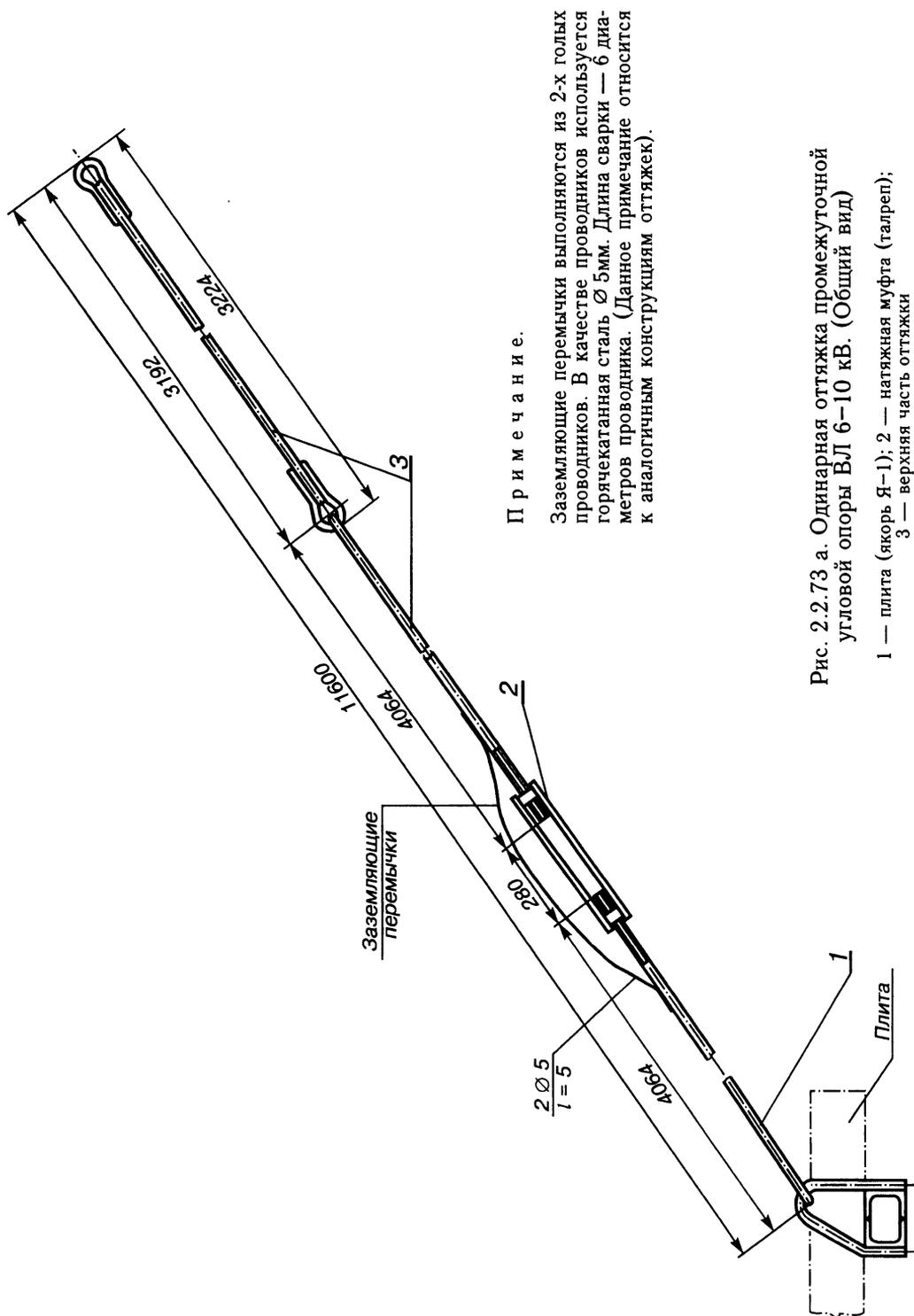
Как уже отмечалось выше, фундаментом одностоечных и многостоечных железобетонных опор является заделанная в грунт нижняя часть стойки, усиленная в общем случае ригелями. Под действием внешних нагрузок фундамент такой опоры поворачивается, как жесткое тело, относительно центра, лежащего на оси стойки на глубине $2/3$ заделки. Проверка такого фундамента выполняется по первой (на опрокидывание) и по второй (по деформациям) группам предельных состояний. При этом задачей расчета на опрокидывание является определение предельного значения горизонтальной силы $P_{пр}$, приложенной на высоте $H=M/P$ над поверхностью грунта, где M — изгибающий момент в стойке опоры в сечении на уровне поверхности грунта; P — горизонтальная (поперечная) сила в этом же сечении. Значения M и P определяются по результатам статического расчета железобетонной опоры.

Расчет по деформациям заключается в определении угла поворота стойки в заделке, значение которого нормируется. Предельный угол поворота ограничивается значением $0,01$ рад для большинства грунтовых условий. В отдельных случаях для некоторых грунтов это значение увеличивается до $0,02$ рад.

Поскольку устойчивость на опрокидывание обеспечивается грунтом в пределах высоты заделки стойки в основание, предельное значение горизонтальной силы $P_{пр}$ зависит от расчетных характеристик грунта. Поэтому наиболее целесообразно заделывать стойку в сверленный котлован. В этом случае окружающий стойку грунт сохраняет ненарушенную (природную) структуру и имеет достаточно высокие расчетные характеристики. Если невозможно выполнить заделку стойки в сверленном котловане, выполняют ее в копаном котловане и в работе заделки участвует грунт обратной засыпки. Для получения высоких расчетных характеристик грунта обратной засыпки ее следует выполнять тщательно с уплотнением механическими или ручными трамбовками.

Основные элементы оттяжек

Оттяжки для опор ВЛ 6–10 кВ бывают одинарные (рис. 2.2.73 а, б), рассчитанные на меньшее тяжение, и двоярные (рис. 2.2.74 ... 2.2.76), рассчитанные на большее тяжение.



Примечание.

Заземляющие перемычки выполняются из 2-х голых проводников. В качестве проводников используется горячекатаная сталь \varnothing 5 мм. Длина сварки — 6 метров проводника. (Данное примечание относится к аналогичным конструкциям оттяжек).

Рис. 2.2.73 а. Однородная оттяжка промежуточной угловой опоры ВЛ 6–10 кВ. (Общий вид)

- 1 — плита (якорь Я-1); 2 — натяжная муфта (галреп);
- 3 — верхняя часть оттяжки

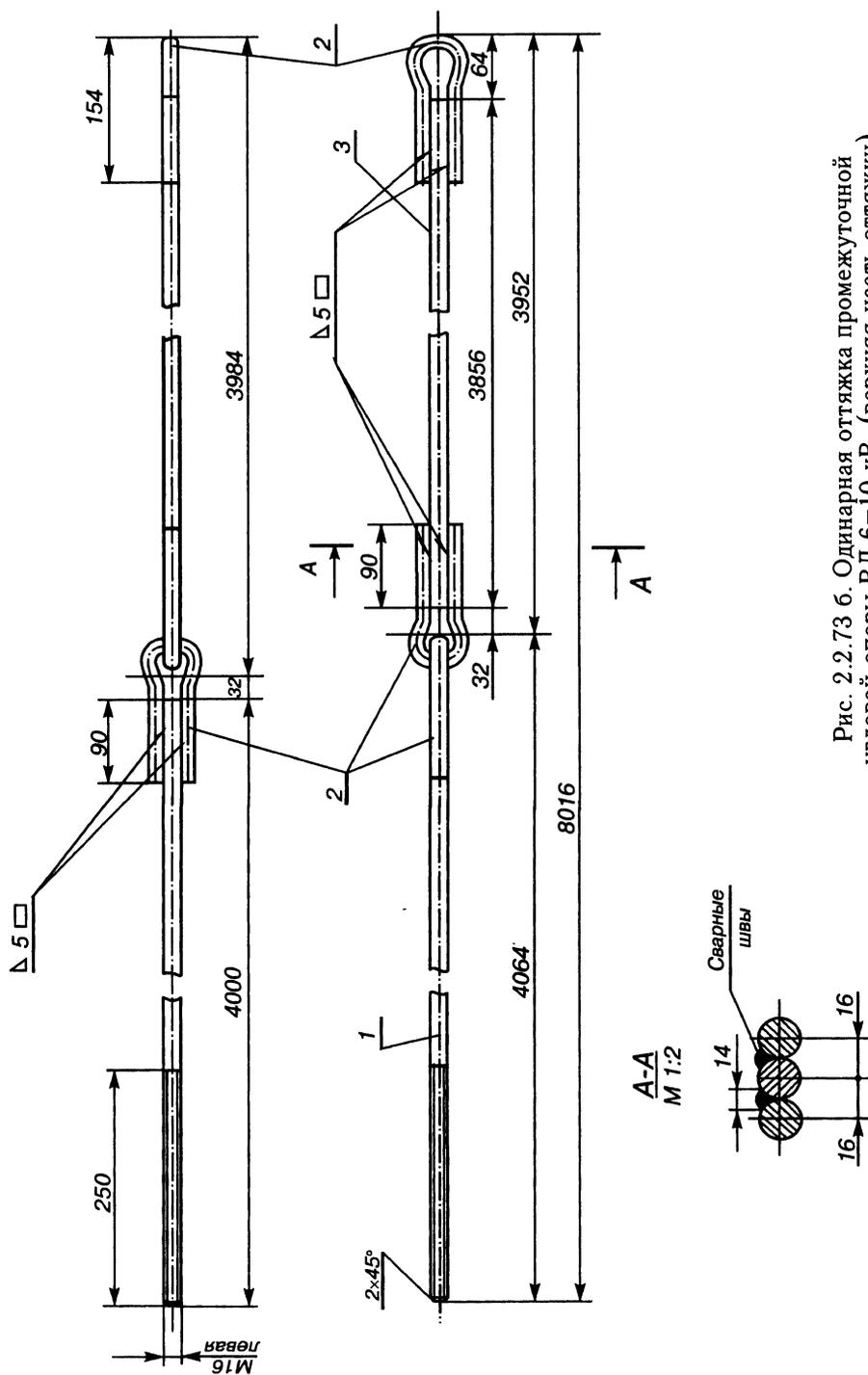


Рис. 2.2.73 б. Одинарная оттяжка промежуточной угловой опоры ВЛ 6–10 кВ. (верхняя часть оттяжки)

- 1 — стержень $\varnothing 16$ мм ; 2 — петля $\varnothing 16$ мм ;
3 — стержень $\varnothing 16$ мм

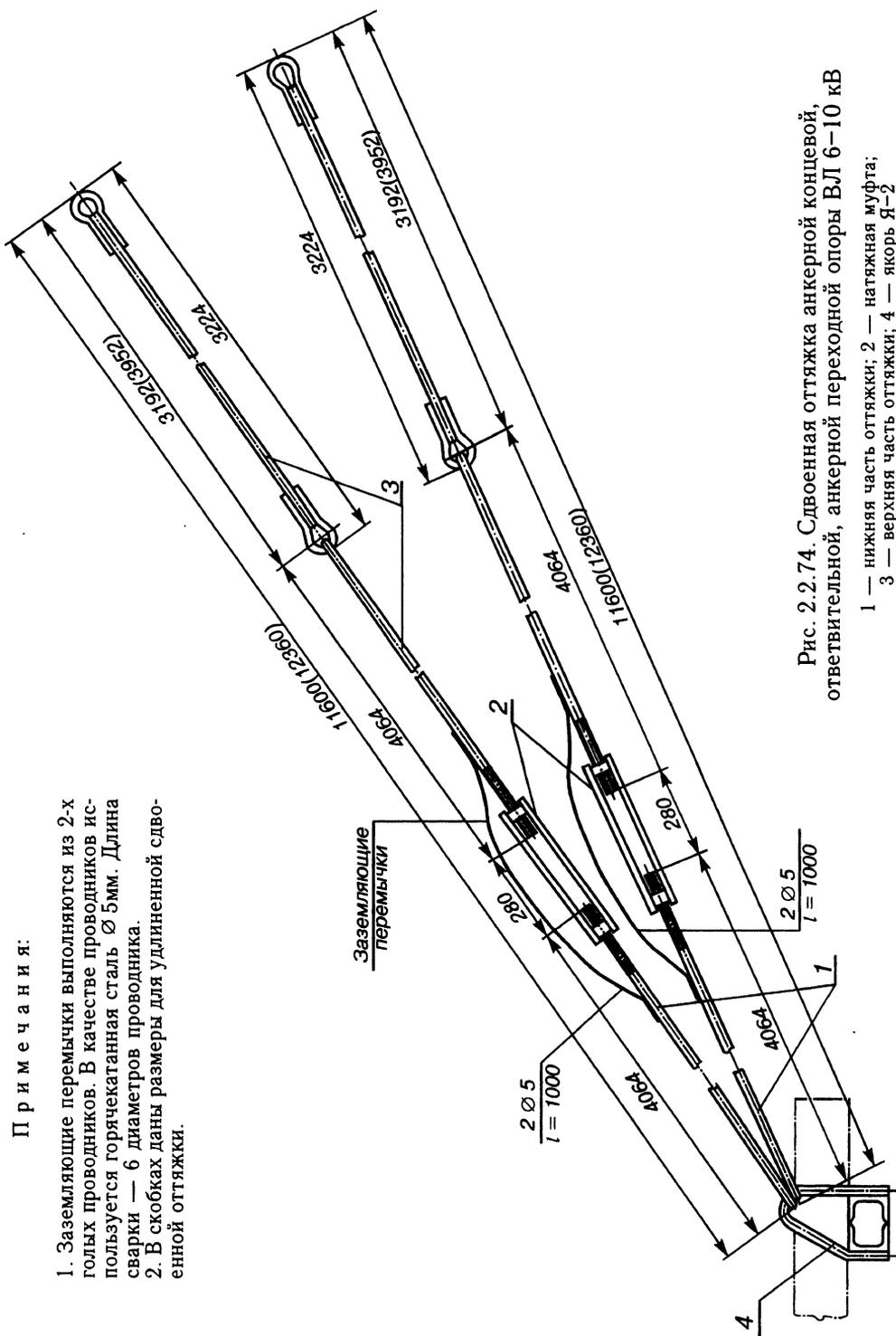


Рис. 2.2.74. Двойная оттяжка анкерной концевой, ответвительной, анкерной переходной опоры ВЛ 6–10 кВ

- 1 — нижняя часть оттяжки; 2 — натяжная муфта;
- 3 — верхняя часть оттяжки; 4 — якорь Я-2

Примечания:

1. Заземляющие перемычки выполняются из 2-х голых проводников. В качестве проводников используется горячекатанная сталь Ø 5мм. Длина сварки — 6 диаметров проводника.
2. В скобках даны размеры для удлиненной двойной оттяжки.

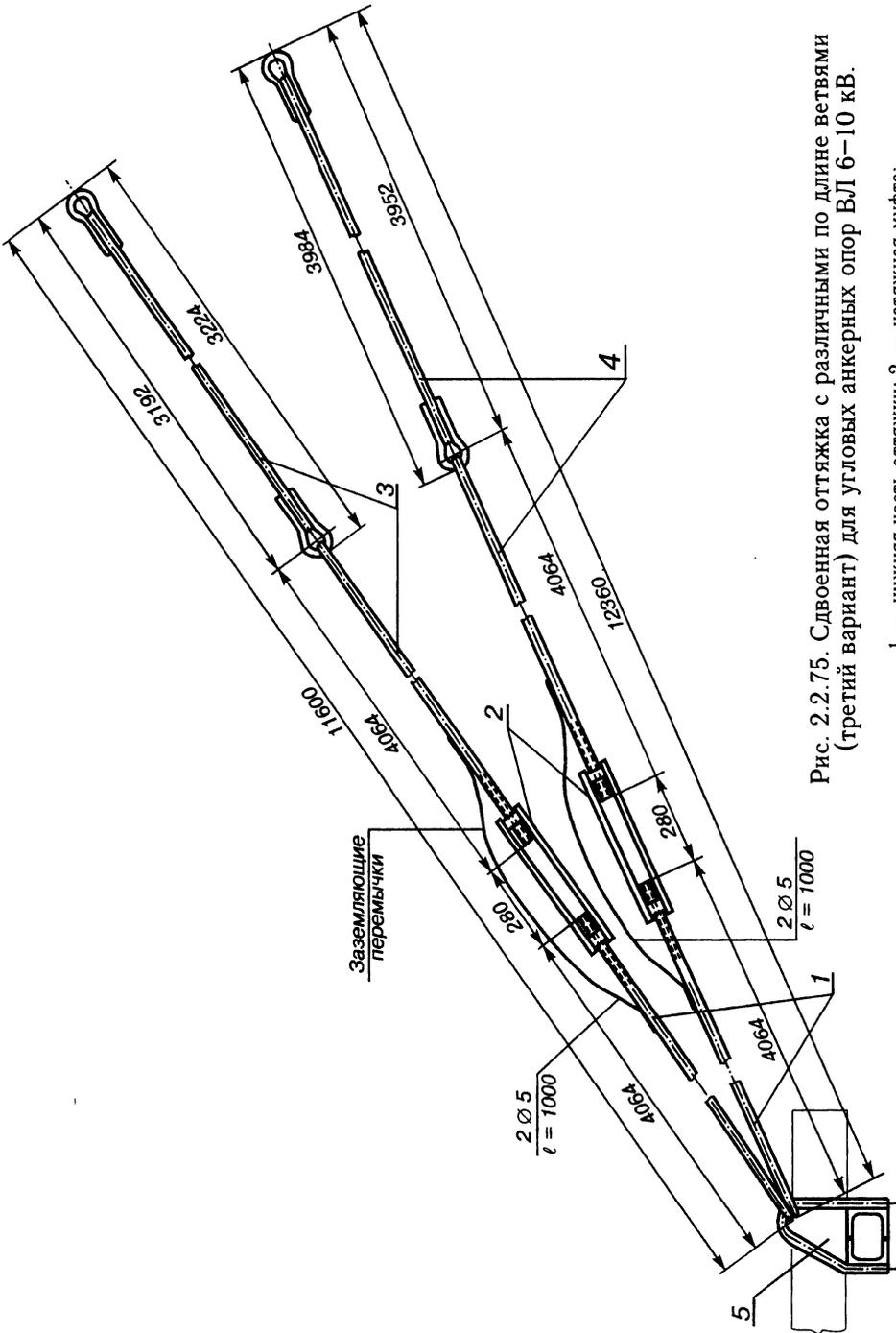


Рис. 2.2.75. Сдвоенная оттяжка с различными по длине ветвями (третий вариант) для угловых опор ВЛ 6–10 кВ.

- 1 — нижняя часть оттяжки; 2 — натяжная муфта;
- 3 — верхняя часть укороченной ветви оттяжки;
- 4 — верхняя часть удлиненной ветви оттяжки; 5 — якорь (Я-2)

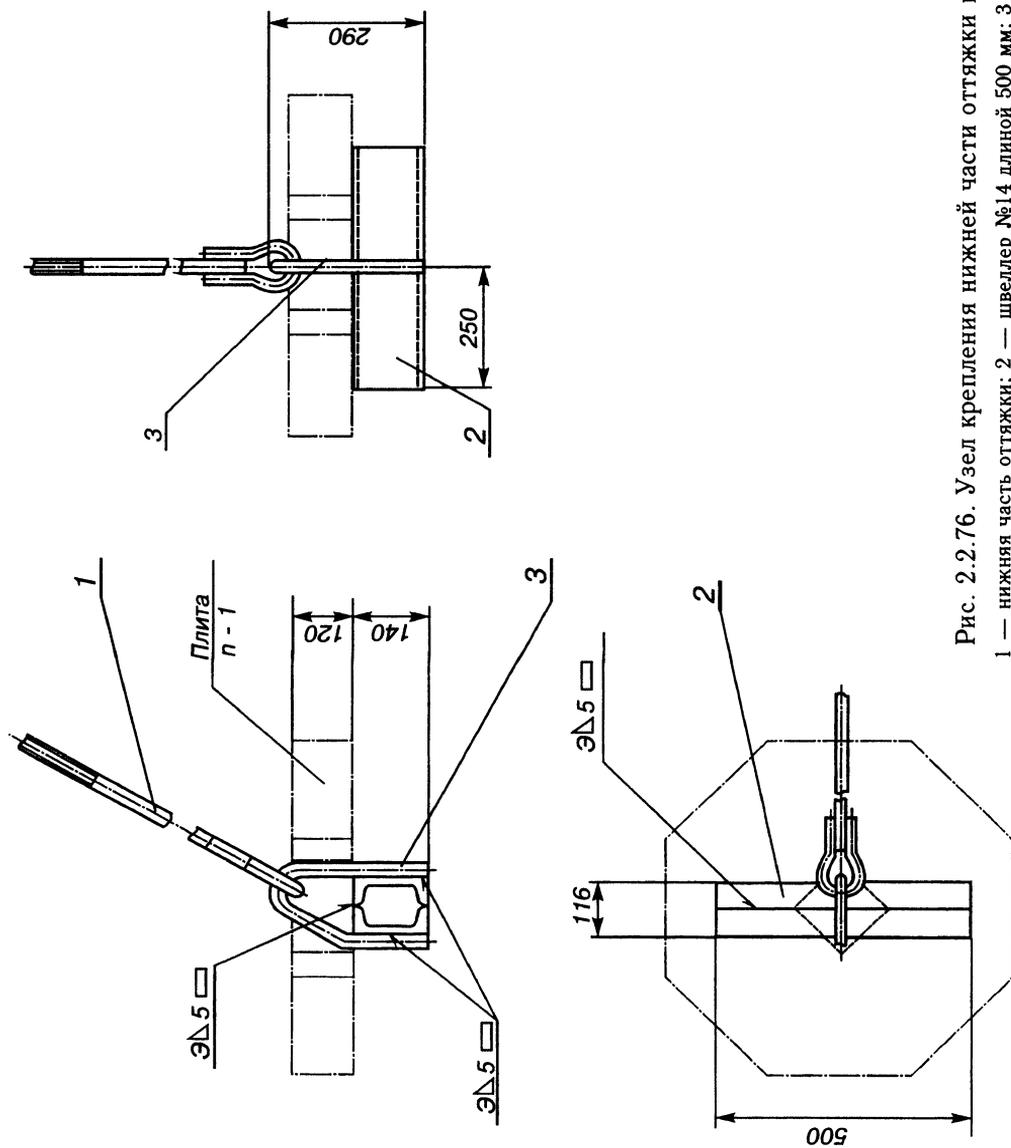


Рис. 2.2.76. Узел крепления нижней части оттяжки к плите П-1
 1 — нижняя часть оттяжки; 2 — швеллер №14 длиной 500 мм; 3 — серьга Ø 24

Оттяжка состоит из нижней и верхней частей и натяжной муфты-талрепа, выполненного из двух гаек с левой и правой резьбами (см рис. 2.2.72). На концах оттяжки имеются петли, с помощью которых верхняя часть оттяжки крепится к стойке или траверсе опоры (рис.2.2.78), а нижняя часть — к якорю или плите (рис.2.2.77).

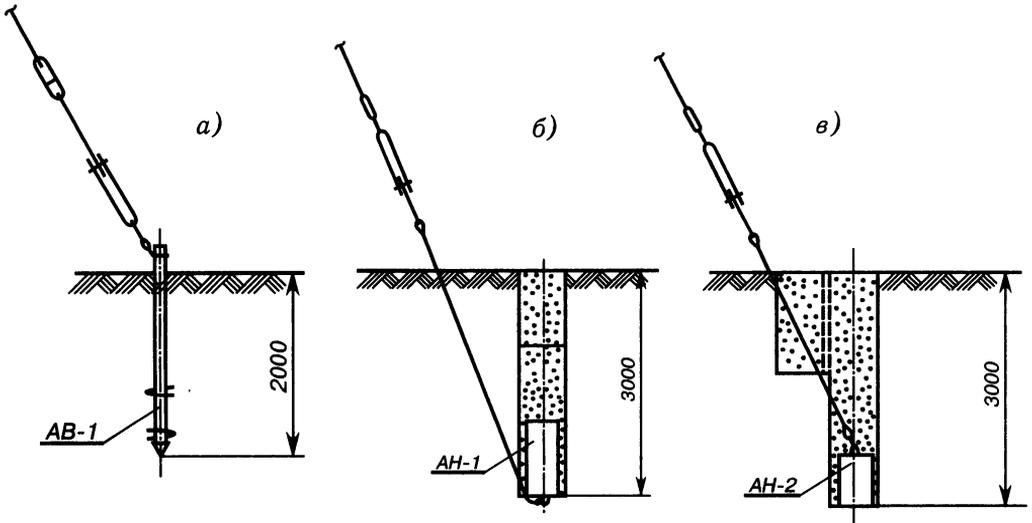


Рис. 2.2.77. Крепление нижней оттяжки опор ВЛ 6–10 кВ

а — к якорю (АВ-1), ввинчиваемому в грунт; б — к якорям АН-1; в — к якорю АН-2

При этом сдвоенные оттяжки бывают двух видов: один имеет равные по длине ветви (рис. 2.2.74), другие — разные по длине ветви (рис. 2.2.75). Первые устанавливают вдоль трассы линии (например, для опор, используемых на переходах через инженерные сооружения), а вторые — под углом к трассе линии (например, для анкерной угловой опоры).

Чтобы увеличить силу удержания оттяжки в грунте, плиту пропорционально увеличению этой силы заглубляют в грунт на глубину от 2,3 до 3 м.

Равнодействующая всех сил, действующих на опору (тяжение проводов, вес опоры, действие на опору ветра, гололеда, колебаний проводов, усилий оттяжек, направленных вниз и др.) направлена вниз, т.е. опора под действием равнодействующей всех сил может своим нижним торцом «углубиться» в грунт и оттяжка (оттяжки) ослабнет и не будет работать. Поэтому на нижней части анкерных опор ВЛ 6–10 кВ **крепят плиту**, как показано на рис. 2.2.80, а грунт под ней предварительно уплотняют. Ниже эти способы закрепления оттяжек будут приведены в зависимости от используемого типа опор.

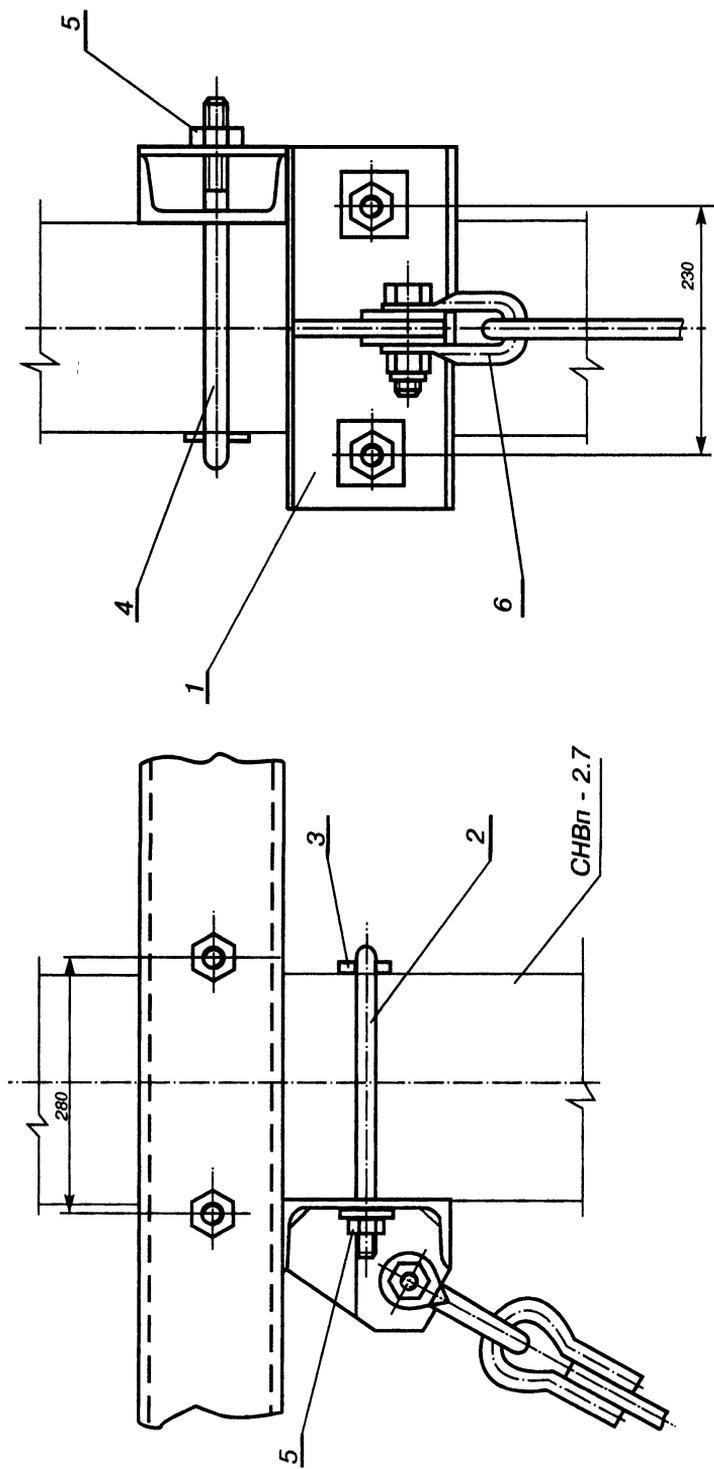


Рис. 2.2.78. Один из способов крепления траверсы и оттяжки к опоре ВЛ 6–10 кВ

1 — кронштейн; 2 — прокладка; 3 — стяжка; 4 — гайка М20; 5 — скоба СК-16; 6 — скоба СК-16

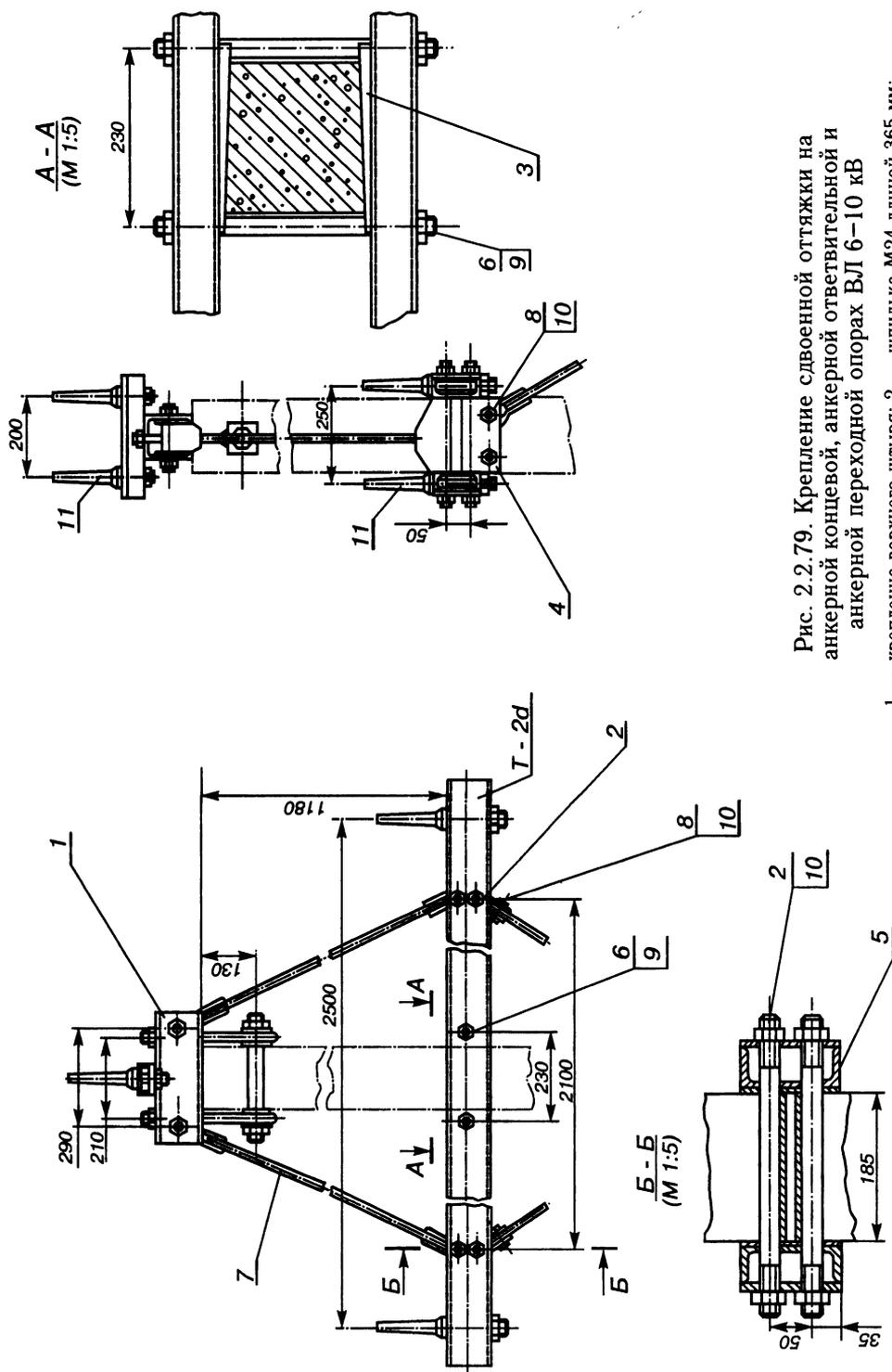


Рис. 2.2.79. Крепление своеенной оттяжки на анкерной концевой, анкерной ответвительной и анкерной переходной опорах ВЛ 6-10 кВ

- 1 — крепление верхнего штыря; 2 — шпилька М24 длиной 365 мм;
- 3 — прокладка косая; 4 — подвес; 5 — прокладка;
- 6 — шпилька М20 длиной 365 мм; 7 — растяжка; 8 — болт М24х60 мм;
- 9 — гайка М20; 10 — гайка М24; 11 — штырь.

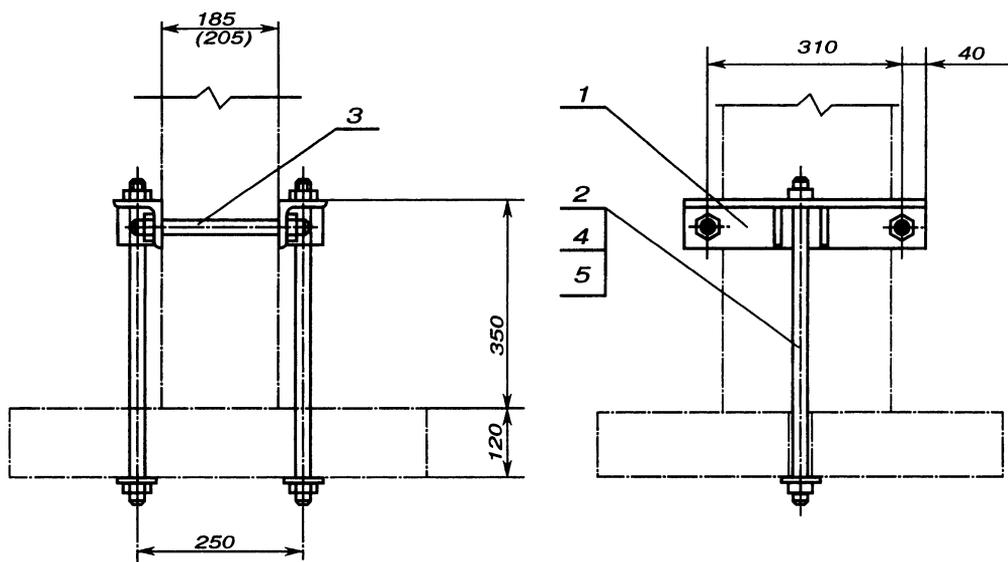


Рис. 2.2.80. Крепление опорной плиты к нижнему торцу опоры ВЛ 6–10 кВ

- 1 — накладка; 2 — шпилька М20 длиной 550 мм; 3 — шпилька М20 длиной 280 мм;
4 — шайба 80x80x5 мм \varnothing 24; 5 — гайка М20.

Конструкции основных оттяжек

Оттяжка ОТЗ (рис. 2.2.81) предназначена для удлинения оттяжки ОТ4.

Оттяжка ОТ4 (рис. 2.2.82) состоит из каната и узлов соединения отдельных ее частей. Она может быть использована для концевых анкерных опор.

Узел соединения оттяжек ОТ5 (рис. 2.2.83) предназначен для соединения двух оттяжек ОТ4 для ее использования в укреплении переходных опор через инженерные сооружения.

Оттяжки концевых опор

На рис. 2.2.84 показана опора К10–5 с одной оттяжкой, а на рис. 2.2.85 — с двумя оттяжками типа ОТ4. При этом две нижние фазы проводов у этих опор размещены на горизонтальной траверсе.

На рис. 2.2.86 показаны опоры К10–7 и К10–9, у которых гирлянды подвесных изоляторов разнесены по верху опоры соответственно на 1600 и 1900 мм.

Оттяжки переходных опор через инженерные сооружения

На рис. 2.2.87 показана переходная опора ПА10–4 с двумя оттяжками ОТ4. С каждой стороны опоры устанавливаются по одной оттяжке ОТ4. Они крепятся на опоре с помощью узла ОТ5.

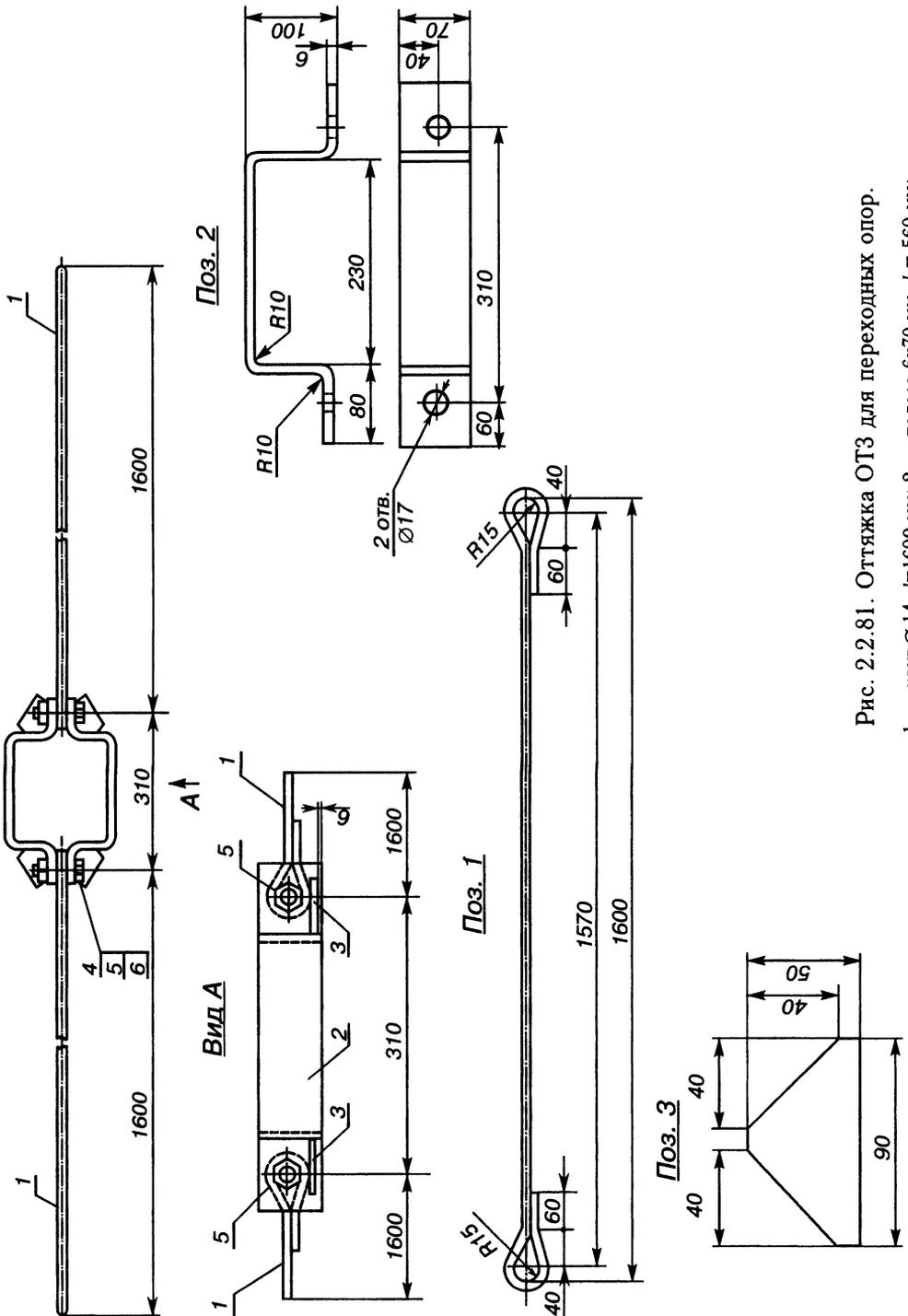


Рис. 2.2.81. Оттяжка ОТЗ для переходных опор.

1 — круг $\varnothing 14$, $l=1600$ мм; 2 — полоса 6×70 мм, $l = 560$ мм;
 3 — полоса 6×50 мм; 4 — болт М16х80 мм; 5 — гайка М16; 6 — шайба 16.

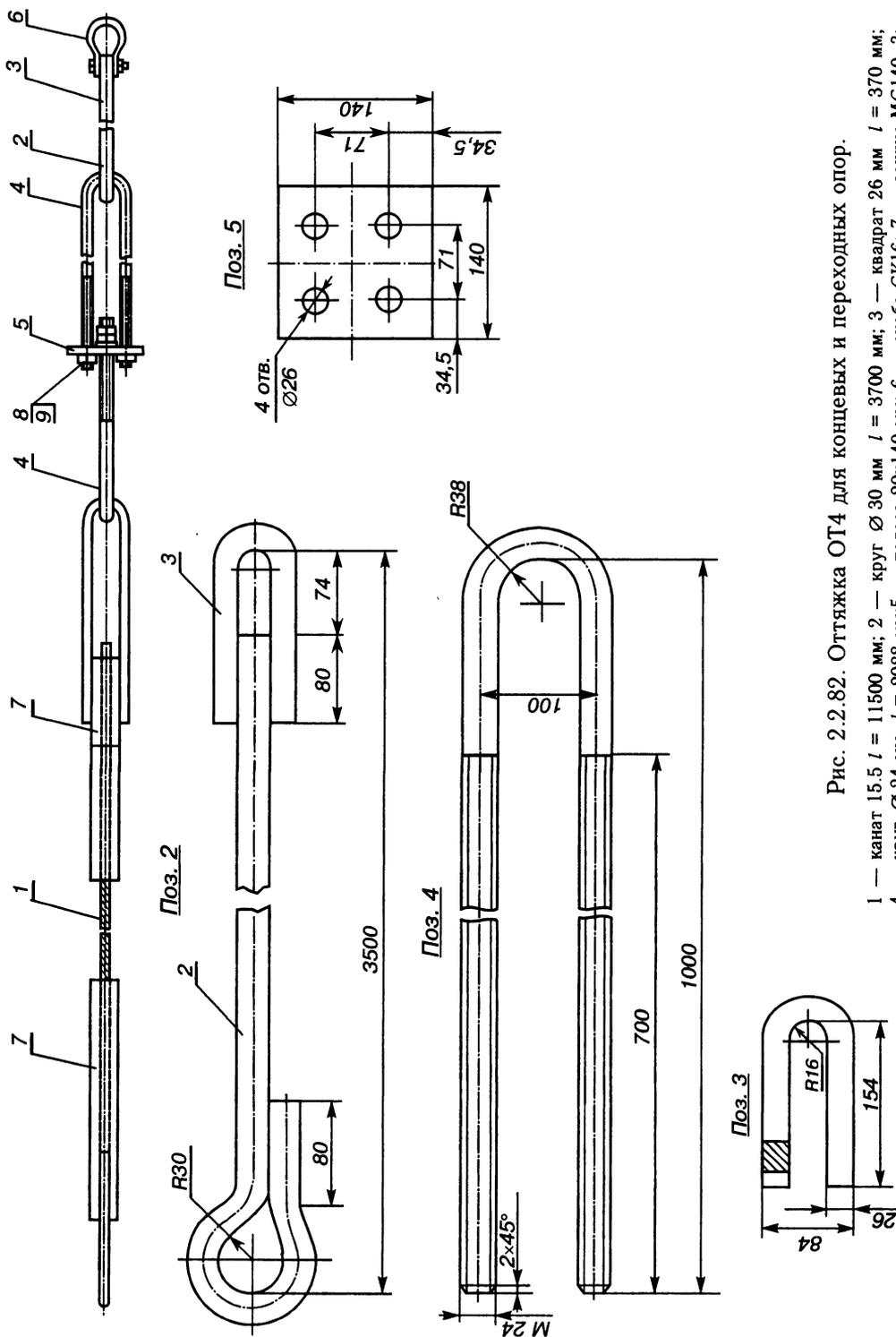


Рис. 2.2.82. Оттяжка ОТ4 для концевых и переходных опор.

1 — канат $\varnothing 30$ мм $l = 11500$ мм; 2 — круг $\varnothing 30$ мм $l = 3700$ мм; 3 — квадрат 26 мм $l = 370$ мм; 4 — круг $\varnothing 24$ мм $l = 2088$ мм; 5 — полка 20x140 мм; 6 — скоба СК16; 7 — зажим МС140-3; 8 — гайка М24; 9 — шайба.

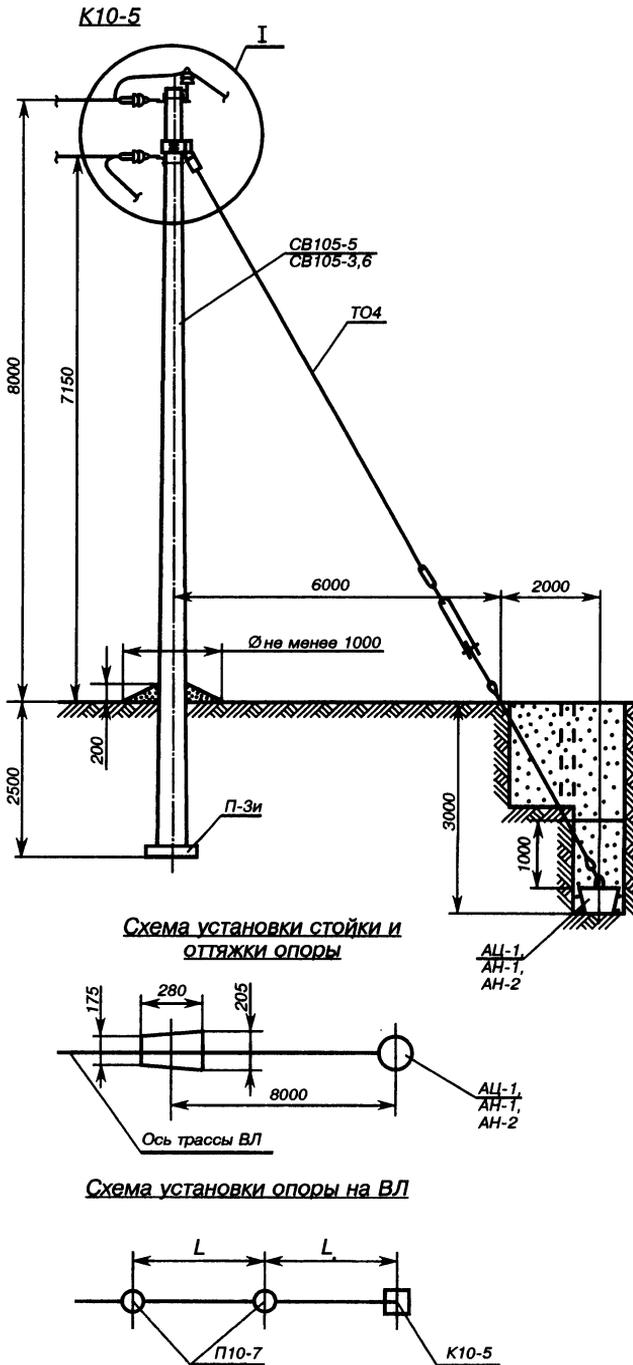


Рис. 2.2.84 а. Размещение и схема установки оттяжек ОТ4 на концевой опоре К10-5 (общий вид)

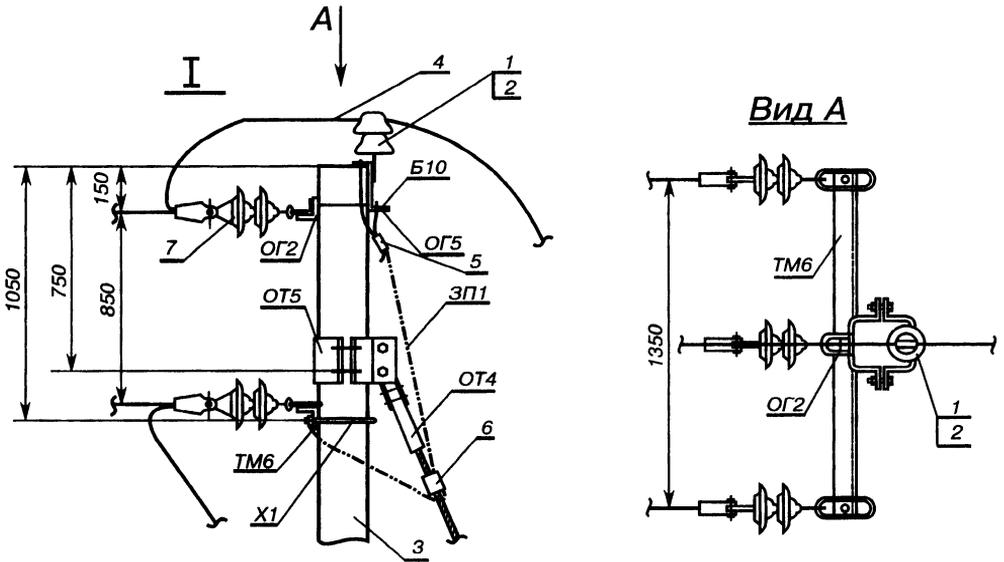


Рис. 2.2.846. Размещение и схема установки оттяжек ОТ4 на концевой опоре К10-5 (продолжение)

1, 2 — изолятор штыревой; 3 — опора; 4 — шлейф; 5 — зажим НС; 6 — оттяжка; 7 — гирлянда из подвесных изоляторов.

Таблица 2.2.31. Область применения концевой опоры К10-5 (к рис.2.2.84а,б)

Марка опоры	Марка стойки	Область применения опоры		
		район по гололеду	ветровой район	местность
К10-5	СВ105-5	III	I...V	ненаселен. и населен.
		I, II	IV, V	
	СВ105-3,6	I, II	I...III	

Таблица 2.2.32. Расчетные пролеты (к рис.2.2.84а,б)

W_0 , Па		400...800				
e_3 , мм		10	15	20	25	30
Расчетный пролет, м		L_p				
СВ105-5 СВ105-3,6	ненаселен. местность	70	65	60	50	40
	населенная местность	40	40	40	40	40

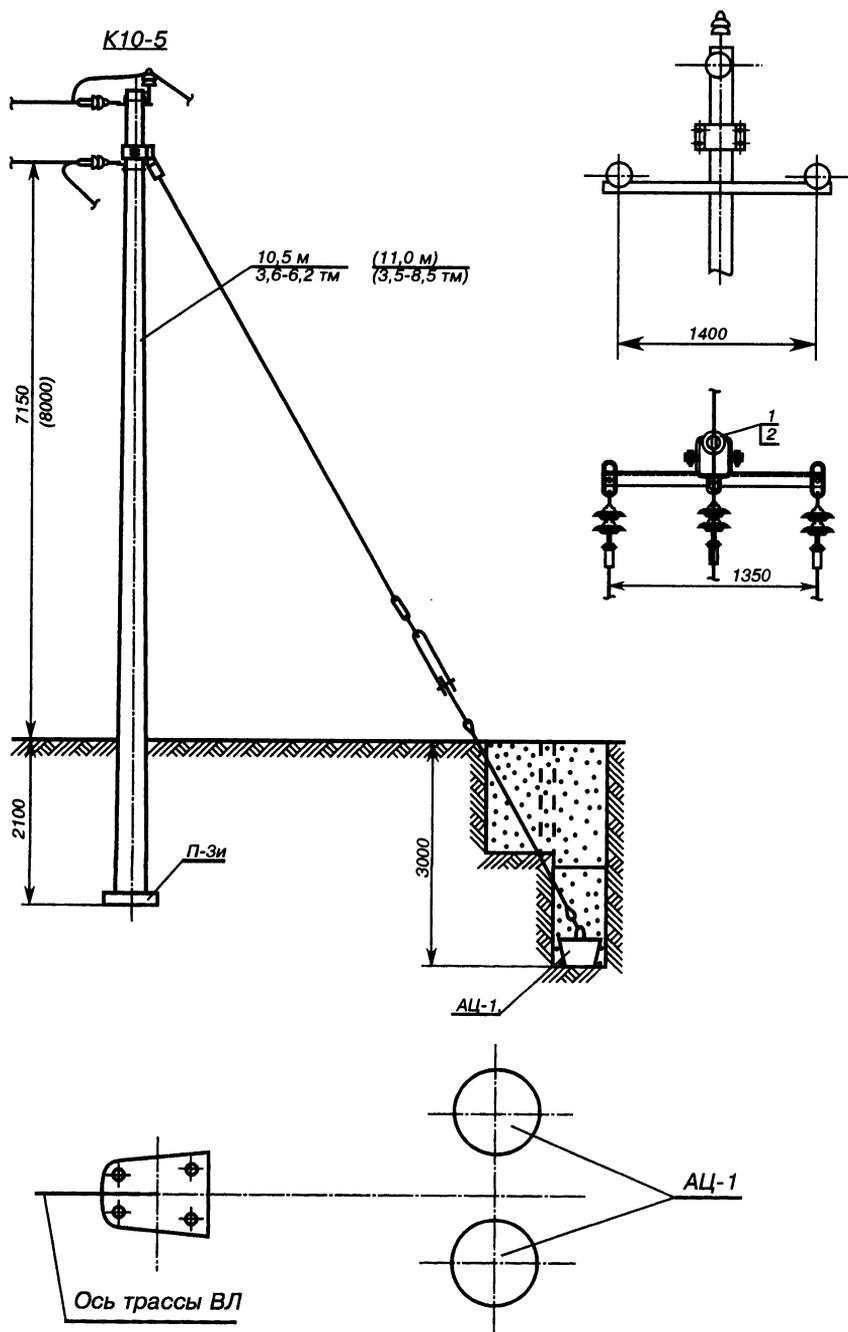


Рис. 2.2.85. Размещение оттяжек ОТ4 на концевой опоре К10–5

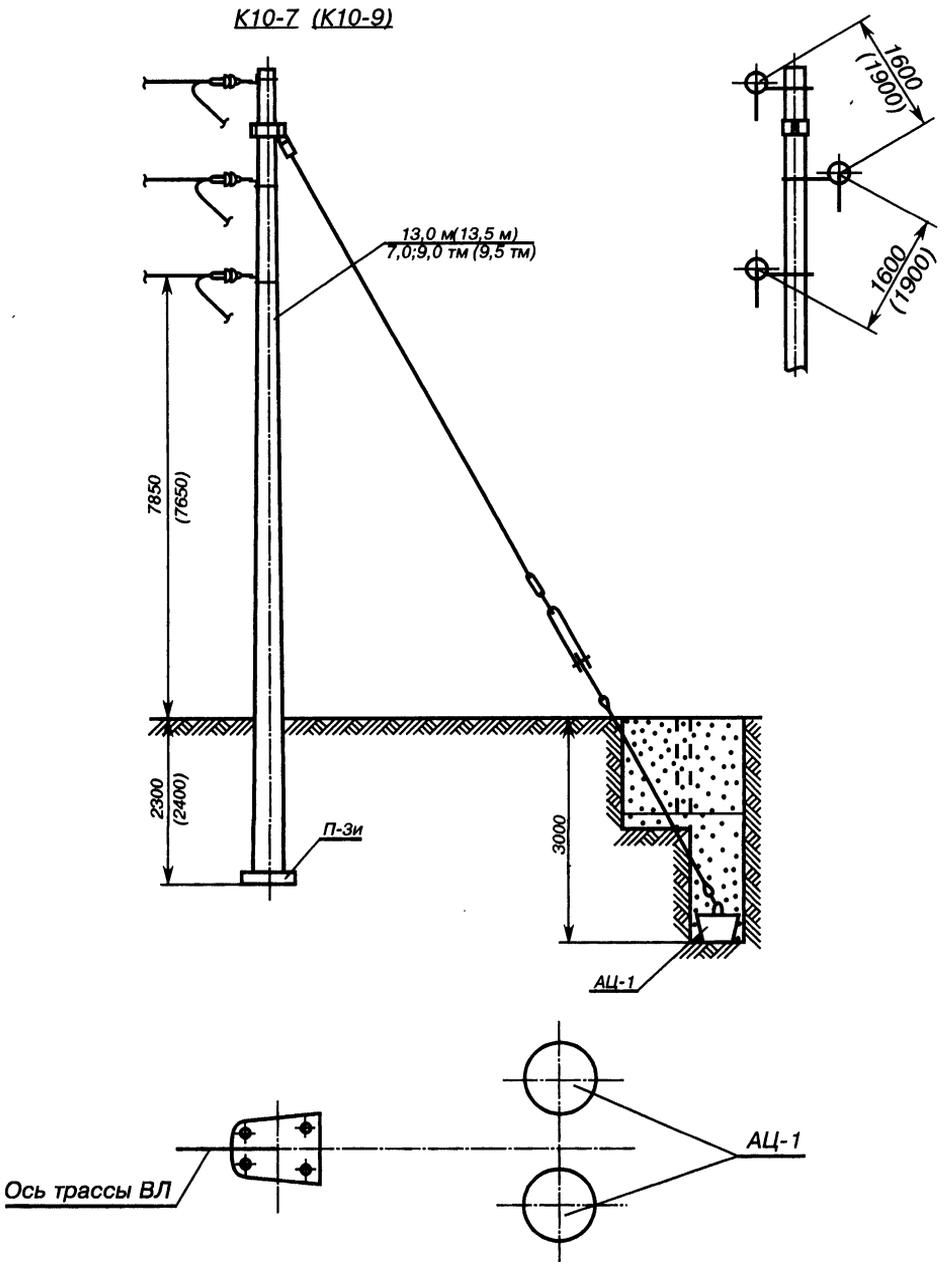


Рис. 2.2.86. Размещение оттяжек на концевой опоре K10-7 и K10-9

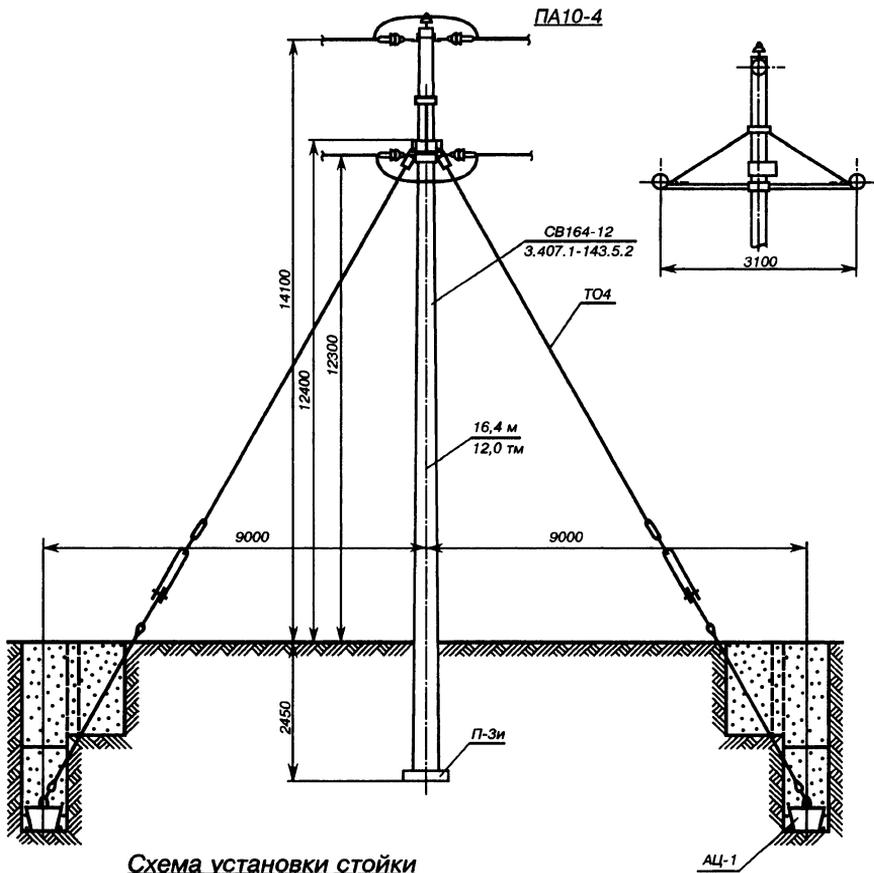


Схема установки стойки и оттяжек анкерной опоры

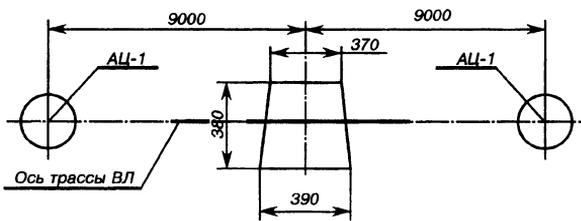


Схема установки стойки и оттяжек концевой опоры

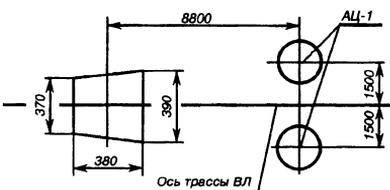


Схема пересечения

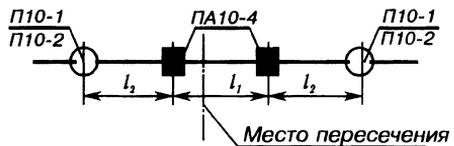


Рис. 2.2.87. Размещение оттяжек на переходной опоре ПА10-4

Таблица 2.2.35. Расчетные пролеты (к рис. 2.2.88 и 2.2.90)

Расчетные пролеты										
Марка провода Ветровой р-н, н стенки гололеда	I 27кг/м ²		II 35кг/м ²		III 45кг/м ²			IV 55кг/м ²		
	5	5	10	5	10	15	5	10	15	
	Ненаселенная местность									
АС-16	110	108	75	103	71	52	100	69	52	
АС-25	113	113	87	116	83	62	89	80	62	
А-25	104	103	73	99	72		94	68		
А-35	107	104	82	105	80		103	62		
А-50	103	103	88	103	82	65	102	84	65	
А-70	103	103	97	103	95	75	103	93	75	
ПС-25	150	150	139	150	136	75	150	135	75	

На рис. 2.2.88 показана переходная опора, рассчитанная на большее тяжение, нежели оттяжка, приведенная на рис. 2.2.87. Она имеет с каждой стороны опоры сдвоенные оттяжки одинаковой длины.

На рис. 2.2.89 показана переходная угловая анкерная опора ПУА10-2, на которой устанавливаются три оттяжки ОТ4. Такая опора с оттяжками позволяет выполнить переход через инженерные сооружения под прямым углом (см. схему пересечения линии, приведенную на рис. 2.2.88).

Оттяжки угловых опор

Для угловых промежуточных опор могут применяться оттяжки, показанные на рис. 2.2.84,а, 2.2.84,б (оттяжка ОТ4) по схеме установки стойки и оттяжки, показанные на рис. 2.2.85 со стойками СВ110 и СВ105.

Оттяжки для угловых анкерных опор с углом поворота до 90° показаны на рис. 2.2.90. Величины смежных с этими опорами пролетов проводов в зависимости от марок приведены в табл. 2.2.35.

Оттяжки для угловых анкерных опор со стойками СВ164-12 показаны на рис. 2.2.89 (три оттяжки на одну опору).

Оттяжки для ответвительной анкерной опоры ВЛ 6-10 кВ показаны на рис. 2.2.91.

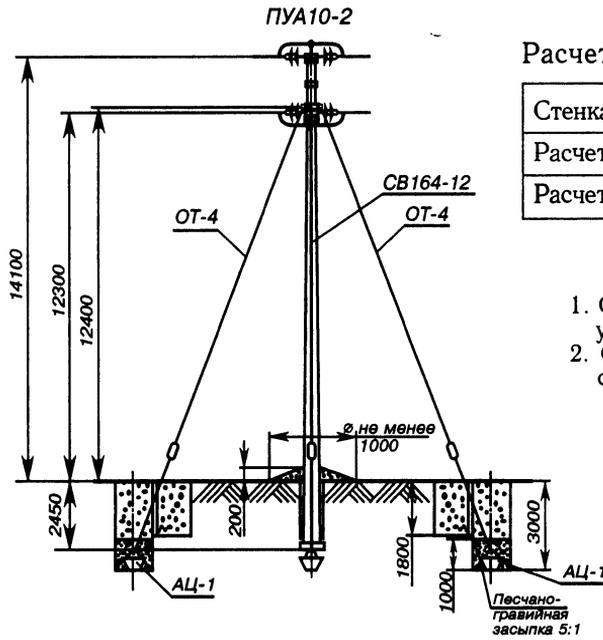
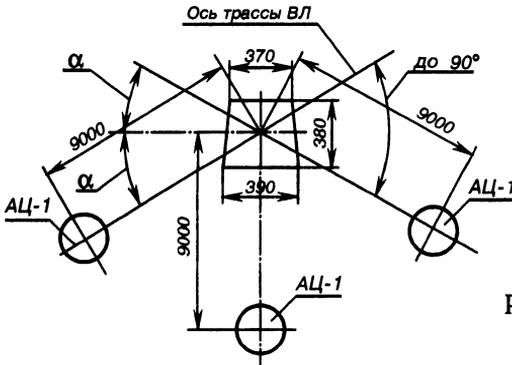


Схема установки стойки и оттяжек опоры



Расчетные пролеты

Стенка гололеда, мм	5	10	15	20
Расчетный пролет l_1 , м	130	110	95	80
Расчетный пролет l_2 , м	95	80	75	65

Примечания:

- Опора допускает поворот трассы ВЛ на угол до 90° .
- Спецификацию элементов опор см. серию 3.407.1-143.5.2.

Схема пересечения

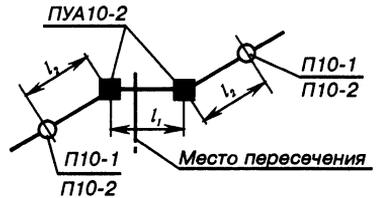


Рис. 2.2.89. Размещение оттяжек на переходной угловой анкерной опоре ПУА10-2

Таблица 2.2.36. Область применения опоры ПУА10-2 (к рис. 2.2.89)

Марка опоры	Марка стойки	Область применения опоры		
		район по гололеду	ветровой район	местность
ПУА10-2	СВ164-12	I...IV	I...V	ненаселен. и населен.

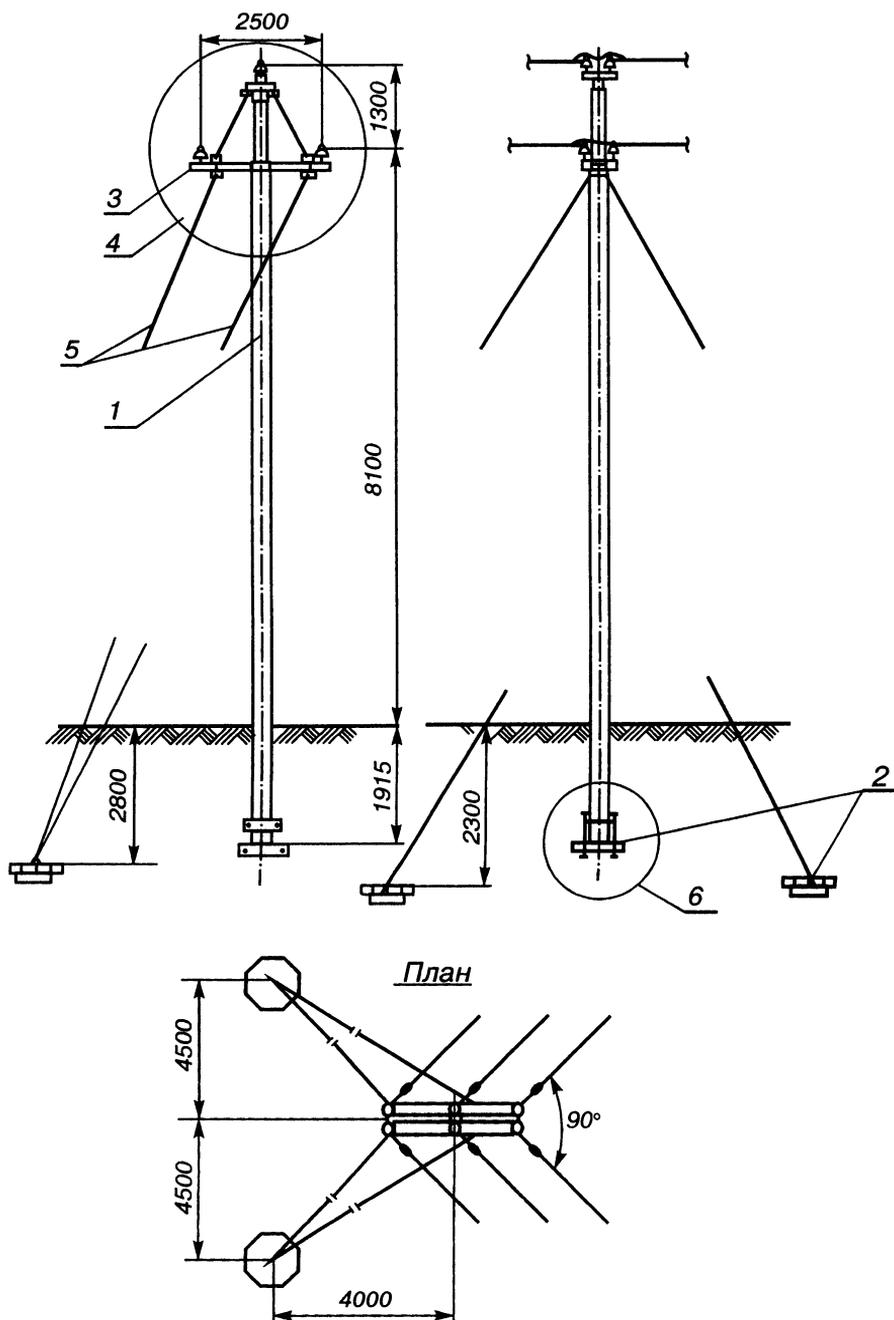


Рис. 2.2.90. Размещение и крепление оттяжек на угловой анкерной опоре с углом поворота трассы ВЛ до 90° (ненаселенная местность).

1 — стойка; 2 — плита; 3 — траверса; 4 — оголовок;
5 — оттяжка с якорем; 6 — крепление плиты к стойке.

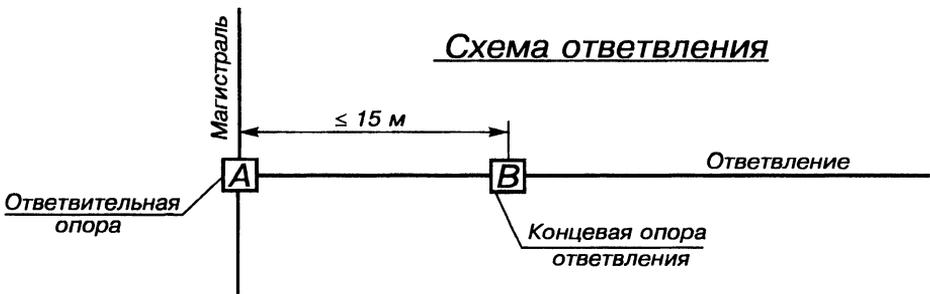
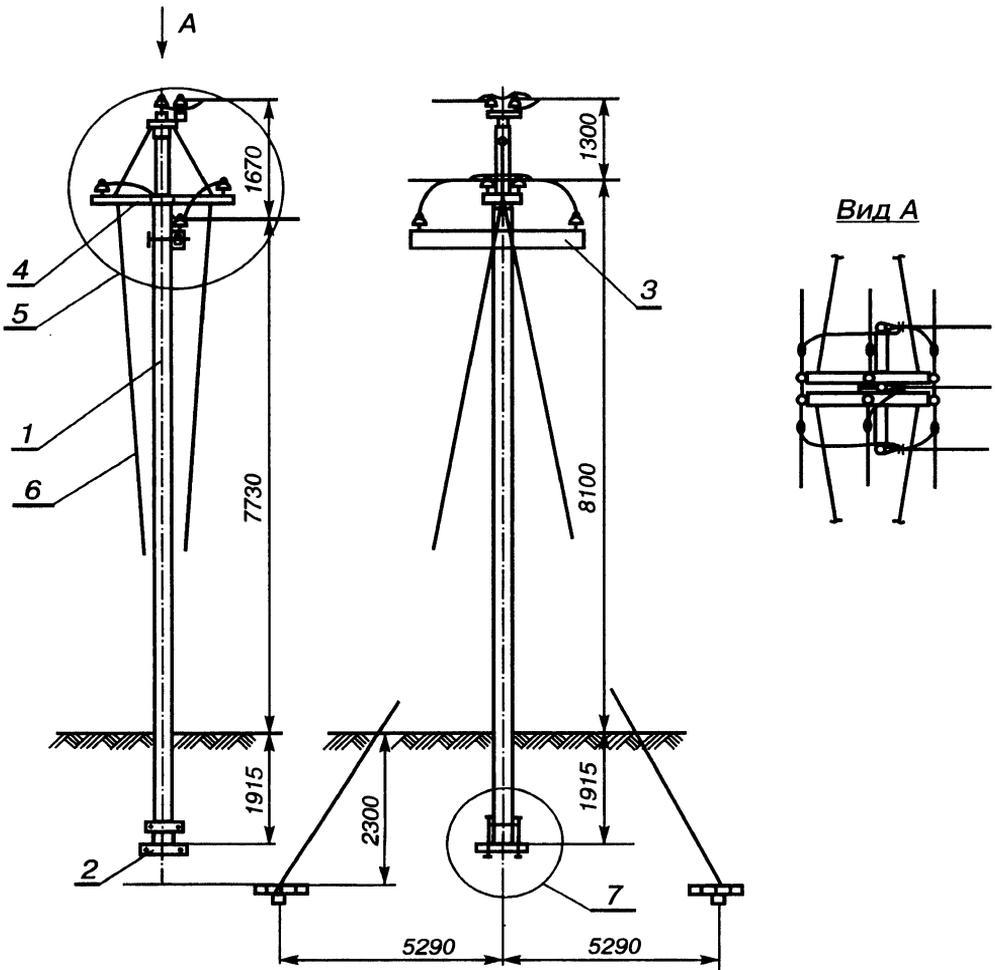


Рис 2.2.91. Размещение оттяжек на ответвительной опоре

1 — стойка; 2 — плита; 3 — траверса; 4 — траверса; 5 — оголовок;
6 — оттяжка с якорем; 7 — крепление плиты к стойке.

2.2.11. Оттяжки финского производства.

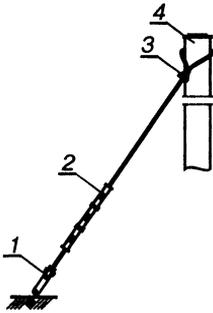


Рис. 2.2.92. Комплект оттяжки SH 51:

- 1 — зажим оттяжки (рис.2.2.93);
- 2 — комплект втулок для обозначения оттяжек (табл. 2.2.37);
- 3 — замок оттяжек (рис. 2.2.94) ;
- 4 — скоба оттяжки (рис. 2.2.96)

На рис. 2.2.92 приведен комплект оттяжек SH 51, в который входит зажим оттяжки (рис.2.2.93), комплект втулок для обозначения оттяжек (табл. 2.2.37), замок оттяжек (рис.2.2.94) и скоба оттяжки (рис. 2.2.95 и 2.2.96). Оттяжки такого типа применяются на опорах ВЛ 0,4–20 кВ.

При помощи зажима оттяжки SH52 (рис.2.2.93) канат прикрепляется внизу к якорной петле. Корпус зажима сделан из прочного алюминиевого сплава и скоба из стали горячей оцинковки.

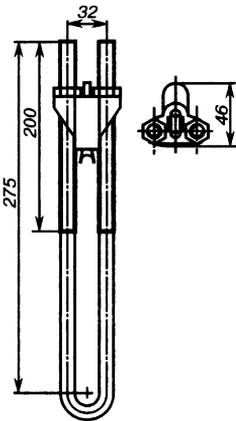


Рис. 2.2.93. Зажим оттяжки SH 52

Комплекты втулок (табл.2.2.37) применяют для обозначения оттяжек. Втулки легко установить на монтируемую оттяжку. Комплект из 12 штук втулок желто-черного цвета делает канат оттяжки хорошо заметным. Фланцевые торцы исключают вход одной втулки в другую. Пластмасса морозостойкая и прочная к ультрафиолетовому излучению.

Таблица 2.2.37. Комплект втулок для обозначения оттяжек

Тип	Максим. количество канатов	Внутрен. диаметр, мм	Длина комплекта, мм	Вес комплекта, г	Кол-во в упаковке, шт
SH 25	Fe 25	15	2520	180	1/25
SH 144	Fe 2x67	25	2520	410	1/10
SH 45	Fe 2x185	35	2520	600	1/10

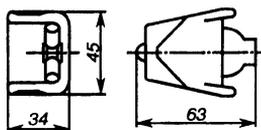


Рис. 2.2.94. Замок крепления оттяжки в верхней части опоры

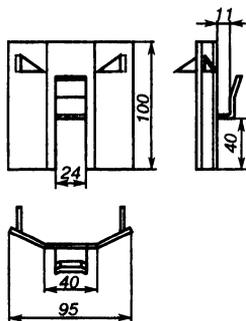


Рис. 2.2.95. Скоба SH 187 для верхней части оттяжки

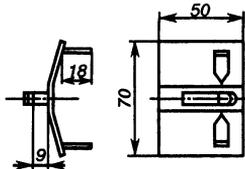
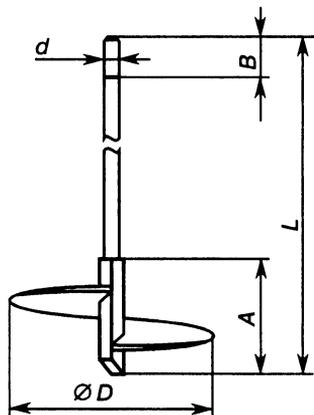


Рис. 2.2.96. Скоба SH 35 для всех деревянных опор ВЛ 0,4–10 кВ

Для закрепления нижней части оттяжки в отличие от отечественных конструкций оттяжек в финских применяется анкер-винт SH 136, который ввертывается в грунт (рис. 2.2.97), а также болты с кольцом для крепления в плите (рис. 2.2.98 ... 2.2.100).



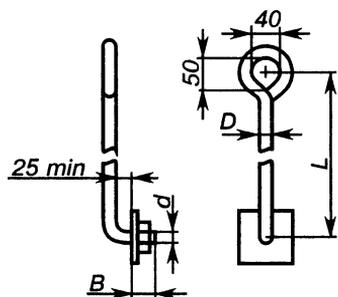
Допускаемые нагрузки для SH 136

Тип грунта	F _s кН
Земляной грунт	7,5
Мягкая глина	16,0
Песок+глина	16,0
Гравий (пустошь)	17,5
Песок (пустошь)	17,5

Рис.2.2.97. Анкер-винт

Анкер завинчивается в землю вручную при помощи закручивающего рычага. При необходимости анкер можно вывернуть из земли и использовать в другом месте.

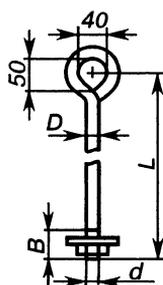
Для закрепления оттяжек в скальном грунте применяются скальные болты (рис. 2.2.101, 2.2.102).



Код	Усл. обознач.	d , мм	B , мм	D , мм	L , мм	F_s , кН	Вес, кг
SH 97	JT 16	M16	30	16	1000	17,5	1,90
SH 97,5	JT 20	M20	30	20	1000	35,0	2,90

F_s — допускаемая нагрузка.

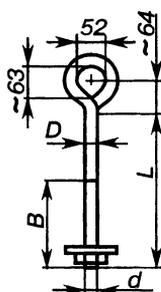
Рис. 2.2.98. Соединительный стержень



Код	Усл. обознач.	d , мм	B , мм	D , мм	L , мм	F_s , кН	Вес, кг
SH 164	LS12–1750	M12	30	12	1750	8,75	1,80
SH 164.1600	LS12–1600	M12	30	12	1600	8,75	1,60
SH 80	LS16	M16	30	16	1800	17,5	3,30
SH 81	LS20	M20	30	20	2300	35,0	6,50

F_s — допускаемая нагрузка.

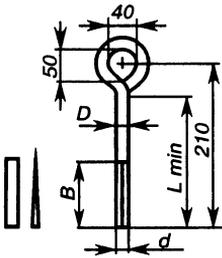
Рис. 2.2.99. Болт с кольцом для плиты



	Усл. обознач.	d , мм	B , мм	D , мм	L , мм	F_s , кН	Вес, кг
SH 95	PSP–200	M20	120	20	200	35,0	1,35
SH 96	PSP–240	M20	120	20	240	35,0	1,45

F_s — допускаемая нагрузка.

Рис. 2.2.100. Болт с проушиной



Код	Усл. обознач.	D , мм	B , мм	L , мм	отверстие, мм	F_s , кН	Вес, кг
SH 78	KS 20	20	60	150	22	17,5	0,95
SH 79	—	22	60	150	24	24,0	1,19

F_s — допускаемая нагрузка.

Рис. 2.2.101. Скальный болт с проушиной

В скальной породе просверливается отверстие глубиной 170 мм по размеру, указанному в таблице.

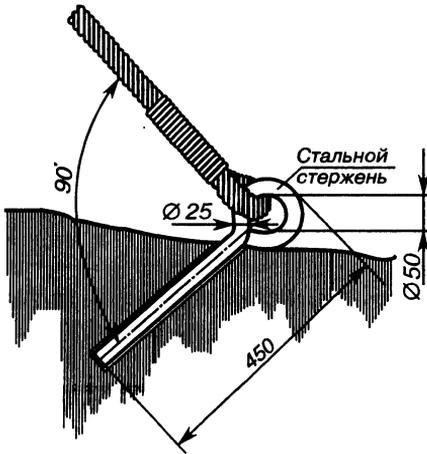


Рис.2.2.102. Второй вариант скального болта с кольцом

Для изоляции оттяжек от земли применяют изолятор типа SDI 4.

2.2.12. Закрепление деревянных опор ВЛ 6–10 кВ на болотах и в слабых грунтах

1. Основные сведения

Приведем основные рекомендации по закреплению деревянных опор ВЛ 6–10 кВ в сложных инженерно-геологических условиях (болота, подстилаемые глинистыми или скальными грунтами; пльвуны; заболоченные поймы рек и т.д.). Эти сведения не претендуют на полное изложение этой проблемы, т.е. здесь приведены только принципы применения способов крепления опор в слабых грунтах.

Слабые грунты, где возможно применение опор ВЛ, разделены на три группы.

I группа — обводненные глинистые грунты текуче-пластичной консистенции ($V \geq 0,75$), водонасыщенные пылеватые мелкие пески, заиленные обводненные грунты.

II группа — необводненные глинистые грунты мягкопластичной консистенции ($0,6 \leq V \leq 0,75$), маловлажные рыхлые пески мелкие и пылеватые.

III группа — необводненные глинистые грунты пластичной консистенции ($0,5 \leq V \leq 0,6$), маловлажные рыхлые пески крупные и средней крупности.

Сверленный котлован в грунтах I группы заплывает, в грунтах II и III группы — устойчив.

Торфяные грунты разделены на две группы по виду торфяной залежи.

Допускаемое давление на верховой торф принято равным $0,10 \text{ кг/см}^2$, на низинный торф — $0,14 \text{ кг/см}^2$.

Здесь V — коэффициент характеризует состояние грунта по отношению к обычному «земляному» грунту.

В табл.2.2.73., 2.2.74 приведены сведения о состоянии рассматриваемых слабых грунтов.

В настоящей рекомендации приведены основные типы закреплений унифицированных деревянных опор ВЛ 6–10 кВ в слабых грунтах: свайный, ригельный, лежневый, ряжевый. В зависимости от сочетаний состояния инженерно-геологических условий и назначения элементов ВЛ рекомендуется применять те или иные способы установки и закрепления опор.

Марки закреплений составлены из первых букв их названий (С — свайный, Р — ригельный и т.д.) буквенного индекса, характеризующего конструктивные особенности закрепления, цифры — характеризующей конструктивные особенности закрепления и его типоразмеры (несущей способности).

Маркировка деревянных деталей того или другого закрепления также принята из букв и цифр. Буква А обозначает наименование, цифра — типоразмер детали (Пр. — приставка, Л — лежень и т.д.).

Здесь рассмотрены конструктивные решения для болот, подстилаемых глинистыми или скальными грунтами и заполненными верховым или низинным торфом средней плотности. Топяные и трясиные болота не рассмотрены.

Таблица 2.2.73. Нормативные и расчетные характеристики слабых грунтов (C , т/м²; Φ , град; E , т/м²)

Наименование видов грунтов		Характеристика грунтов	Характеристики грунтов C ; Φ ; E при коэффициенте пористости ϵ											
			0,61–70		0,71–80		0,81–0,95		0,96–1,10		1,10–1,30			
			нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные		
Песчаные грунты	Гравелистые и крупные	C												
		Φ			*	*								
		E												
	Средней крупности	C												
		Φ			*	*								
		E												
	Мелкие	C			—	—	—	—						
		Φ			28	26	*	*						
		E			1800	—	—	—						
	Пылеватые	C	0,4	—	0,2	—	—	—						
		Φ	30	28	26	24	*	*						
		E	1800	—	1100	—	—	—						
Глинистые грунты на границе раскатывания	Супесь $W_p=9,5...12,4$	C	0,6	—										
		Φ	23	21	*	*	*	*						
		E	1600	—										
	Суглинок $W_p=12,5...15,4$	C	1,4	0,4	0,7	0,2								
		Φ	22	20	21	19	*	*						
		E	1500	—	1200	—								
	Суглинок $W_p=15,5...18,4$	C			1,9	0,8	1,2	0,4	0,8	0,2				
		Φ			20	18	19	17	18	16	*	*		
		E			1300	—	1000	—	700	—				
	Глина $W_p=18,5...22,4$	C					2,8	1,0	1,9	0,6				
		Φ					18	16	17	15	*	*		
		E					1200	—	900	—				
	Глина $W_p=22,5...26,4$	C							3,6	1,2				
		Φ							16	14	*	*		
		E							1100	—				
	Глина $W_p=26,5...30,4$	C												
		Φ									*	*		
		E												

* — физико-механические характеристики грунта

Примечания к табл. 2.2.73:

1. Характеристики слабых грунтов приведены в зависимости от их пористости и влажности на границе раскатывания (для глинистых грунтов) аналогично ??????
2. Характеристики песчаных грунтов относятся к кварцевым пескам с зернами различной окатанности, содержащим не более 20% полевого шпата, 6% слюды и других примесей, независимо от влажности грунта.
3. Характеристики слабых глинистых грунтов относятся к грунтам четвертичных отложений при содержании растительных остатков не более 5% при условии полного заполнения пор водой (степень влажности $G > 0,8$).
4. Данные табл. 2.2.73 не распространяются на глинистые грунты текучей консистенции (при $B > 1$).

Таблица 2.2.74. Унификация слабых грунтов по их расчетной несущей способности.

№ группы	Наименование видов грунтов	Коэффициент пористости ϵ	Консистенция (B) или обводненность	Характеристики грунта						
				Нормативные				Расчетные		
				γ	ϕ	C	E	γ	ϕ	C
I группа	Песок мелкий		обводнен.	1,6	24	—	800	1,6	22	—
	Песок пылеватый		— « —	1,6	22	—	600	1,6	20	—
	Супесь		0,85–1,00	1,8	21	0,2	700	1,8	19	—
	Суглинок		0,85–1,00	1,75	20	0,1	800	1,75	18	—
	Суглинок $W_p=15,5...18,4$	0,96...1,10	0,85–0,95	1,7	18	0,8	700	1,7	16	0,2
	Суглинок		0,95–1,00	1,65	17	0,5	400	1,65	15	0,1
	Глина		0,85–1,00	1,6	16	1,0	600	1,6	14	0,3
II группа	Песок мелкий	0,71...0,80	необводн.	1,7	28	—	1800	1,7	26	—
	Песок пылеватый	0,71...0,80	— « —	1,7	26	0,2	1100	1,7	24	—
	Супесь $W_p=9,5...12,4$	0,61...0,70	0,50–0,65	1,9	28	0,6	1600	1,9	21	—
	Супесь	— « —	0,65–0,85	1,85	22	0,4	1000	1,85	20	—
	Суглинок $W_p=12,5...15,4$	0,71...0,80	0,75–0,85	1,8	21	0,7	1200	1,8	19	0,2
	Суглинок $W_p=15,5...18,4$	0,81...0,95	0,75–0,85	1,75	19	1,1	1000	1,75	17	0,4
	Глина $W_p=18,5...22,4$	0,96...1,10	0,75–0,85	1,65	17	1,9	900	1,65	15	0,6
Глина	— « —	0,5–0,85	1,6	17	2,0	800	1,6	13	0,6	
III группа	Песок крупный	рыхлый	независимо от влажности	1,7	36	—	2000	1,7	34	—
	Песок средней крупности	— « —	— « —	1,7	32	—	2000	1,7	30	—
	Песок пылеватый	0,61...0,70	необводн.	1,8	30	0,4	1800	1,8	28	—
	Суглинок $W_p=12,5...15,4$	0,61...0,70	0,50–0,75	1,9	22	1,4	1500	1,9	20	0,4
	Суглинок $W_p=15,5...18,4$	0,71...0,80	0,50–0,75	1,8	20	1,9	1300	1,8	18	0,8
	Глина $W_p=18,5...22,4$	0,81...0,95	0,50–0,75	1,7	18	2,8	1200	1,7	16	1,0
	Глина $W_p=22,5...26,4$	0,96...1,10	0,50–0,75	1,65	16	3,6	1100	1,65	14	1,2
Глина	— « —	0,50–0,75	1,6	14	3,0	1000	1,6	12	1,0	

Примечание к табл. 2.2.74:

- γ — коэффициент плотности грунта в $\text{т}/\text{м}^3$;
- ϕ — угол внутреннего трения, град. (градус);
- C — расчетное удельное сцепление грунта, в $\text{т}/\text{м}^2$;
- E — коэффициент сцепления грунта, в $\text{т}/\text{м}^2$;
- ϵ — коэффициент пористости грунта в процентах.

Для конструкции закреплений промежуточных опор глубина болота не ограничивается. Для сложных опор глубина болота ограничена до 5 м, в болотах с подстилающими скальными грунтами — до 3 м.

Слабые грунты представлены рыхлыми песками, обводненными пылеватными песками (плывунами), глинистыми грунтами при консистенции $B > 0,5$ и заиленными обводненными грунтами. Физико-механические характеристики слабых грунтов приведены в табл. 2.2.73.

Пески плотные и средней плотности, а также глинистые грунты при консистенции $B < 0,5$ из рассмотрения исключены, как не относящиеся к слабым грунтам.

Слабые грунты, независимо от их вида и гранулометрического свойства, разбиты на три группы по их несущей способности, как основные под опоры ВЛ, и по способам производства работ при выполнении их закреплений.

2. Виды (марки) закреплений

Свайные закрепления (рис. 2.2.112; 2.2.113; 2.2.114) выполняют на одиночных или на двух сваях в кусте, глубина их забивки в грунт определяется расчетом.

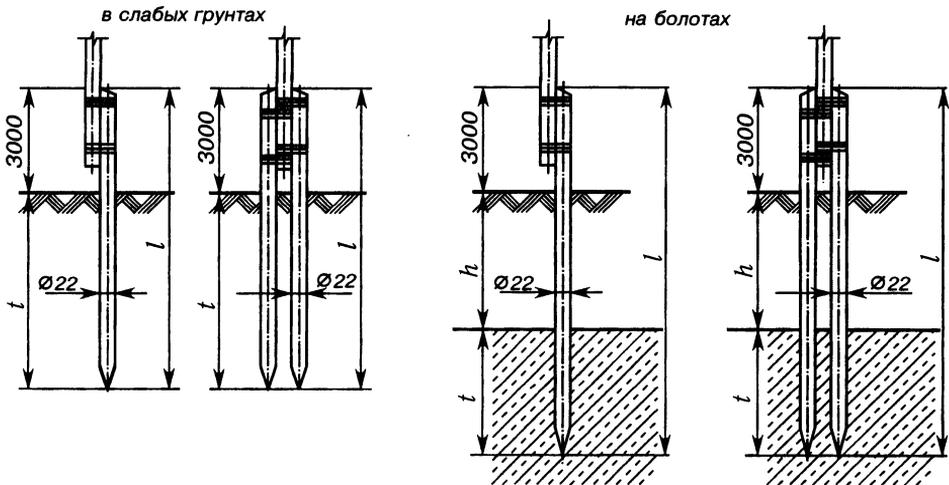


Рис. 2.2.112. Свайные закрепления
(t , h и l см. в табл. 2.2.75)

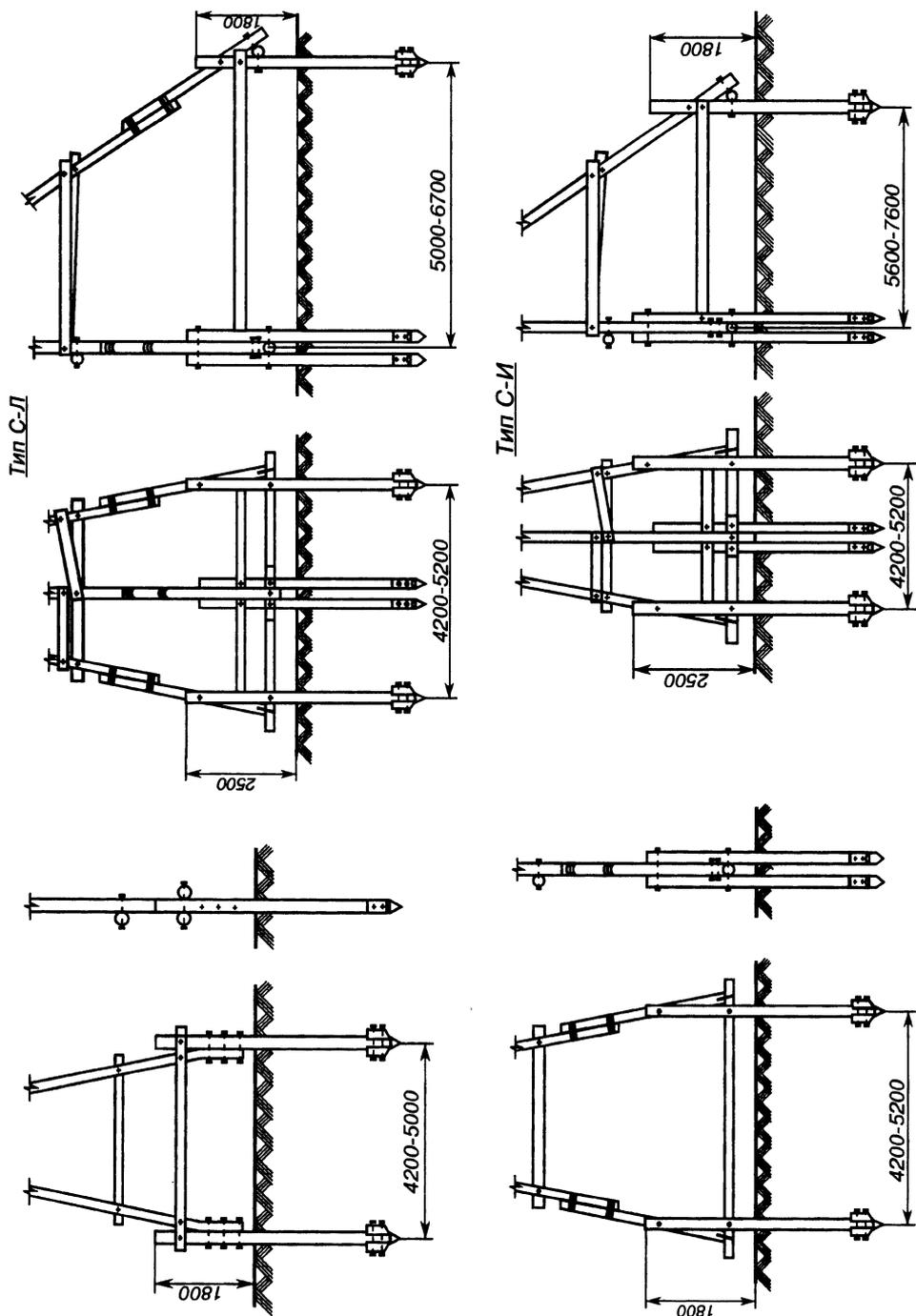


Рис. 2.2.113. Свайные закрепления в слабых грунтах

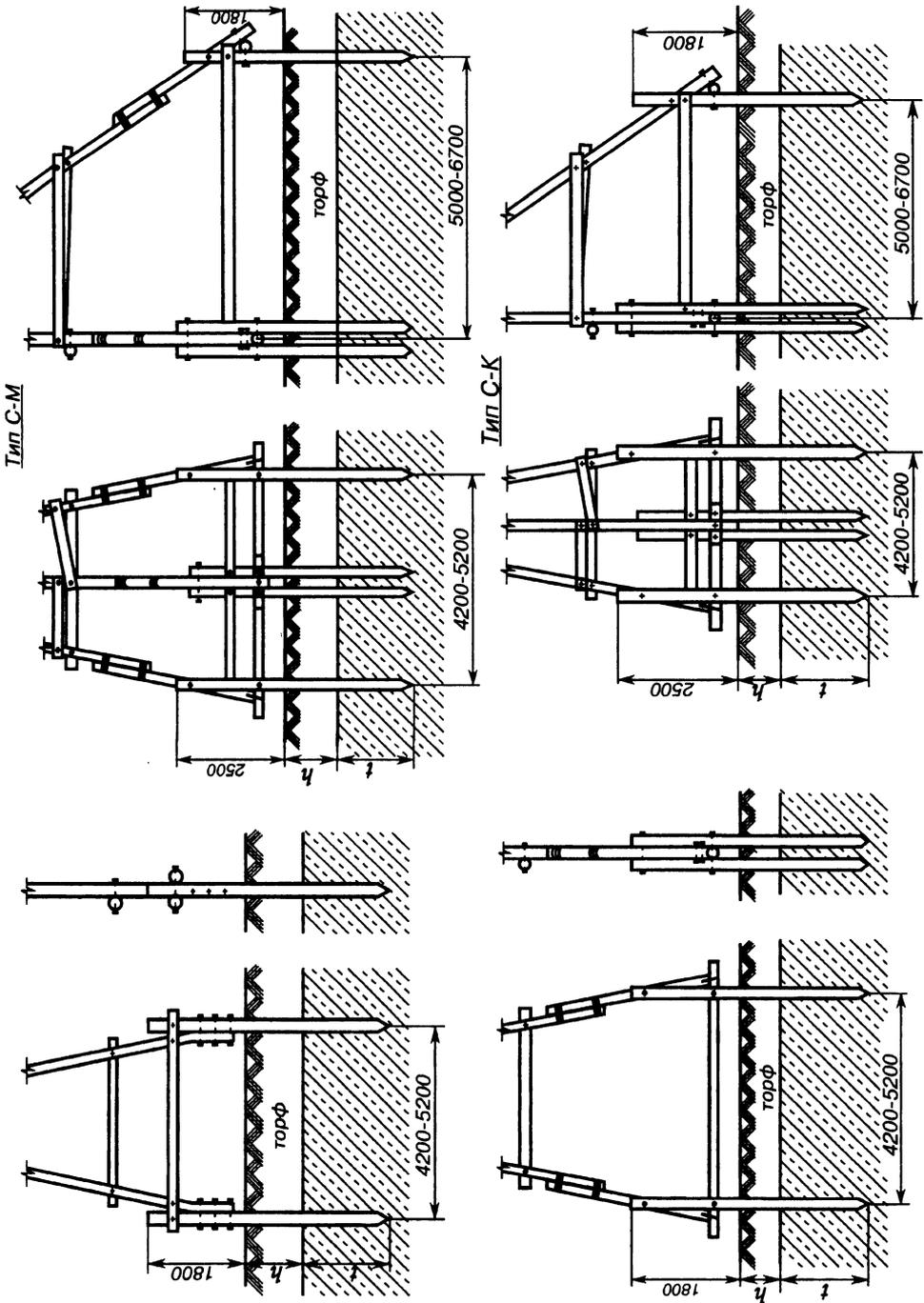
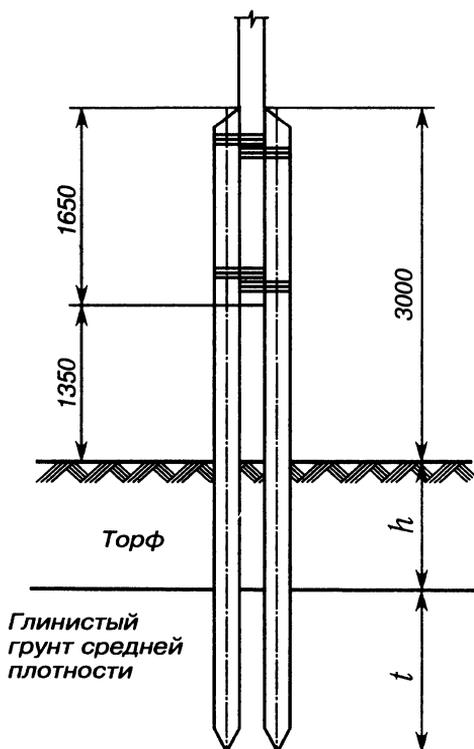


Рис. 2.2.114. Свайные закрепления на бологах



Примечание.

При наличии в подстилающем слое слабых грунтов подбор закрепления выполнять с учетом увеличения расчетного момента пропорционально глубине болота h .

Припасовка стоек промежуточных опор к свайным приставкам производится с помощью банджа из оцинкованной стали или болтов. На монтажных схемах закреплений показан вариант припасовки стойки при помощи оцинкованной проволоки ($\varnothing 5$ мм). При отсутствии оцинкованной стали припасовку можно осуществить катанкой ($\varnothing 6$ мм) покрытой асфальтовым лаком.

Свайные закрепления сложных опор выполняют в виде свайного ростверка на одиночных или на двух сваях в кусте. Крепление стоек сложных опор к свайному ростверку осуществляется с помощью болтов ($b = 1000$ мм).

Свайные закрепления рекомендуются к применению на болотах, подстилаемых глинистыми грунтами, и в слабых грунтах всех трех групп.

Ригельные закрепления (рис. 2.2.116) в сверленных или открытых котлованах выполняют путем установки дополнительных горизонтальных ригелей, соединяемых с приставками при помощи болтов.

Промежуточные опоры в слабых грунтах II и III группы устанавливают в сверленные котлованы с засыпкой пазух песчаным или гравелистым грунтом. В грунтах I группы (пльвуны, заиленные грунты) выполняют открытые котлованы с обратной засыпкой их привозным качественным грунтом.

Таблица 2.2.75.
Расчетная несущая способность закрепления деревянной опоры

Марка закрепления	Длина свай l , м	Глубина болота h , м	Глубина забивки свай t , м	M_p
С-Г-1	6,5	1,0	2,20	3,0
С-Г-2	7,5	2,0		
С-Г-3	8,5	3,0		
С-Г-4	9,5	4,0		
С-Г-5	11,0	5,0	2,70	5,6
С-Г-6	7,0	1,0		
С-Г-7	8,0	2,0		
С-Г-8	9,0	3,0		
С-Г-9	11,0	4,0		
С-Г-10	11,0	5,0		

Рис. 2.2.115. Свайное закрепление промежуточной деревянной опоры ВЛ 6–10 кВ

Ригельные крепления рекомендуются к применению в слабых грунтах II и III группы, а также на болотах, подстилаемых скальными грунтами, при низком горизонте грунтовых вод.

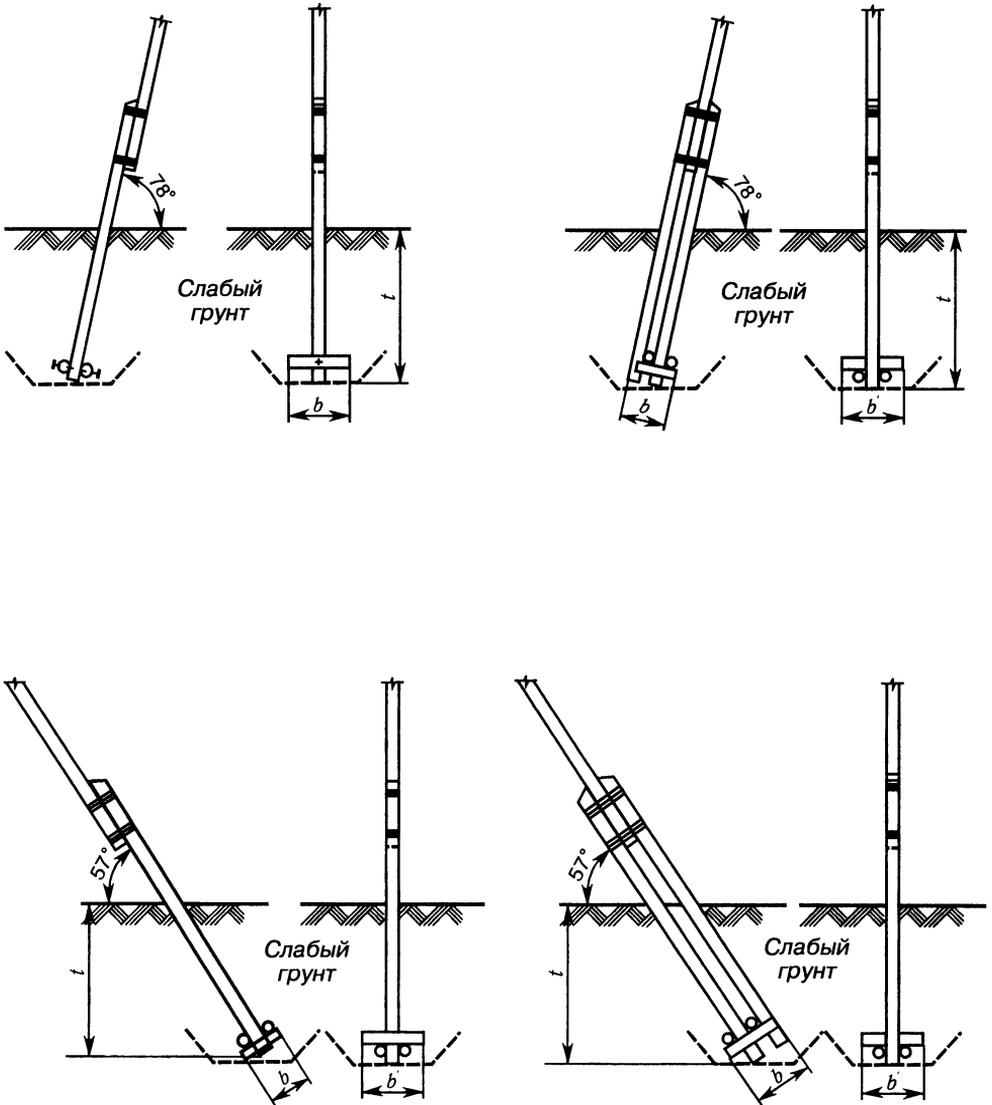
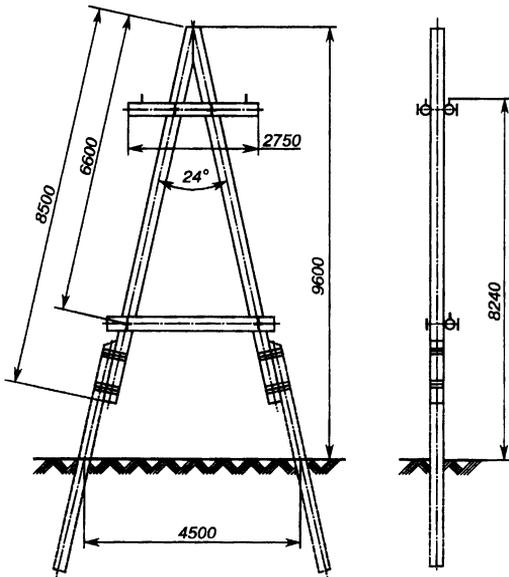


Рис. 2.2.116. Ригельные крепления анкерных опор ВЛ 6–10 кВ.



Примечания:

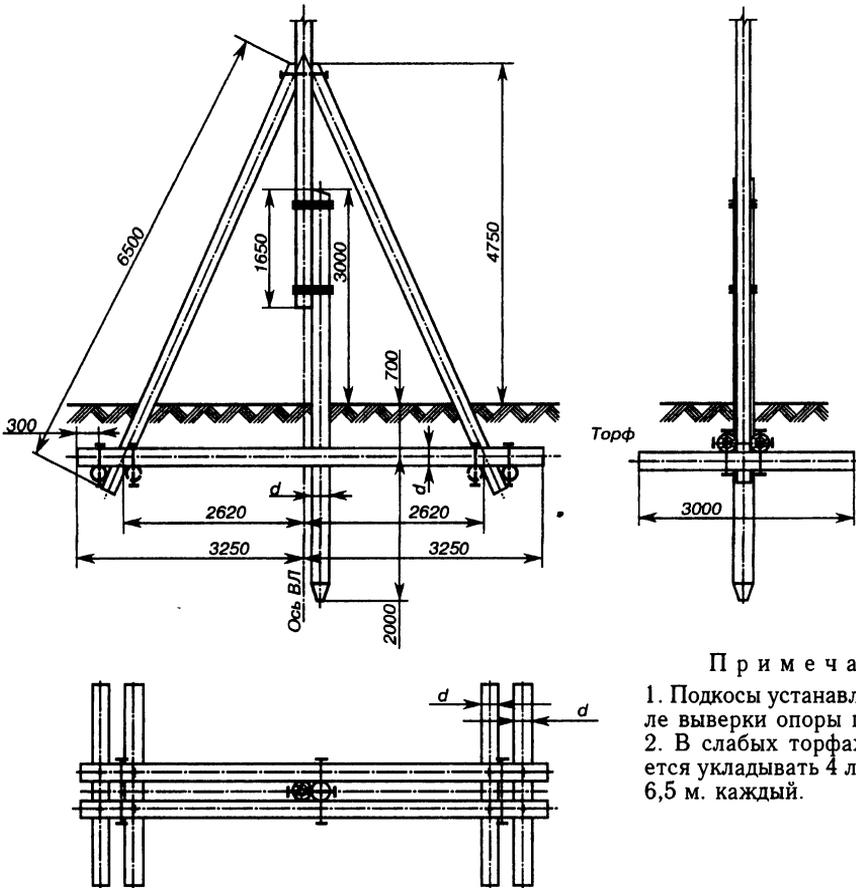
1. Нагрузки на закрепление даны для районов по ветру I–IV и по гололеду $S=5-10$ мм при наибольших допускаемых углах поворота.
2. Для проводов АС–25 и А–35.

Рис.2.2.117. Ригельное закрепление анкерной опоры ВЛ 6–10 кВ

Таблица 2.2.76. Условия закрепления опор ВЛ 6–10 кВ

Сочетание инженерно-геологических условий		Глубина болота, м	Марки закреплений при подвеске проводов:	
			АС–16; АС–25; А–25; А–35	ПСО–54 ПС–25; АС–35; АС–50; А–50; А–70; А–95; А–120
Болота, подстилаемые глинистыми грунтами средней плотности при $B < 0,5$	1	1	С–К–3; Рж–д–1	С–К–5; Рж–д–1
	2	2	С–К–4; Р–К–1; Рж–д–2	С–К–6; Р–К–3; Рж–д–2
	3	3	С–К–4; Р–К–4; Рж–д–2	С–К–6; Р–К–5; Рж–д–2
	до 5	до 5	С–К–5	С–К–6
Болота, подстилаемые скальными грунтами	1	1	Рж–д–1	Рж–д–1
	2	2	Р–К–1; Рж–д–2	Р–К–3; Рж–д–2
	3	3	Р–К–4; Рж–д–2	Р–К–5; Рж–д–2
Слабые грунты	I группа	—	С–И–3; Р–К–3	С–И–5; Р–К–6
	II–III группы	—	С–И–2; Р–К–1	С–И–4; Р–К–3
Заболоченная пойма рек с возможным ледоходом		—	Рж–д	Рж–д

Закрепления на лежнях (рис. 2.2.118) разработаны только для промежуточных опор, работающих под действием знакопеременной ветровой нагрузки.



Примечания:

1. Подкосы устанавливаются после выверки опоры по створу.
2. В слабых торфах рекомендуется укладывать 4 лежня длиной 6,5 м. каждый.

Рис. 2.2.118. Лежневое закрепление промежуточной опоры ВЛ 6–10 кВ.

Таблица 2.2.77. Расчетная несущая способность закрепления

Марка закрепления	Лежни, м	Верховой торф $\sigma = 1,0 \text{ т/м}^2$		Низовой торф $\sigma = 1,4 \text{ т/м}^2$	
		$N = 0,5 \text{ т}$	$N = 1,0 \text{ т}$	$N = 0,5 \text{ т}$	$N = 1,0 \text{ т}$
Л-д-1	2 x 3,0	3,02	2,68	4,36	4,02
Л-д-2	2 x 6,0	3,95	3,17	5,79	5,00
Л-д-3	4 x 3,0	5,22	4,83	7,48	7,10

При необходимости несущая способность закрепления усиливается установкой дополнительных продольных лежней. Свайная приставка припасовывается к стойке при помощи банджа из оцинкованной стали или болтов. К поперечным лежням приставка крепится болтовым соединением.

Закрепления промежуточных опор на лежнях предназначены для глубоких болот, подстилаемых скальными грунтами при высоком горизонте грунтовых вод. В конструкции закрепления предусмотрен запас габарита в размерах 0,70 м на возможную осадку опоры на сильно сжимаемых торфах.

При наличии сильных устойчивых ветров преимущественно одного направления применение закреплений промежуточных опор на лежнях не рекомендуется.

Ряжевые закрепления (рис. 2.2.119; 2.2.120; 2.2.121) выполняют на щелевых или сплошных ряжевых срубах, заполняемых камнем или песчаным грунтом. Ряжевый сруб прошивается металлическими нагелями в шахматном порядке на высоту трех рядов, из которых два верхних просверливаются. Приставка крепится к ряжевому срубу болтовым соединением и припасовывается к стойке опоры при помощи оцинкованной проволоки или болтов. Ряжевый сруб под действием веса опоры и каменной наброски садится до плотных грунтов, подстилающих дно болота.

Ряжевые закрепления рекомендуются к применению на болотах, подстилаемых скальными грунтами, при наличии на трассе ВЛ достаточного объема камня, а также на заболоченных поймах рек, где возможны повреждения опор ледоходом или корчеходом. В этих случаях высота ряжевого сруба определяется отметкой паводковых вод.

Вантовые закрепления одностоечных анкерных и анкерно-угловых опор разработаны трех типов: свайные, ригельные и ряжевые.

Свайный анкер для закрепления оттяжек выполняется из одной или двух свай в кусте, глубина забивки свай определяется расчетом. Узел крепления оттяжки к сваям располагают ниже уровня грунтовых вод.

Свайные закрепления одностоечных опор на оттяжках рекомендуются к применению в слабых грунтах всех групп и на болотах, подстилаемых глинистыми грунтами, при ограниченной глубине болота до двух метров.

Ригельные анкера выполняют из двух или трех бревен, заложенных в открытые котлованы с пригрузкой их со стороны оттяжки песчаным или гравелистым грунтом.

Ригельные закрепления одностоечных опор на оттяжках рекомендуются к применению в слабых грунтах II и III группы при отсутствии сваебойного оборудования.

Ряжевые анкера для закрепления оттяжек выполняют в виде щелевого или сплошного ряжевого сруба, погруженного в слабые грунты на глубину, определяемую расчетом. Узел крепления оттяжки расположен в нижней части ряжа. Стойка опоры устанавливается на отметке дна болота на ригельных приставках.

Ряжевые закрепления одностоечных опор на оттяжках рекомендуются к применению на болотах, подстилаемых скальными грунтами, при ограниченной глубине болота до трех метров.

На рис. 2.2.123 приведен финский способ крепления в слабых грунтах опор ВЛ 0,4–10 кВ.

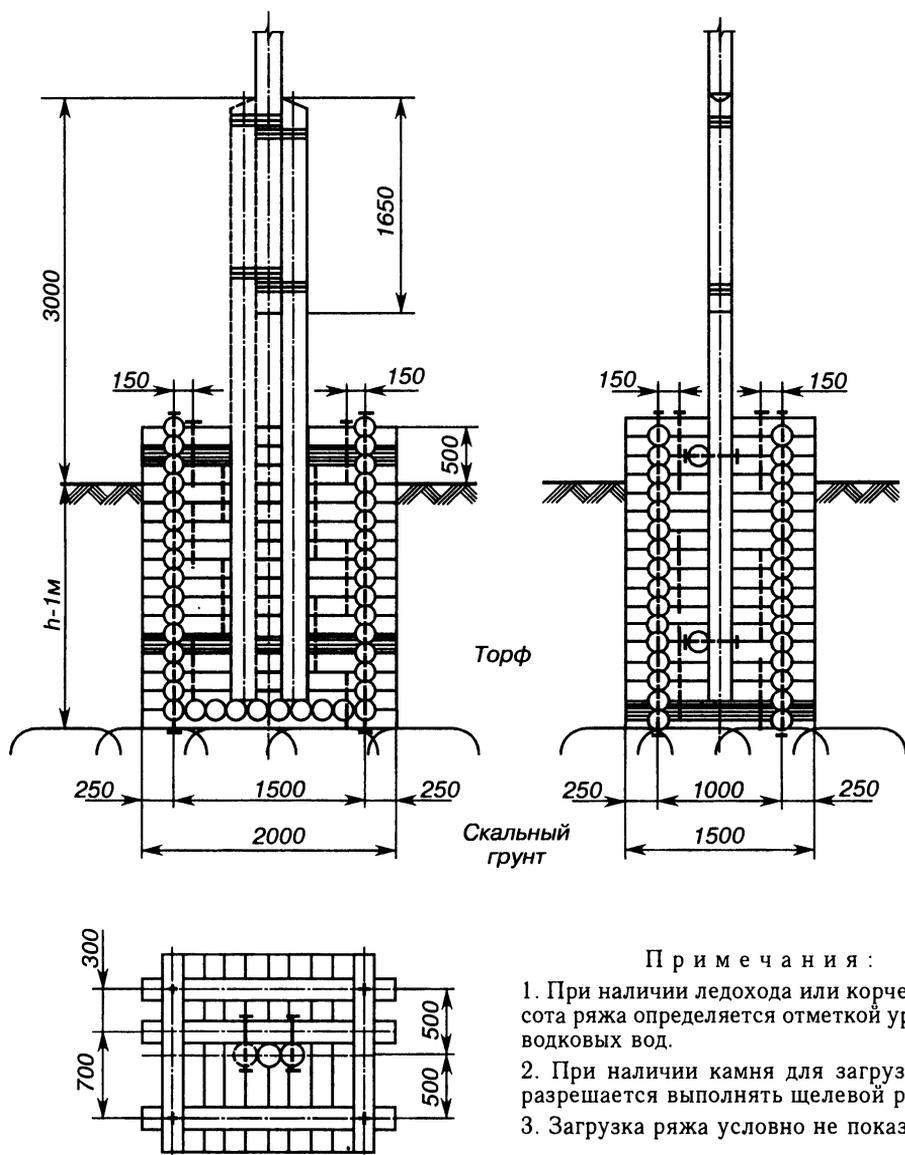


Рис.2.2.119. Рьяжесоединение промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ.

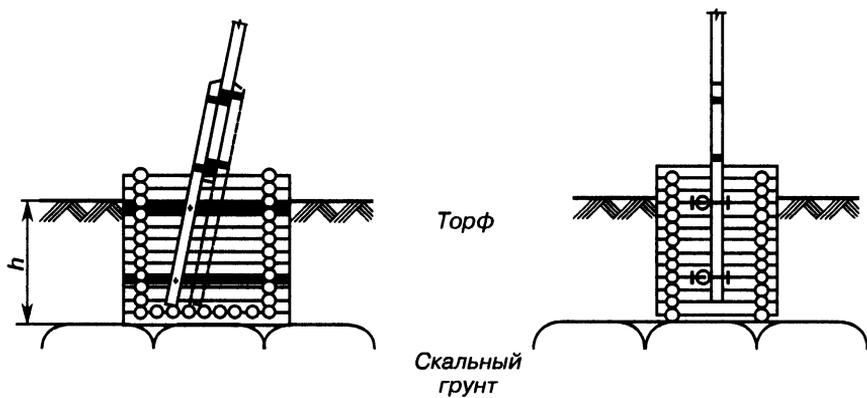


Рис. 2.2.120. Ряжевые закрепления анкерных опор ВЛ 6–10 кВ

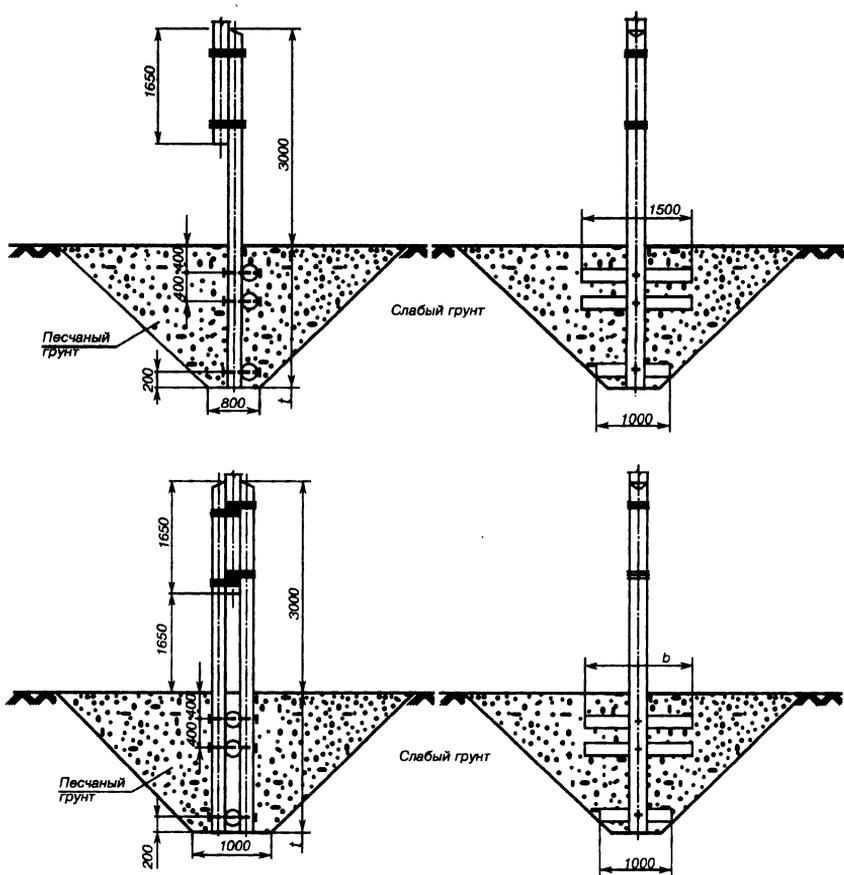


Рис. 2.2.121. Закрепление в открытых котлованах промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ

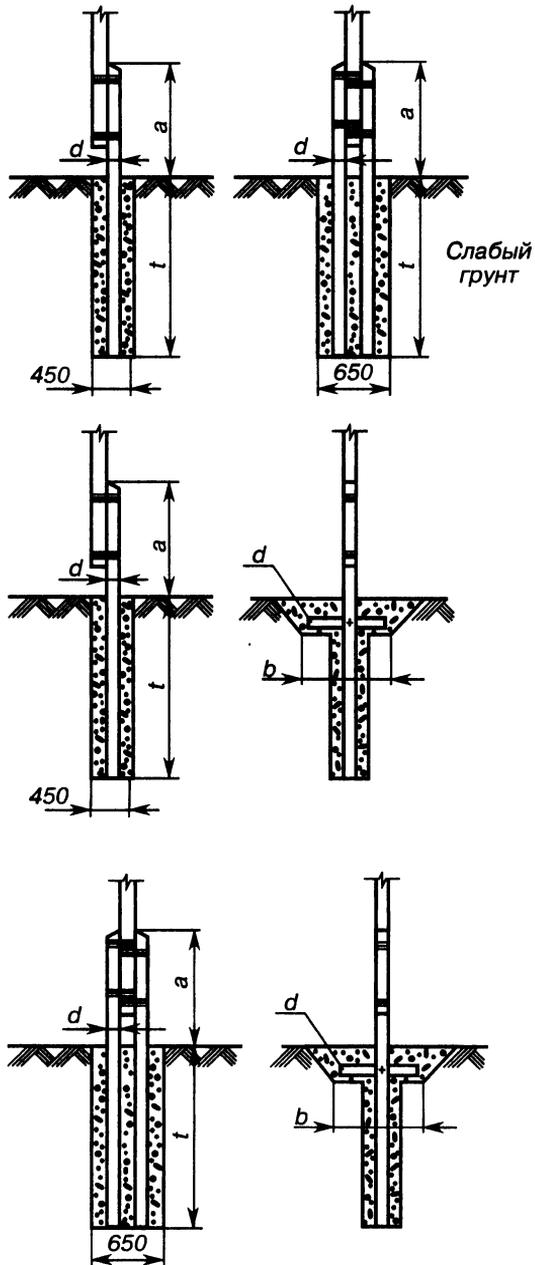


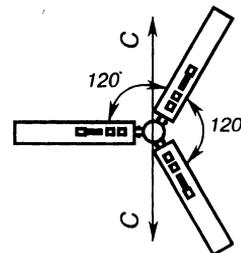
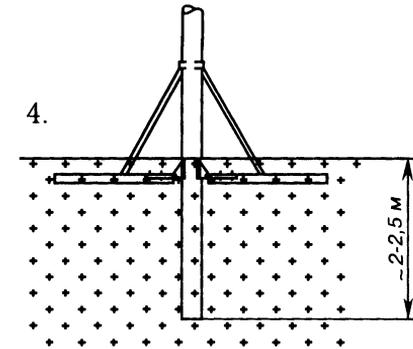
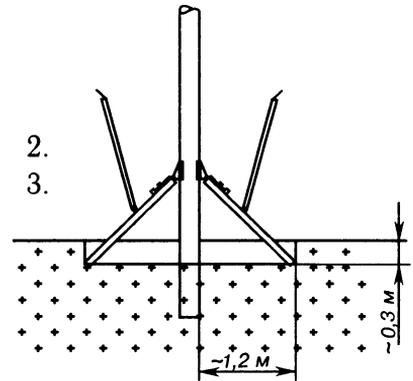
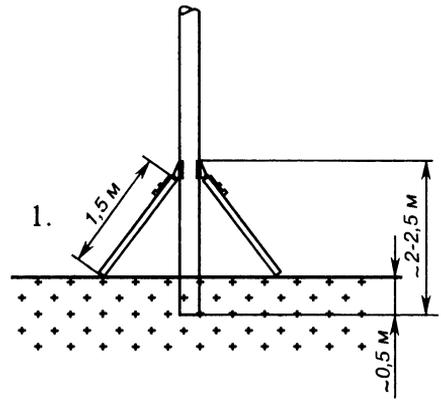
Рис. 2.2.122. Закрепление в сверленных котлованах промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ
 $a = 3000$ мм; $b = 1000$ мм; $d = 200 \dots 250$ мм; $t = 2500$ мм.

ФУНДАМЕНТНЫЙ УКРЕПЛЯЮЩИЙ ПОДКОС ФИНСКОЙ КОНСТРУКЦИИ SN 184 ДЛЯ БОЛОТНОЙ ОПОРЫ ВЛ 0,4–10 кВ

УСТАНОВКА:

Фундаментный укрепляющий подкос установи в соответствии с рядом расположенными схемами и инструкциями:

1. Прикрепи шарнир на расстоянии примерно 2–2,5 м от нижнего конца опоры.
2. Для каждого смонтированного желоба нужно вырыть углубление глубиной около 0,3 м и длиной примерно 1,2 м.
3. Прикрепи подкосы к отверстиям желобов. Установи концы желобов на расстоянии примерно 1,2 м. от опоры.
4. Надавливай вниз на опору до тех пор, пока желобы не окажутся в горизонтальном положении. Установи опору вертикально и прикрепи к ней подкосы. Засыпь желобы землей.



Внимание!

Стрелки С–С указывают направление прохода проводов

Рис. 2.2.123. Последовательность установки промежуточной опоры ВЛ 0,4–10 кВ в слабом грунте

3. Порядок применения рекомендаций.

Выбор типа опор и их расстановка по профилю трассы ВЛ 6–10 кВ производится в соответствии с принятым на практике. По проекту выполняют закрепление унифицированных деревянных опор ВЛ 6–10 кВ в районах залегания слабых грунтов и на заболоченных участках трассы.

Промежуточные опоры могут быть установлены при неограниченной глубине болота. Анкерные и анкерно-угловые опоры следует устанавливать на пикетах, где глубина болота не превышает трех метров. Как исключение, на болотах, подстилаемых глинистыми грунтами, сложные опоры могут быть установлены при глубине торфа до 5 м. На болотах, подстилаемых скальными грунтами, сложные опоры рекомендуется размещать на пикетах, где глубина болота не превышает двух метров.

Все эти условия, как правило, могут быть выполнены при соответствующем трассировании ВЛ 6–10 кВ в период производства инженерных изысканий.

Инженерно-геологические изыскания должны давать исчерпывающие сведения о слабых грунтах, расположенных в пределах трассы ВЛ 6–35 кВ (их вид, пористость, обводненность, пластичность или консистенция для глинистых грунтов, глубина болота и вид торфяной зелени, нормативное давление на грунт). Исследованный грунт относят к той или иной расчетной группе слабых грунтов по его физико-механическим характеристикам (γ , в т/м³; ϕ , в град; C , в т/м²; E , в т/м²). Если эти характеристики отсутствуют, исследованный грунт можно оценить по его качественному описанию. Возможность ошибочного решения при этом исключена.

4. Анкерные концевые и анкерно-угловые одностоечные опоры на оттяжках

Закрепление стойки опоры на оттяжках в нормальном режиме работает на вдавливание в грунт. Расчет несущей способности грунта выполняют для закреплений свайного типа в соответствии с требованиями главы СНиП П–Б, 5–84, для закреплений ригельного типа — главы СНиП П–Б, 1–84.

Расчет свайных анкеров для закрепления оттяжек выполняют:

а) на прочность (под действием горизонтальной составляющей тяжения) согласно указаниям «Инструкции по расчету железобетонных опор и их закреплений в грунте»;

б) на устойчивость в грунте при вырывании (под действием вертикальной составляющей тяжения) в соответствии с требованиями главы СНиП П–Б, 5–84 с учетом одновременного действия горизонтальной нагрузки.

Расчет ригельных анкеров на устойчивость при вырывании выполняют по программе отдельно для обводненных и необводненных грунтов. Расчет на деформативность производится в соответствии с требованиями главы СНиП П–И, 9–84.

Расчет ряжевых анкеров на устойчивость при вырывании выполняют с учетом обводненности грунта засыпки ряжевых ящиков. Подробнее о закреплении оттяжек в слабых грунтах см. раздел 2.2.13.

5. Производство работ и транспортировка материалов

Установку опор и их закрепление в слабых грунтах и на болотах рекомендуется производить с применением строительных механизмов и транспортных машин, смонтированных на гусеничном ходу или на базе автошасси повышенной проходимости.

Забивка деревянных свай и установка опор на болотах, подстилаемых глинистыми грунтами, производится самоходным копром ударного действия, смонтированным на базе трактора ДТ-75. Сваи забивают комлем вниз, при необходимости выполняют наращивание свай с помощью специального металлического стакана. На болотах погружение свай в торф до плотных грунтов подстилающего слоя может быть выполнено «раскачиванием» свай под действием ее собственного веса.

Бурение котлованов и установку опор в слабых грунтах II и III группы выполняют бурильно-крановой машиной типа БМ, смонтированной на базе трактора ДТ-75, или типа БМ, смонтированной на базе трелевочного трактора ТДТ-75. На участках, доступных для проезда автомашин повышенной проходимости, рекомендуется применение бурильно крановых машин типа БМ 202 и БМ 203. Засыпка пазух сверления котлованов производится песчаным или гравелистым грунтом с тщательным послойным его трамбованием (через 10–20 см).

Разработку открытых котлованов рекомендуется производить экскаваторами. Экскаваторы, смонтированные на базе трактора «Беларусь», оборудованы кранами для установки деревянных опор и бульдозерным отвалом, что упрощает обратную засыпку котлованов. На слабых грунтах, где колесный экскаватор не проходит, может быть использован прицепной гидравлический экскаватор, перемещаемый при помощи трактора, или экскаватор типа Э-3520 и аналогичных на усиленных гусеницах.

На труднодоступных участках трассы производство работ по установке опор и их закреплению в грунте следует предусматривать ручную.

Установку промежуточных и анкерных опор вручную рекомендуется выполнять с помощью монтажного болта-шарнира. В первую очередь выполняют закрепление (свайное или лежневое), после чего производят подъем опоры вращением стойки вокруг болта, закрепленного в нижней части приставки. После припасовки стойки опоры к приставке монтажный болт демонтируют и отверстия в дереве замазывают антисептической пастой.

При выполнении закреплений необходимо их тщательно центрировать с тем, чтобы установленные опоры находились точно в створе оси ВЛ.

Установку опор на заболоченных участках и в слабых грунтах рекомендуется выполнять непосредственным вдавливанием опоры в грунт.

Наиболее прост метод вдавливания трактором с использованием деревянного или металлического трапа длиной 7 м и шириной 2,6 м. Опору устанавливают в подготовленный неглубокий котлован и удерживают в вертикальном положении бурильно крановой машиной. Один конец трапа прикрепляют тросами к опоре на высоте 60–70 см от поверхности грунта. Передвигаясь вверх по наклонному трапу, трактор вдавливает опору в грунт. По окончании цикла наездов трактор перемещает трап к следующей опоре.

Рекомендуется также прогрессивный метод забивки в слабые грунты полностью оснащенных деревянных опор при помощи самоходной копровой установки с навесным оборудованием на базе крана. Кран с навесным оборудованием легко передвигается по слабым грунтам, где передвижение дизельного копра затруднено.

На болотах с ослабленным грунтом или залитых водой рекомендуется применение плавучих копров, смонтированных на плоту из листовой стали и перемещаемых по болоту трактором С-100.

Лесоматериалы и песчаный грунт для обратной засыпки котлованов следует доставлять на трассу ВЛ в зимнее время. При выполнении транспортных работ на заболоченных трассах ВЛ в летнее время необходимо использовать один отвал грунта для нескольких опор.

2.2.13. Закрепление оттяжек в слабых грунтах.

На болотах применяют деревянные опоры с двумя деревянными приставками, а у оттяжек применяют деревянные анкера.

Обычно применяют следующие виды закреплений анкеров:

- свайные (рис. 2.2.112 ... 2.2.114)
- ригельные (рис. 2.2.116, 2.2.117)
- ряжевые (рис. 2.2.119, 2.2.120)

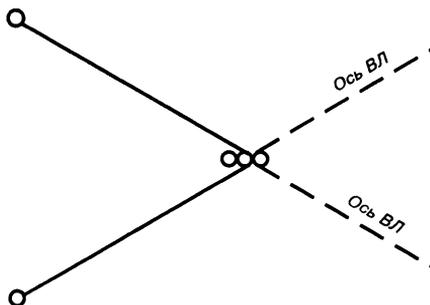
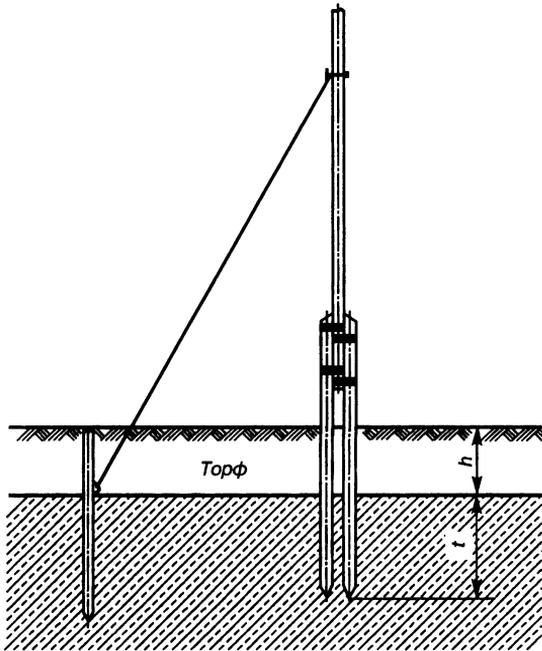


Рис. 2.2.124. Опора со свайным закреплением оттяжки

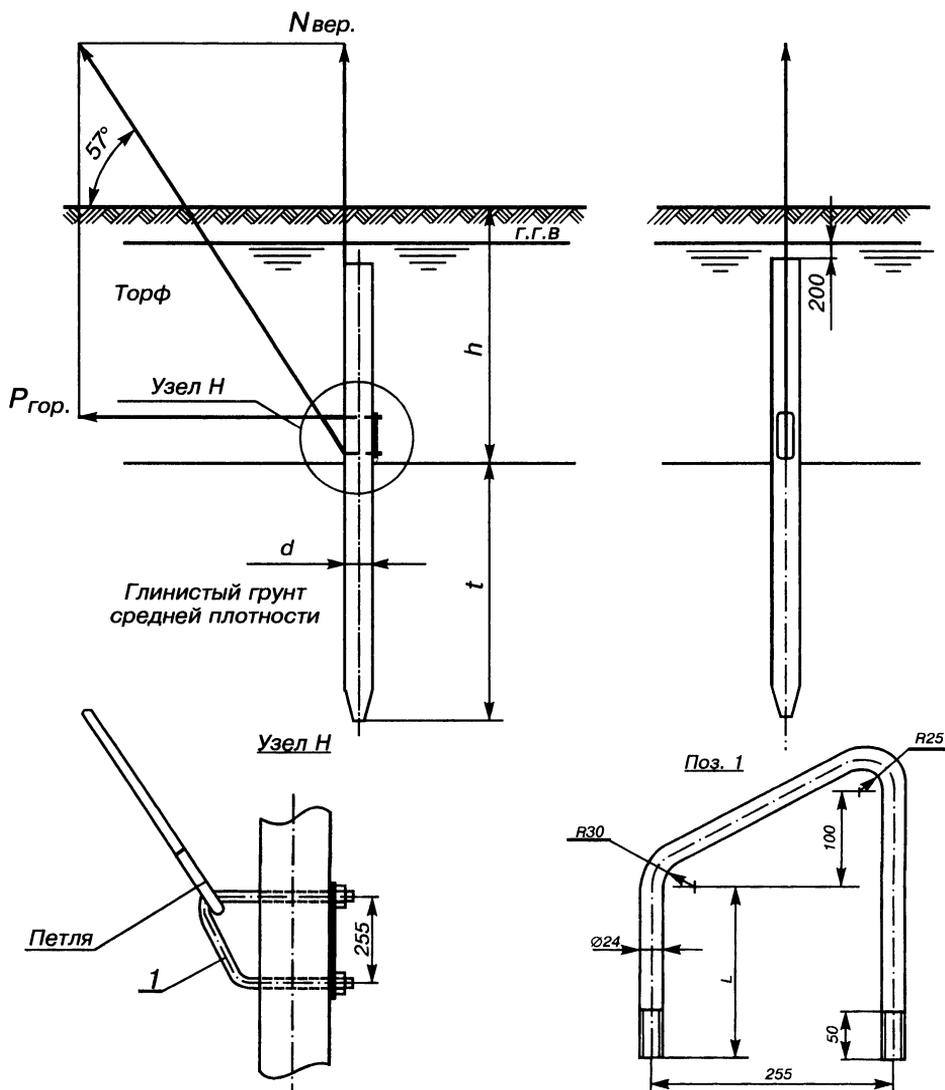


Рис. 2.2.125. Свайное закрепление оттяжки (тип АС-а), рассчитанное на наименьшее тяжение

Таблица 2.2.78. Расчетная несущая способность закрепления, в т (к рис. 2.2.125)

Марка закрепления	Глубина забивки свай t , м	$N_{\text{верт}}$	$P_{\text{гор}}$
АС-в-1	4,2	2,20	2,15
АС-в-2	5,2	3,03	2,15
АС-в-3	6,2	3,36	2,15

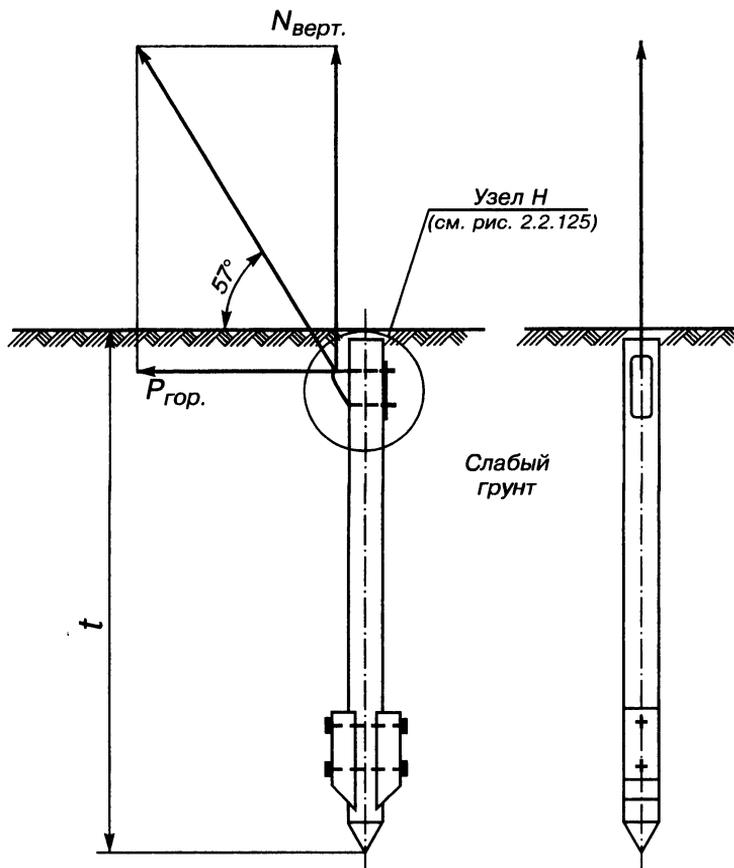


Рис. 2.2.126. Свайный анкер оттяжки (АС-6), рассчитанный на усредненное усилие тяжения.

Таблица 2.2.79. Расчетная несущая способность закрепления, в т (к рис.2.2.126)

Марка закрепления	Глубина забивки свай t , м	$N_{\text{верт}}$ в грунтах		$P_{\text{гор}}$ в грунтах	
		I гр	II-III гр	I гр	II-III гр
АС-а-1	4,2	1,47	2,57	1,9	2,5
АС-а-2	5,2	2,57	3,13	1,9	2,5
АС-а-3	6,2	2,93	3,60	1,9	2,5

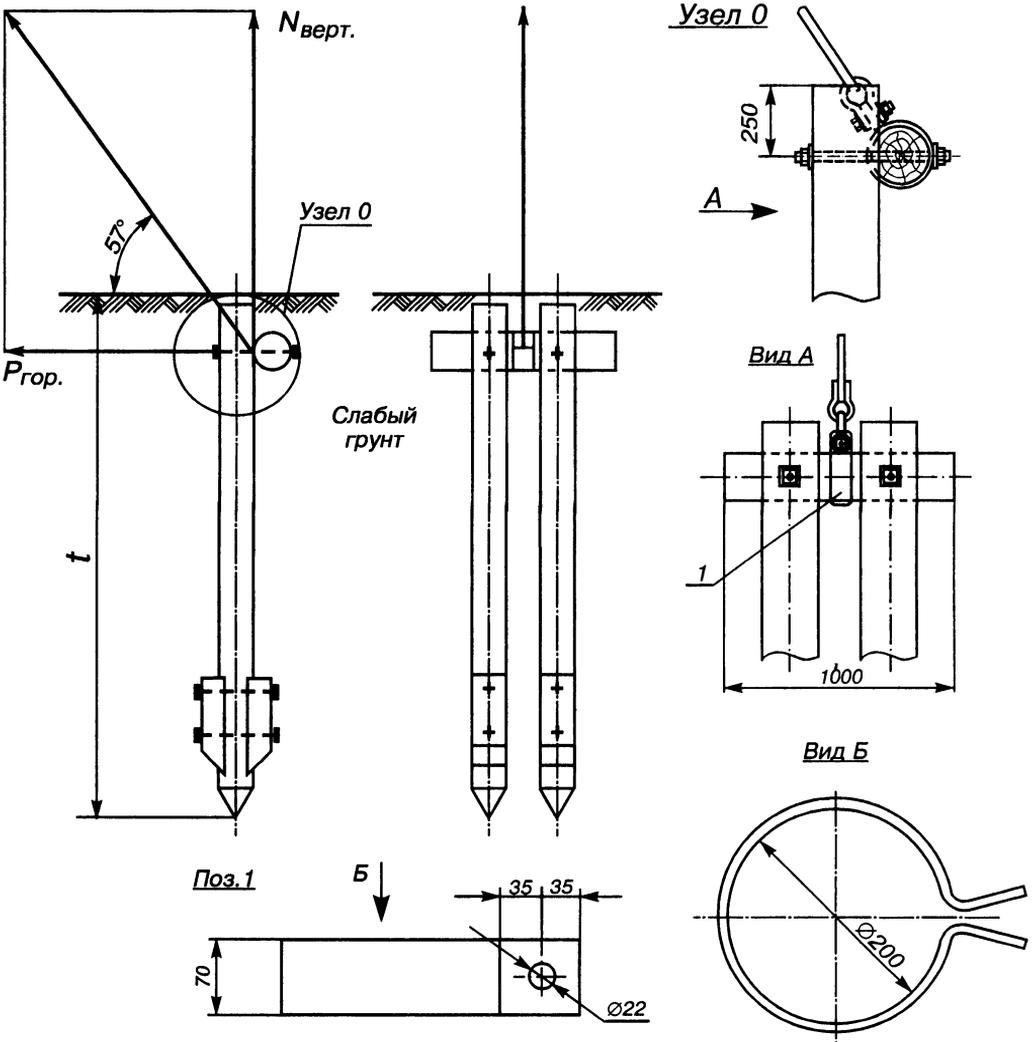


Рис. 2.2.127. Свайный анкер (тип АС-в), рассчитанный на максимальное тяжение оттяжки

Таблица 2.2.80. Расчетная несущая способность закрепления, в т (к рис. 2.2.127)

Марка закрепления	Глубина забивки свай t , м	$N_{верт}$		$P_{гор}$	
		I гр	II–III гр	I гр	II–III гр
АС-6-1	3,2	1,89	2,31	3,42	4,5
АС-6-2	4,2	2,62	3,34	3,42	4,5
АС-6-3	5,2	3,32	4,12	3,42	4,5

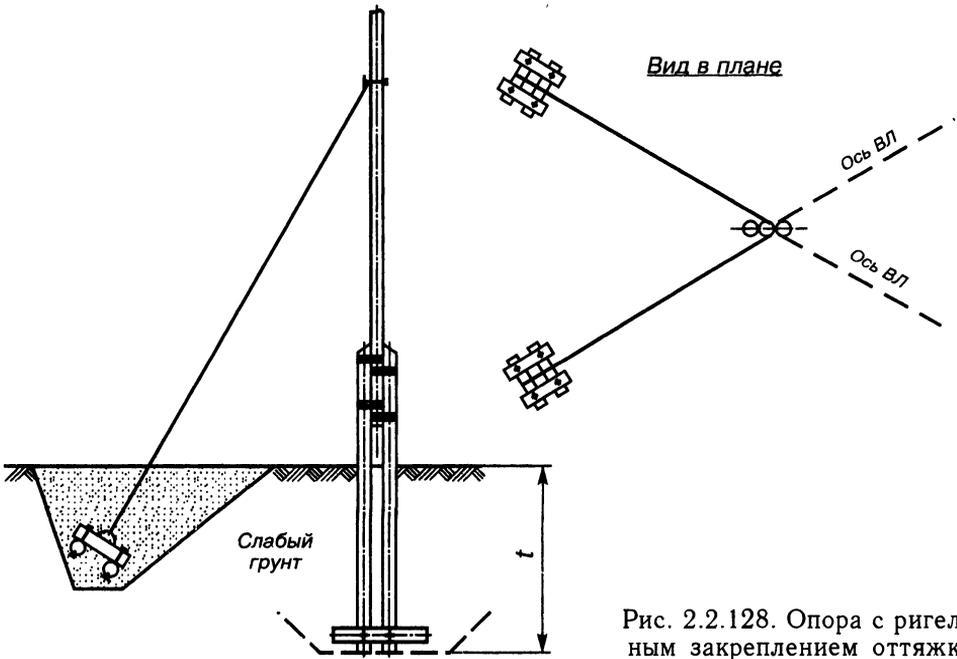


Рис. 2.2.128. Опора с ригельным закреплением оттяжки

Таблица 2.2.81. Расчетная несущая способность закрепления, в т (к рис. 2.2.129)

Марка закрепления	Глубина заложения t, м	a x B, м	По устойчивости в грунтах		По деформативности грунта $\gamma=1,55 \text{ т/м}^3$
			I гр	II-III гр	
Ар-а-1	2,0	0,6 x 0,6	0,71	2,14	1,48
Ар-б-1		0,6 x 1,0	1,08	3,26	2,44
Ар-в-1		0,6 x 1,5	1,57	4,66	3,66
Ар-г-1		0,6 x 2,0	2,04	6,02	4,87
Ар-д-1		1,0 x 1,5	2,23	6,60	6,17
Ар-а-2	2,5	0,6 x 0,6	1,00	3,02	1,48
Ар-б-2		0,6 x 1,0	1,51	4,54	2,44
Ар-в-2		0,6 x 1,5	2,16	6,43	3,66
Ар-г-2		0,6 x 2,0	2,79	8,33	4,87
Ар-д-2		1,0 x 1,5	3,03	9,00	6,17
Ар-а-3	3,0	0,6 x 0,6	1,34	4,05	1,48
Ар-б-3		0,6 x 1,0	1,99	6,01	2,44
Ар-в-3		0,6 x 1,5	2,81	8,46	3,66
Ар-г-3		0,6 x 2,0	3,64	10,90	4,87
Ар-д-3		1,0 x 1,5	3,92	11,70	6,17

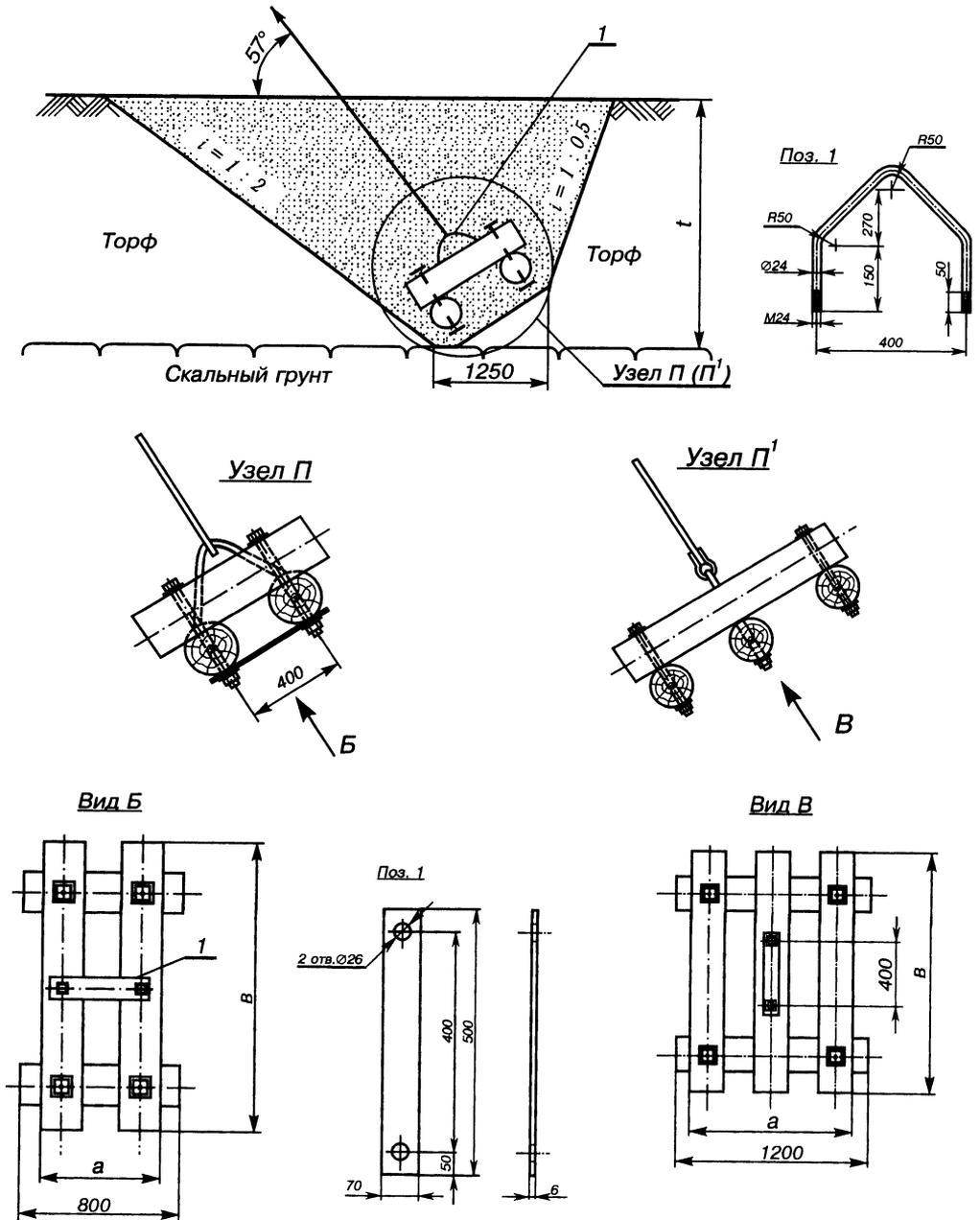


Рис. 2.2.129. Ригельный анкер

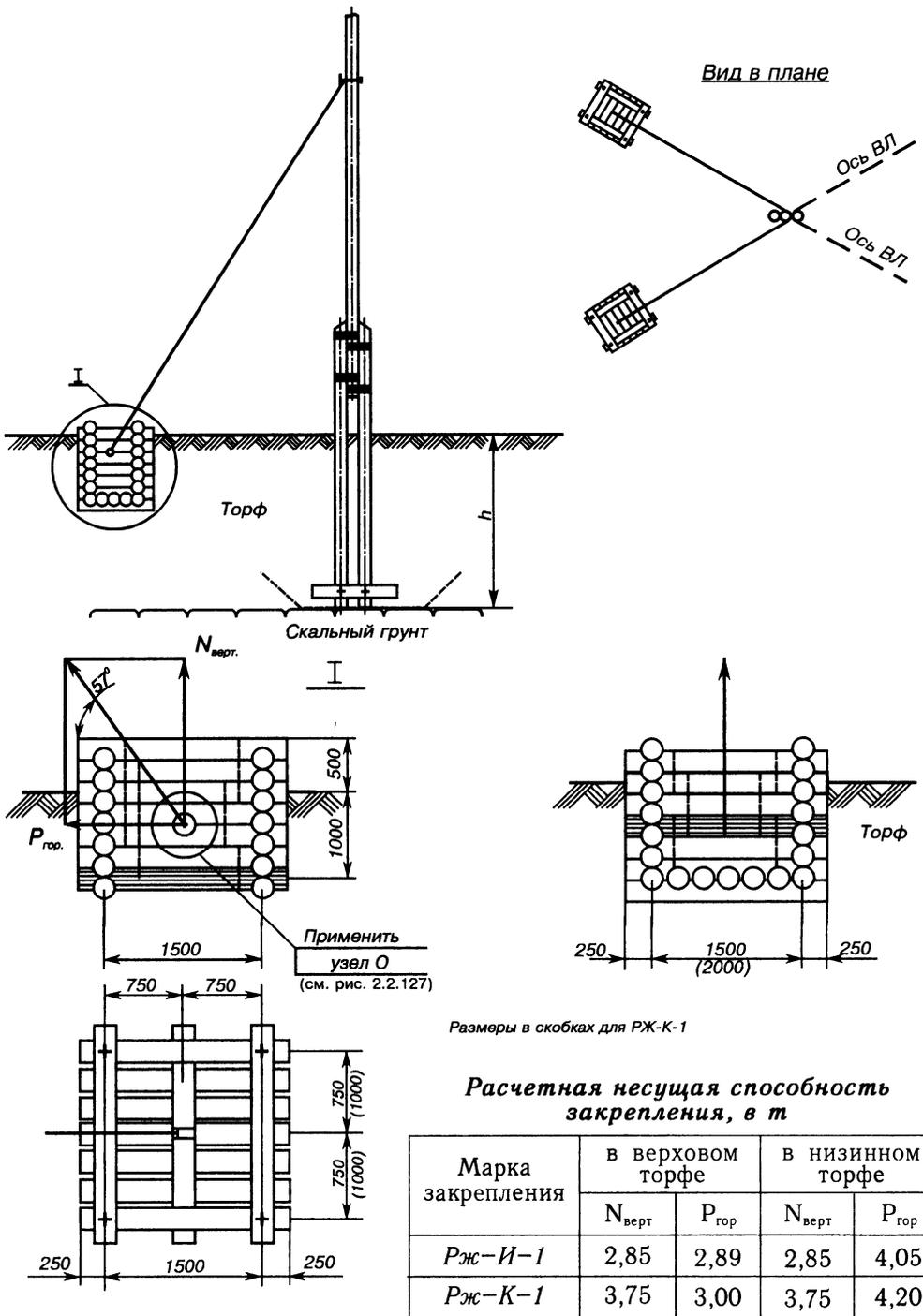


Рис. 2.2.130. Опоры с рязевым закреплением оттяжек

2.3. Линейная изоляция ВЛ 0,4–35 кВ с неизолированными проводами

2.3.1. Основные сведения о линейных изоляторах

Провода воздушной линии на всем ее протяжении должны быть изолированы от земли, от заземленных конструкций и между фазами.

Современные изоляторы для ВЛ изготавливаются в основном из двух материалов — электротехнического фарфора и стекла. Фарфор и стекло очень хорошо работают на сжатие и относительно плохо на растяжение и изгиб (предел прочности при сжатии равен 490–940 МПа, при изгибе — 64–74 МПа [Л82, с. 28]). Оба материала весьма мало деформируются под воздействием механической силы и температуры. Эти свойства фарфора и стекла очень важны.

В последние годы для изготовления изоляторов начали применять полимерные материалы. В табл. 2.3.1. приведены основные физико-технические показатели электротехнического фарфора, стекла и некоторых электроконструктивных изолирующих пластмасс.

На воздушных линиях атмосферный воздух обеспечивает изоляцию проводов между фазами, исключает пробой на землю, на заземленные конструкции опор и установленное на опорах оборудование. В табл. 2.3.2. приведены наименьшие изоляционные расстояния по воздуху от токоведущих до заземленных частей опор 6–35 кВ, в табл. 2.3.3. — пересечения ВЛ с неизолированными проводами между собой, а в табл. 2.3.4. — основные технические условия прохождения ВЛ 0,4–35 кВ с неизолированными проводами и пересечения ими различных объектов. Для воздушных линий 0,4–35 кВ применяют следующие типы изоляторов: штыревые, подвесные, стержневые опорные и стержневые подвесные. В сетях 0,4–35 кВ с ростом нагрузок увеличиваются сечения применяемых на ВЛ проводов, что приводит к резкому увеличению механических нагрузок, действующих на высоковольтные изоляторы.

В создаваемых для этих целей новых конструкциях изоляторов отчетливо проявляется большой недостаток электротехнического фарфора как конструкционного материала — низкая механическая прочность на растяжение и изгиб, т.е. противодействие тем механическим нагрузкам, которым подвергается большая часть высоковольтных изоляторов.

В этих условиях внедрение новых электроизоляционных материалов, обладающих более высокими механическими характеристиками, получает все большую актуальность.

В этом направлении достигнут определенный прогресс. Использование в изоляторостроении специальных стекол позволяет существенно сократить

габариты и массу изоляторов, так как термическая и механическая прочность стекла может быть значительно увеличена путем закалки.

К снижению габаритов и массы изоляторов приводит применение для этих целей литевых электроизоляционных компаундов, например, на основе эпоксидных смол. При этом значительно сокращается время технологического цикла изготовления изоляторов.

Таблица. 2.3.1. Основные физико-технические показатели электротехнического фарфора, стекла и некоторых электроконструкционных изолирующих пластмасс

Характеристика	Материал					
	Электротехнический фарфор	Щелочное стекло № 7	Малощелочное стекло 13 В	Эпоксидный компаунд с кварцевым наполнителем	Стекло-текстолит СТЭФ-1	Анизотропный стеклопластик АГ-4с
Плотность, кг/м ³	2400	2470	2510	1600	1700	1800
Удельная ударная вязкость, кДж/м ²	1,9	1,8–2,1	1,8–2,1	14–22	65	250
Предел прочности при изгибе, МПа	80	60	65	120–150	240	570–650
Предел прочности при растяжении, МПа	35–50	82	89	80–100	200	600
Предел прочности при сжатии, МПа	600	973	960	190	300	200
Температурный коэффициент линейного расширения, 10 ⁻⁶ °С ⁻¹	4	8,5	5,6	3–4	8	2–3
Электрическая прочность, МВ/м	32	45	48	30	32	25
Удельное объемное сопротивление при 20°С, Ом·м	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	5·10 ¹²	5·10 ¹¹	5·10 ¹¹
Удельное поверхностное сопротивление при 70%-ной относительной влажности, Ом	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹²
Относительная диэлектрическая проницаемость	6,5	7,2	6,9	4,4	7,0	7,2
tg δ	0,022	0,027	0,024	0,02	0,025	0,025

Таблица. 2.3.2. Наименьшие изоляционные расстояния по воздуху от тоководущих до заземленных частей опоры ВЛ 6–35 кВ

Расчетные условия	Наименьшие изоляционные расстояния, см, при напряжении, кВ		
	до 10	20	35
Грозовые перенапряжения	15	25	35
Внутренние перенапряжения	10	15	30
Рабочее напряжение	4	7	10
Обеспечение безопасного подъема на опору	—	—	150

Таблица. 2.3.3. Пересечения воздушных линий электропередачи с неизолированными проводами между собой

Напряже-ние пере-секающей (верхней) линии, кВ	Напряжение пересекаемой (нижней) линии, кВ	Длина пролета пересекающей линии, м	Наименьшие допускаемые расстояния между проводами или между проводами и тросами пересекающихся линий, м, при наименьшем расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры, м						Наименьшие допускаемые расстояния между проводами пересекающихся линий, не требующие грозозащиты пролета пересечения, м
			30	50	70	100	120	150	
20–110	110 и ниже	До 200	3	3	3	4	—	—	Для ВЛ 35–110 кВ 5
		300	3	3	4	4,5	5	5	
1–10	10 и ниже	До 100	2	2	—	—	—	—	Для ВЛ 3–20 кВ 4
		150	2	2,5	2,5	—	—	—	

П р и м е ч а н и я:

1. На воздушных линиях без грозозащитных тросов с деревянными опорами на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны устанавливаться разрядники. На линиях 6–35 кВ, оборудованных АПВ, и на линиях напряжением ниже 6 кВ вместо установки разрядников допускается устройство защитных промежутков.

Если расстояние от места пересечения до ближайшей опоры не более 40 м, то разрядники и защитные промежутки устанавливаются только на ближайшей опоре.

2. При определении расстояния между проводами пересекающихся ВЛ учитывается возможность поражения молнией обеих ВЛ. Если верхняя ВЛ защищена тросами, то учитывается только поражение молнией нижней ВЛ.

1	2	3	4	5	6
<p>2.2. То же при высоте деревьев более 4м, не менее</p> <p>2.3. Расстояние до кроны деревьев (скверы, парки, заповедники, защитные полосы, ценные лесные массивы и т.п.)</p> <p>3. Населенная местность и территории промышленных и других предприятий:</p> <p>3.1. Расстояние до поверхности земли</p> <p>3.2. Расстояние до ближайших частей здания и сооружений</p> <p>4. Железные дороги:</p> <p>4.1. Расстояние от проводов до головки рельса для железных дорог нормальной колеи и железных дорог узкой колеи общего пользования</p> <p>4.2. То же для железных дорог узкой колеи необщего пользования</p> <p>4.3. Расстояние от проводов до несущих тросов и проводов контактной сети электрифицированных железных дорог, не менее</p>	<p>Расстояние между крайними проводами плюс высота основного лесного массива с учетом его перспективного роста на 25 лет в каждую сторону. Отдельные деревья и группы деревьев на краю просеки, если их высота больше высоты основного лесного массива, вырубаются.</p>				
7	7		—	—	1. При обрыве провода в соседнем пролете допускается уменьшение указанных в п. 3.1. расстояний: для линий 2–110кВ – до 4,5 м
3	3	3–4	2	4	2. Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями, за исключением несгораемых промышленных зданий и сооружений, запрещается. Металлические крыши таких зданий должны быть заземлены.
7,5	7,5	7,5	—	—	1. Угол пересечения с электрифицированными и подлежущими электрификации железными дорогами — не менее 40°. Во всех случаях рекомендуется производить пересечение под углом по возможности ближе к 90°.
6	6	6,5	—	—	2. При пересечении железных дорог общего пользования и электрифицированных дорог опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа. Допускается установка промежуточной опоры между путями, не предназначенными для прохода регулярных пассажирских поездов, а также промежуточных опор по краям ж.д. полотно, указанные опоры должны быть
<p>Так же, как и при пересечении ВЛ между собой, см табл 2.3.</p>	<p>Так же, как и при пересечении ВЛ между собой, см табл 2.3.</p>		<p>Так же, как и при сближении ВЛ, см. п.11 настоящей таблицы</p>		

Продолжение табл. 2.3.4.

1	2	3	4	5	6
<p>4.4. Расстояние для неэлектрифицированных железных дорог от проводов до габарита приближения строений на участках стесненной трассы.</p> <p>4.5. Расстояние от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений и до оси опор контактной сети</p>	—	—	1,5	2,5	<p>металлическими или железобетонными. При пересечении железных дорог необщего пользования могут применяться промежуточные опоры с креплением проводов глухими зажимами.</p> <p>3. Проверка вертикальных габаритов при длине пролетов более 200 м должна производиться с учетом нагрева проводов током, при отсутствии данных — при $t = + 70^{\circ} \text{C}$.</p> <p>4. Соединение проводов и тросов в пролете пересечения с железными дорогами не допускается.</p>
<p>5. Автомобильные дороги:</p> <p>5.1. Расстояние от проводов до полотна дороги</p> <p>5.2. То же при обрыве провода в соседнем пролете</p> <p>5.3. Расстояние от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечении</p>	7 5	7 5	— —	— —	<p>1. При пересечении автодорог I категории опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа</p> <p>2. При пересечении автодорог V категории требования те же, что и при прохождении ВЛ по ненаселенной местности, кроме оговоренных в настоящем пункте</p>
<p>5.4. То же при сближении</p> <p>5.5. Горизонтальные расстояния от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета, на участках стесненной трассы.</p> <p>5.6. Горизонтальные расстояния от проводов ВЛ при неотклоненном положении до бровки земляного полотна дороги.</p> <p>5.7. То же на участках стесненной трассы</p>	Не менее высоты опоры	Не менее высоты опоры ВЛ плюс 5 м, но не менее 25 м	При пересечении дорог I и II категорий: для линий до 220 кВ — 5 м При пересечении дорог III и IV категорий: для линий до 20 кВ — 1,5 м — » — до 35–200 кВ — 2,5 м	4	
	—	—	2	4	
	—	—	2	4	

Продолжение табл. 2.3.4.

1	2	3	4	5	6
<p>6. Трамвайные и троллейбусные линии:</p> <p>6.1. Расстояние от проводов до головки рельса трамвайных путей</p> <p>6.2. Расстояние от проводов до полотна дороги с троллейбусной линией</p> <p>6.3. Расстояние от проводов линии электропередачи до проводов или несущих тросов контактной сети</p> <p>6.4. То же при обрыве провода ВЛ в соседнем пролете</p> <p>6.5. Расстояние от проводов линий электропередачи до опор контактной сети</p> <p>7. Судоходные и сплавные реки и каналы:</p> <p>7.1. Расстояние до наиболее высоких мачт судов при наивысшем судоходном горизонте воды или до габарита сплава при наивысшем уровне воды и высшей температуре</p> <p>7.2. Расстояние до уровня самых высоких вод при высшей температуре и до уровня льда при температуре -5°C и наличии гололеда</p>	<p>9,5</p> <p>11</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>7</p> <p>2</p> <p>6</p>	<p>9,5</p> <p>11</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>7</p> <p>2</p> <p>6</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>3</p> <p>—</p> <p>3</p> <p>—</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>3</p> <p>—</p> <p>3</p> <p>—</p> <p>—</p>	<p>1. При пересечении трамвайных и троллейбусных линий опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа. Для ВЛ напряжением 35 кВ и выше с проводом сечением 120 мм² и более допускается применение промежуточных опор с глухими зажимами</p> <p>2. Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ до верха опор контактной сети не менее 7 м для ВЛ до 110 кВ.</p> <p>1. Опоры, ограничивающие переходный пролет, должны быть анкерного типа концевые</p> <p>2. Для линий напряжением 35 кВ и выше при сечении проводов 120 мм² и более допускается применение опор промежуточного типа с креплением проводов глухими зажимами и роликовой подвески проводов; в последнем случае опоры, смежные с промежуточными, должны быть анкерного типа концевые</p>

1	2	3	4	5	6
<p>8. Несудоходные и несплавные реки и каналы:</p> <p>8.1. До уровня льда зимой</p> <p>8.2. До уровня самых высоких вод (при температуре воздуха +15°С)</p> <p>9. Плотины и дамбы:</p> <p>9.1. До гребня и бровки откоса на плотинах и дамбах</p> <p>9.2. До наклонной поверхности откоса плотин и дамб</p> <p>9.3. До поверхности переливающейся через плотину воды</p> <p>10. Канатные дороги, надземные и наземные трубопроводы:</p> <p>10.1. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до любой части (насыпи) отложения трубопровода или канатной дороги</p> <p>10.2. То же при обрыве провода ВЛ сечением менее 185мм² в соседнем пролете</p> <p>10.3. Расстояние по горизонтالي от крайнего неотклоненного провода или опоры ВЛ до любой части канатной дороги или трубопровода</p>	<p>6</p> <p>3</p> <p>6</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>—</p>	<p>6</p> <p>3</p> <p>6</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>Не менее высоты опоры</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>—</p> <p>—</p>	<p>1. Линии электропередачи должны проходить над канатными дорогами и трубопроводами. В исключительных случаях допускается прохождение линий электропередачи напряжением до 220 кВ под канатной дорогой. При этом канатная дорога должна иметь снизу сетки или мостики для защиты проводов линии.</p> <p>2. Для ВЛ с проводами сечением 120 мм² и более или стальными канатами ГК 50 мм² и более пересечения допускается выполнять на опорах промежуточного типа с креплениям проводов глухими зажимами</p> <p>3. Угол пересечения ВЛ с надземными трубопроводами и канатными дорогами не нормируется, за исключением пересечений с газопроводами, нефтепроводами, нефтепродук-</p>

Продолжение табл. 2.3.4.

1	2	3	4	5	6
10.4. То же от крайнего провода ВЛ до любой части туплопровода	—	—	Не менее 30 м		топроводами и пассажирскими канатными дорогами, где угол пересечения рекомендуется принимать близким к 90°
10.5. То же от крайнего провода ВЛ по любой части магистрального газопровода	—	—	Не менее удвоенной высоты опоры		4. В местах пересечения с ВЛ трубопроводов и канатные дороги, а также ограждения, мосты и сетки должны быть заземлены
10.6. То же от крайнего провода до любой части магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода	—	—	50 м, но не менее высоты опоры		5. В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при сближении ВЛ с техническими коридорами магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов расстояние от оси ВЛ до оси крайнего трубопровода должно быть не менее 1000 м (по условиям обеспечения сохранности ВЛ при авариях на трубопроводе)
10.7. От оси ВЛ до продувочных свеч магистральных газопроводов 11. Линии электропередачи:	—	—	Не менее 300 м		
11.1. Расстояние между проводами или проводами и тросами пересекающихся линий и между проводами на участках сближения	См табл. 2.3.3		При сближении и параллельном следовании линий напряжение до 330 кВ расстояние между их осями должно быть не менее высоты наиболее высокой опоры.		1. Провода линий высшего напряжения располагаются над проводами линий низшего напряжения. Исключения допускаются только для линий напряжением 35 кВ и выше с проводами сечением не менее 120 мм ² при пересечении ими линий напряжением до 220 кВ включительно. 2. Место пересечения должно быть расположено возможно ближе к опоре, пересекающей (верхней) линии, однако расстояние от места пересечения с учетом отклонения проводов должно быть не менее: для линий напряжением до 330 кВ — 6 м.
11.2. На участках стесненной трассы и на подходах к подстанциям между крайними проводами при неопределенном положении	—	—	2,5	4–5	3. Требования к грозозащите пересечений см. табл. 2.3.3
11.3. То же от отклоненных проводов до опор другой ВЛ	—	—	2	4	

1	2	3	4	5	6
<p>12. Воздушные линии связи и сигнализации:</p> <p>12.1. Расстояние между проводами пересекающихся линий для ВЛ на металлических и железобетонных опорах и для ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств (грозозащитные тросы, рядянки)</p>	<p>2-3</p>	<p>3</p>	<p>При сближении и параллельном следовании с линиями электропередачи расстояние между ними определяется расчетом влияния на цепи связи и сигнализации, но должно быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ. На участках стесненной трассы расстояние между проводами с учетом их отклонения должны быть не менее:</p>	<p>4</p>	<p>1. Провода линий электропередачи должны быть расположены над линией связи 2. Место пересечения должно быть расположено возможно ближе к опоре линии электропередачи, но не ближе 7 м от нее. 3. Опоры линии электропередачи, ограничивающие пролет пересечения, могут быть промежуточного типа с креплением проводов в глухих зажимах 4. Опоры линий связи, ограничивающие пересекательный пролет, должны иметь защитные шунтирующие спуски с сопротивлением заземления не более 25 Ом</p>
<p>12.2. То же для ВЛ на деревянных опорах при отступении в пересекающем пролете грозозащитных устройств</p> <p>12.3. То же при обрыве провода на линии электропередачи в соседнем пролете</p>	<p>4</p>	<p>5</p>	<p>2 —</p>	<p>4 —</p>	

П р и м е ч а н и я: 1. Наименьшее расстояние от проводов до поверхности земли, воды и пересекаемых объектов определяется для условий наибольшей стрелы провеса, при наибольшей температуре воздуха или при нормативной гололедной нагрузке и соответствующей температуре.

2. Наименьшие расстояния по горизонтали от проводов до расположенных рядом объектов определяются для условий наибольшего отклонения проводов ветром: при наибольшей нормативной скорости ветра или при наличии гололеда и соответствующих скорости ветра и температуры.

3. При пересечении линий электропередачи с различными объектами угол пересечения, за исключением пересечения магистральных и электрифицированных железных дорог, не нормируется, однако угол пересечения по возможности должен быть ближе к 90°.

4. Опоры пересекающей линии электропередачи, ограничивающие пролет пересечения, за исключением отоворенных случаев, могут быть промежуточного типа. На линиях с подвесными изоляторами применяются одинарные гирлянды с креплением проводов в глухих зажимах, а при штыревых изоляторах — двойное крепление проводов или анкерное крепление проводов.

2.3.2. Штыревые изоляторы (ГОСТ 1232–93)

Штыревые линейные изоляторы широко применяют на линиях электропередачи напряжением до 35 кВ включительно.

Климатические исполнения — У, ХЛ, категория размещения I на номинальное напряжение 6–10 кВ; изоляторы изготовляют одноэлементными.

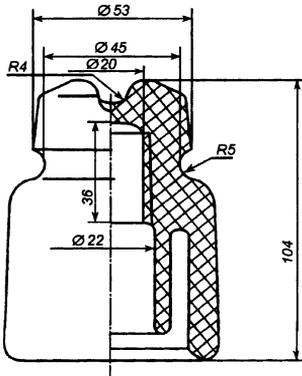
В условном обозначении изолятора буквы и цифры обозначают: Ш — штыревой, Ф — фарфоровый, цифра — номинальное напряжение, кВ, после дная буква — исполнение изолятора. У стеклянных изоляторов вторая буква — С.

Срок службы изоляторов 30 лет. Вероятность безотказной работы изоляторов $P(t)$ — в пределах срока службы, определяемого по формуле

$$P(t) = 1 - \lambda t, \quad (2.3.1)$$

где λ — среднегодовой уровень отказов, равный 0,001 год⁻¹; t — период с момента выпуска изоляторов предприятием-изготовителем, лет.

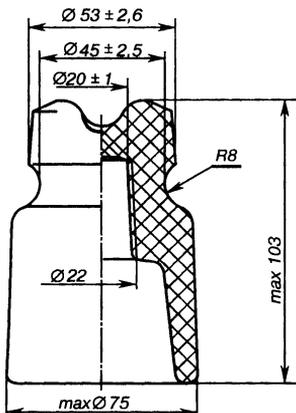
На ВЛ 0,4 кВ применяют штыревые изоляторы типа НС и ТФ (рис. 2.3.1 и 2.3.2.), а на линиях 6–35 кВ — штыревые фарфоровые типа ШФ и стеклянные типа ШС изоляторы (рис. 2.3.3.). По конструкции изоляторы 6–35 кВ не отличаются от низковольтных изоляторов, но имеют более высокие электрические характеристики и повышенную механическую прочность.



Техническая характеристика

Электрическое сопротивление изоляции, Мом, не менее	5 x 10 ⁴
Минимальное разрушающее усилие на срез головки, Н	8000
Масса, Кг	0,49

Рис. 2.3.1.Изолятор фарфоровый 1000 В типа ТФ–20



Техническая характеристика

Электрическое сопротивление изоляции, Мом, не менее	5 x 10 ⁴
Длина пути утечки, мм	126
Минимальное разрушающее усилие на срез головки, Н	9000
Масса, Кг	0,47

Рис. 2.3.2.Изолятор фарфоровый 1000 В типа НФ–18

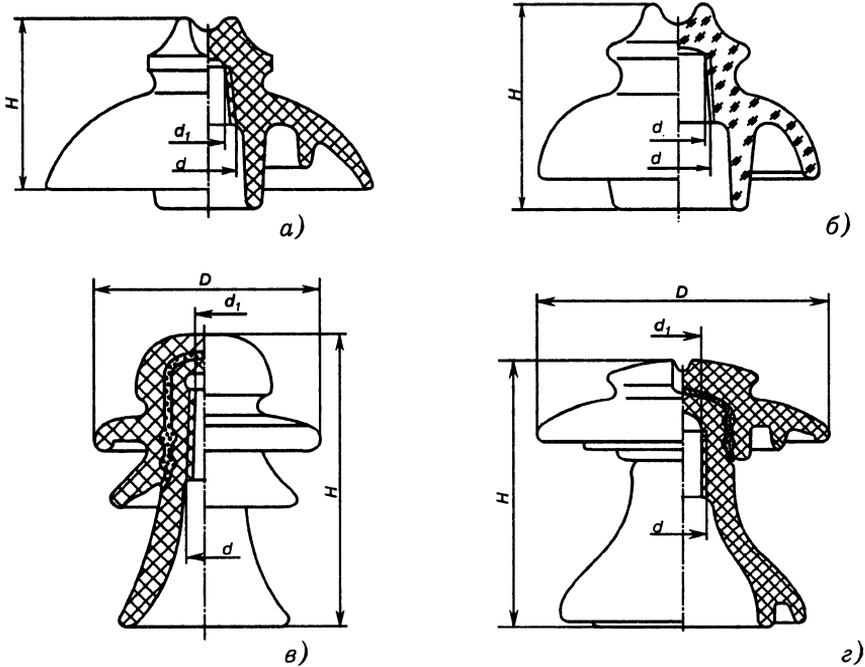


Рис. 2.3.3. Эскизы линейных штыревых изоляторов ВЛ 6–35 кВ (табл. 2.3.5)

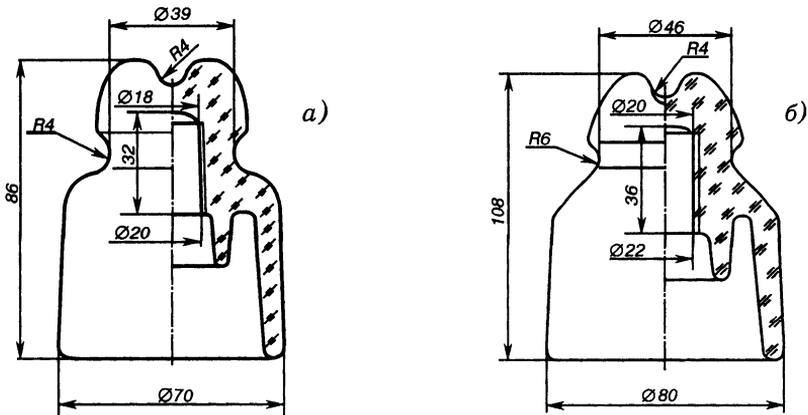


Рис. 2.3.4. Штыревые стеклянные изоляторы НС-16 (а) и НС-18 (б)

Штыревые изоляторы применяются в основном на ВЛ с небольшими сечениями проводов и малыми электрическими и механическими нагрузками. Конструкция стержневых изоляторов такова, что материал диэлектрика работает в неблагоприятном направлении — на изгиб или на срез, что ограничивает область применения таких конструкций.

Разрушающая нагрузка штыревых изоляторов составляет от 14 кН для ШФ10 и 30 кН — для ШФ35. Поэтому применение этих изоляторов на линиях с большим сечением проводов невозможно.

Таблица 2.3.5. Характеристики линейных штыревых изоляторов ВЛ 0,4–35 кВ

Тип	ТУ	Рис	Основные размеры, мм			Длина пути утечки, мм	Разрушающая электромеханическая нагрузка, кН, не менее	Пробивное напряжение, кВ, не менее	Выдерживаемое напряжение, кВ				Масса изолятора, кг, не более
			Строительная высота, Н	Диаметр изолятора, D	Диаметр стержня, d				Одниминутное напряжение при 50 Гц, не менее	Импульсное 1%-ное разрядное напряжение при волне 1,2/50мкс, не менее	в сухом состоянии	под воздействием	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Штыревые фарфоровые изоляторы (ГОСТ 1232–93)													
(ШФ10–Б, ШЖБ–10)	—	2.3.3,а	120	212	34/32,5	315	14	100*	75	40	50	112	2,8
ШФ10–Г	—	2.3.3,а	140	140	31,3/28	265	12,5	140	65	40	95	—	1,7
(ШФ20–А, ШД–20)	—	2.3.3,в	199	185	38/36	410	20	110	86	57	—	—	3,4
ШФ20–В	—	2.3.3,в	184	175	33/28	385	13	160	85	57	125	—	3,4
(ШФ35–А, ШД–35)	—	2.3.3,г	287	267	50/48	402	30	106	120	80	—	—	10,1
ШФ35–Б	—	2.3.3,г	285	310	47/44	700	10	200	135	90	200	230	12,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Штыревые стеклянные изоляторы высоковольтные (ГОСТ 1232-93)													
(ШС10-А)	—	2.3.3,6	110	150	32/36	210	14	78	60	34	90	—	1,4
(ШС10-В)	—	2.3.3,6	120	230	32/36	315	14	105	70	45	90	—	3,0
ШС10-Г	ТУ 34-27-4826-76	2.3.3,6	145±3	160±3	31,6/28	265	12,5	130	55	35	80	80	2,15
Штыревые стеклянные изоляторы низковольтные (ГОСТ 1232-93)													
НС-16	—	2.3.4а	86±2,5	70±2	20/18	—	6	—	—	—	—	—	0,35
НС-18	—	2.3.4б	108±3	80±3	22/20	—	8	—	—	—	—	—	0,56

П р и м е ч а н и я:

1. Значения пробивного напряжения даны для испытаний в изолированной среде с удельным сопротивлением 10^6-10^8 Ом·м, а значения, отмеченные звездочкой, — в трансформаторном масле.
2. Отношение пробивного напряжения к выдерживаемому напряжению для штыревых стеклянных изоляторов в сухом состоянии не должно быть менее 1,8.
3. Вероятность безотказной работы изоляторов разных типов составляет 0,997-0,999 и указывается в соответствующих ГОСТ и ТУ, что соответствует ежегодной отбраковке 0,3-0,1% изоляторов в год.
4. Срок службы для штыревых изоляторов составляет 15-20 лет и указывается в соответствующих ГОСТ и ТУ.
5. Гарантийный срок службы разных типов изоляторов устанавливается в соответствующих ГОСТ и ТУ и составляет для разных партий изоляторов, имеющих повреждаемость выше оговоренной соответствующими ГОСТ и ТУ.
6. Электрическое сопротивление штыревых изоляторов типов НС-16 и НС-18 должно быть не менее соответственно 4000 и 5000 МОм.
7. Изолятор ШС10-В снят с производства ввиду недостаточной надежности в эксплуатации. В скобках даны старые обозначения изоляторов.

На линиях с неизолированными проводами провода крепят к штыревым изоляторам с помощью вязки мягкой проволокой или с помощью специальных зажимов.

Внутренняя полость штыревого изолятора имеет винтовую нарезку для его крепления на арматуре линии.

Анализ работы штыревых изоляторов на ВЛ 6–10 кВ показал, что одна из основных причин отказов этих изоляторов — их механическое разрушение или пробой изоляции (18,3%).

Слабым звеном на ВЛ 6–10 кВ является крепление проводов на шейках изоляторов с помощью проволочной вязки, так называемое глухое крепление (обрывы вязки приводят к отказам ВЛ), а также крепление изоляторов на штыре или крюке.

В настоящее время при монтаже ВЛ 6–10 кВ на штыревых изоляторах производят крепление проводов к шейке или головке изолятора традиционным способом — одной проволокой в обе стороны от изолятора. Этот метод крепления приводит к частым обрывам вязок и отказам ВЛ. В этом случае необходимо обратить внимание на зарубежный опыт. Например, финский метод крепления заключается в том, что провод крепят к изолятору сначала сдвоенной проволокой в одну сторону от изолятора, закручивая оба конца вязки вокруг провода, а второй вязкой крепят провод в другую сторону от изолятора.

Однако надежнее всего для крепления провода на штыревом изоляторе применять типовые зажимы.

Для крепления изолятора на штыре или крюке применяются пакля, пропитанная суриком, и полиэтиленовые колпачки. Однако эти способы крепления имеют следующие недостатки:

пропитка пакли в процессе эксплуатации высыхает, что приводит к ослаблению крепления изолятора на штыре (крюке) и, как следствие, к срыву изолятора. Кроме того, установка изолятора на штыре или крюке с применением пакли технологически трудоемка;

в процессе эксплуатации полиэтиленовые колпачки под воздействием солнечной радиации и низкой температуры стареют и разрушаются. К тому же для установки колпачка на штыре (крюке) требуется нагрев колпачка. Бывают случаи, когда в результате чрезмерного завинчивания изолятора на штырь с колпачком в его конструкции возникают дефекты.

Если штыревые изоляторы не обеспечивают требуемую механическую прочность, на ВЛ 6–10 кВ используют подвесные изоляторы, рассчитанные на более высокие механические нагрузки.

2.3.3. Линейные подвесные изоляторы (ГОСТ 6490-93Е, ГОСТ 27661-88Е, ГОСТ 27744-88)

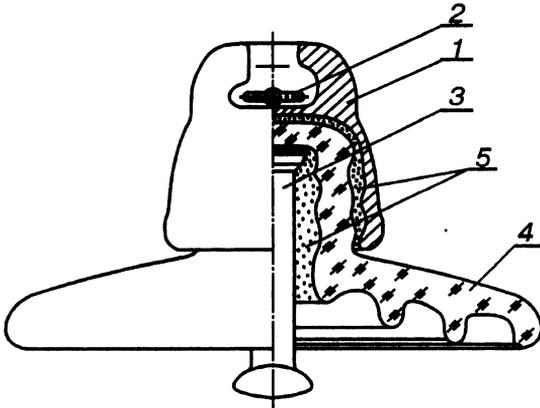


Рис. 2.3.5. Подвесной изолятор
 1 — шапка; 2 — замок (подробнее см. рис. 2.3.15);
 3 — стержень; 4 — изолирующая деталь;
 5 — цементная связка

Подвесной изолятор (рис. 2.3.5) состоит из шапки — 1, выполненной из ковкого чугуна, замка — 2, стержня — 3, изолирующей детали (фарфоровая или стеклянная тарелка) — 4. Шапку и стержень скрепляют с изолирующей деталью портландцементом (5) марки не ниже 500.

Технические характеристики линейных подвесных изоляторов тарельчатого типа приведены в табл. 2.3.6 ... 2.3.7, а также на рис 2.3.6 ... 2.3.7.

Подвесные изоляторы широко применяют на ВЛ 35 кВ и выше. В последние годы подвесные изоляторы начали активно применять и на ВЛ 6–10 кВ (обычно на магистральной части линии, где для обеспечения пропускной способности линии подвешены провода повышенных сечений и их вес наибольший). Сегодня на линиях 6–10 кВ растут нагрузки и поэтому здесь применяют провода сечением 95...120 и даже 150 мм², которые имеют повышенный вес и, следовательно, создают на изоляторах повышенные механические нагрузки.

В обозначениях типов изоляторов согласно ГОСТ 6490-93 Е буквы обозначают: П — подвесной; С — стеклянный; Ф — фарфоровый; Г — грязеустойкий; К — конический; Д — двукрылый; В — с вытянутым вниз ребром; С (второе) — сферический; А, Б, В и т.д. (в конце) — различные модификации (типоразмеры) данного типа изолятора. Цифры в обозначениях типов подвесных изоляторов показывают электромеханическую разрушающую нагрузку, кН, а в штыревых (кроме низковольтных) — номинальное напряжение ВЛ, кВ.

Различают подвесные изоляторы, предназначенные для работы в нормальных условиях (тип ПС и ПФ), и специальные изоляторы грязеустойчивого исполнения с повышенными разрядными характеристиками, предназначенные для работы в районах с загрязненной атмосферой (тип ПСГ и ПФГ). Грязеустойчивые изоляторы отличаются от обычных формой тарелки, которая имеет более развитую поверхность и большую длину пути тока утечки. Поэтому отношение длины пути утечки тока к строительной высоте у изоляторов грязеустойчивого исполнения $\geq 3,0$, в то время как у изоляторов обычного исполнения $\geq 2,2$.

Конструкция грязеустойчивых изоляторов должна обеспечивать смывание загрязнений с их поверхности дождем.

Таблица 2.3.6. Новые подвесные изоляторы: техническая характеристика

Технические параметры изолятора	Н о р м а л ь н о е и с п о л н е н и е				
	ПС40	ПС70Е	ПС120Б	ПС160Д	ПС210В
Диаметр, мм	175	255	255	280	300
Строительная высота, мм	110	127/146	146	146/170	170
Длина пути утечки тока, мм	185	303	320	370	370
Масса, кг	1,7	3,4	3,8	6,0	7,3
Механическая разрушающая нагрузка, кН	40	70	120	160	210
Выдерживаемое напряжение, кВ:					
импульсное,	70	100	100	110	110
частотой 50 Гц под дождем	30	40	45	45	45
Среднегодовой уровень отказов:					
по электрической прочности	—		0,001		0,001
по механической прочности	—		0,000005		0,000005
Районы применения	I–III СЗА				
Обозначение по МЭК 305	V402	V70BS V70BL V70BLP	V120B	V160BL	V402
Рисунок 2.3.6	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>

* при отсутствии цементирующих загрязнений

Для районов с загрязненной атмосферой весьма перспективной является конструкция стеклянного изолятора, обладающего высокими аэродинамическими свойствами (рис. 2.3.13, 2.3.14). Срок службы фарфоровых изоляторов составляет 30 лет с вероятностью безотказной работы за первый год эксплуатации 0,9970, по истечении гарантийного срока — не менее 0,9940, а в период срока службы — не менее значения, определяемого по формуле:

$$P(t) = 0,9940 - 0,0028(t-2),$$

где t — период с момента выпуска изоляторов предприятием-изготовителем, лет; 0,0028 — коэффициент, характеризующий годовую повреждаемость, 1/год; 2 — гарантийный срок, лет.

тика и надежность работы (ГОСТ 27661–88Е, ГОСТ 6490–93 Е)

н и е	Грязестойкое исполнение		Аэродинамическое исполнение				
			сферические			конические	
ПС300В	ПСД70Е	ПСВ120Б	ПСС70Б	ПСС120Б	ПСС210Б	ПСК210А	ПСК300А
320	270	290	310	330	410	410	450
195	127	146	127	127/146	156	156	180
385	411	442	310	330	410	410	460
10,0	4,6	5,6	4,0	5,0	9,0	8,6	12,4
300	70	120	70	120	210	210	300
130	110	125	80	80	90	90	90
50	45	50	40	45	55	55	52
0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,001	
0,000005	0,000005	0,00005	0,00005	10,000001		0,000001	
I–III СЗА	III–VIII СЗА	III–VII СЗА	I–V СЗА*	I–V СЗА*	I–V СЗА*	I–V СЗА*	I–V СЗА*
V300В							
<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	—	—	<i>з</i>	—	<i>и</i>

Срок службы стеклянных изоляторов составляет 30 лет с вероятностью безотказной работы за первый год эксплуатации 0,9970, по истечении гарантийного срока 0,9920, а в период срока службы — не менее значения, определяемого по формуле:

$$P(t) = 0,9920 - 0,0024(t-3),$$

где t — период с момента выпуска изоляторов предприятием-изготовителем, лет; 0,0024 — коэффициент, характеризующий годовую повреждаемость, 1/год; 3 — гарантийный срок, лет.

Во всех случаях в подвесных изоляторах диэлектрик работает на сжатие, что позволяет использовать их при больших механических нагрузках.

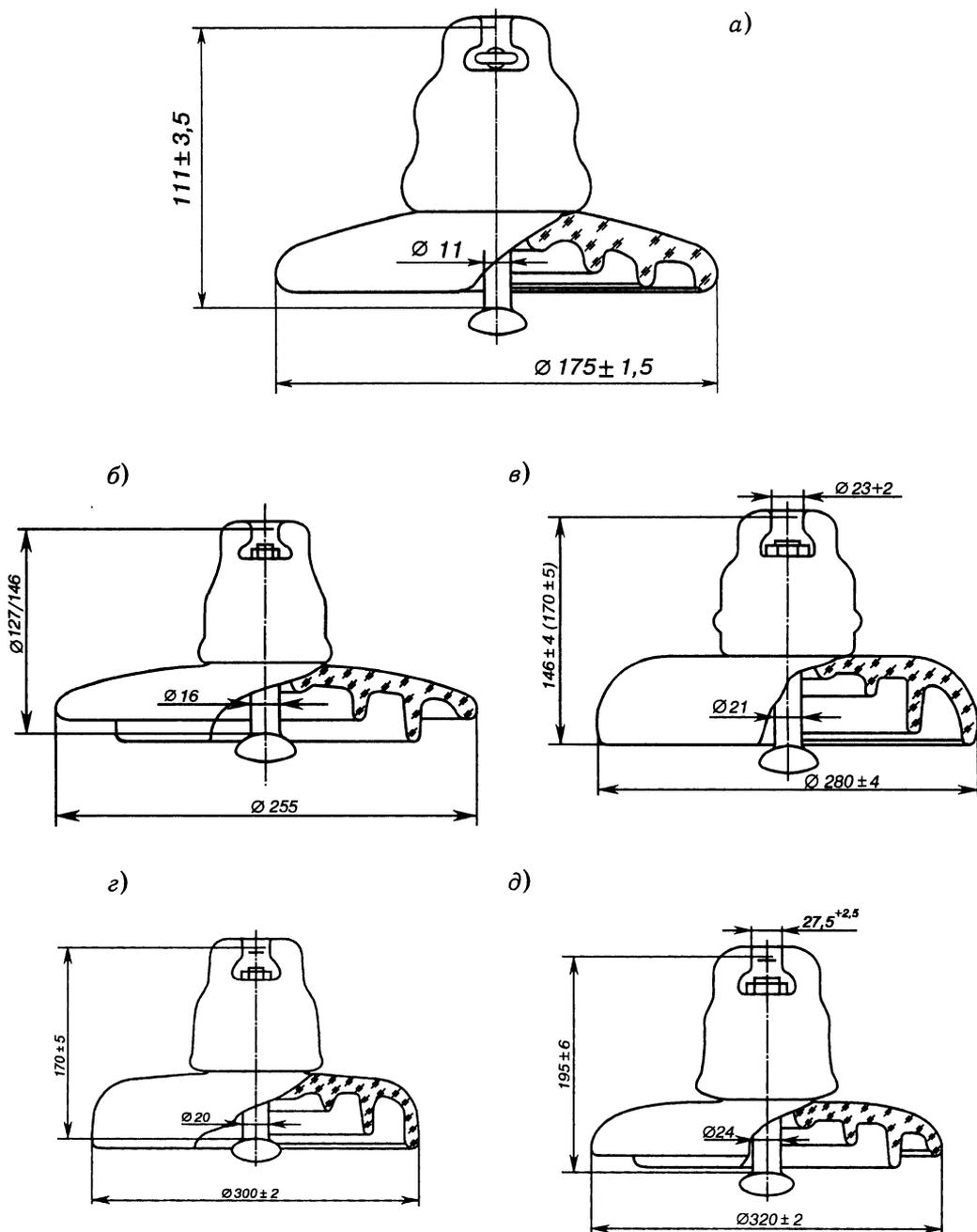
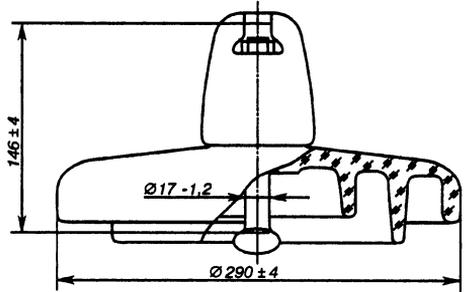
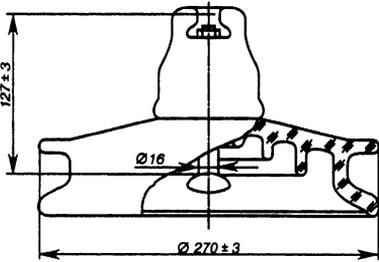


Рис. 2.3.6. Изоляторы тарельчатые

а — изолятор ПС40; б — изолятор ПС70Е, ПС120Б; в — изолятор ПС160Д;
г — ПС210В; д — изолятор ПС300В

е)

ж)



з)

и)

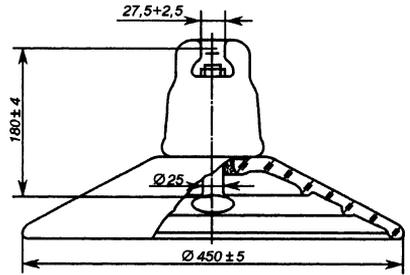
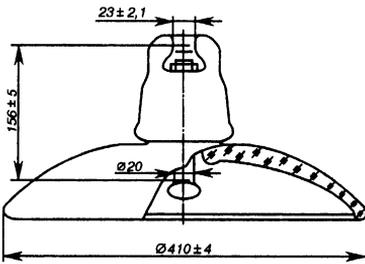


Рис. 2.3.6. Изоляторы тарельчатые (продолжение)

е — изолятор ПСД70Е; ж — изолятор ПСВ120Б; з — изолятор ПСС210Б; и — ПСК300А

а)

б)

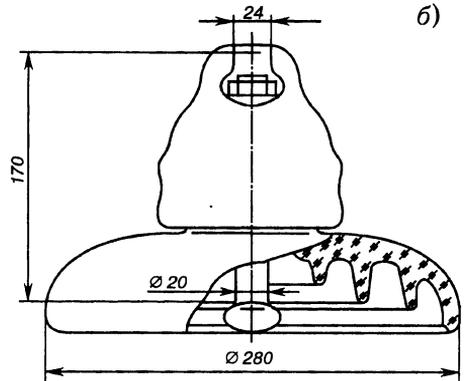
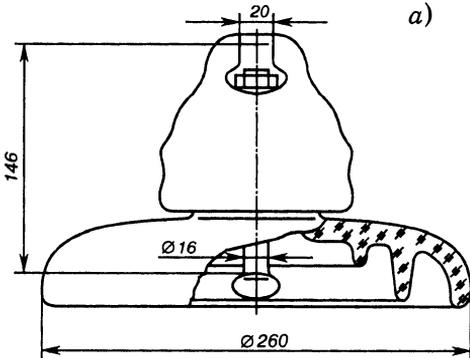


Рис. 2.3.7. Изоляторы тарельчатые

а — изолятор ПС120А; б — изолятор ПС160Б*;

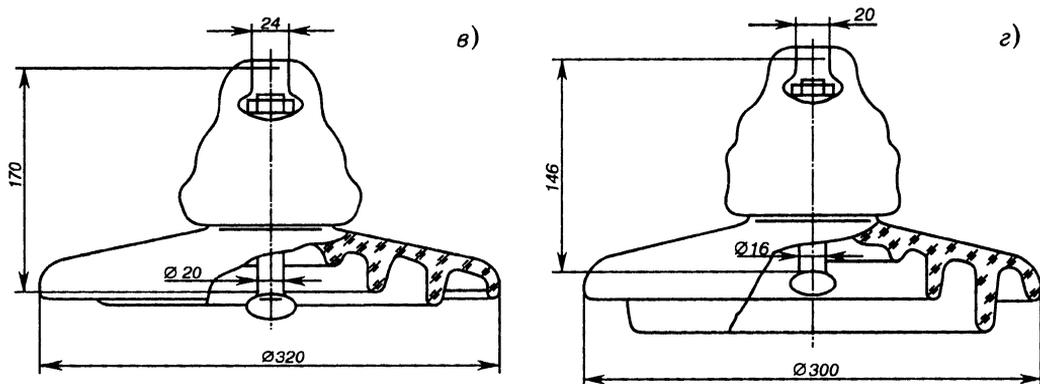


Рис. 2.3.7. Изоляторы тарельчатые (продолжение)
 в — изолятор ПС210Б; г — ПСГ120А

Таблица 2.3.7. Технические данные линейных изоляторов тарельчатого типа более ранних выпусков

Тип изолятора	Рис. 2.3.7	Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН				Напряжение, кВ		Уровень радиопомех при 20 кВ	Строительная высота, мм	Диаметр, мм	Длина пути утечки, мм	Отношение длины пути утечки к Н	Масса, кг
		пробивное, 50 Гц	выдерживаемое под дождем, 50 Гц	работое по уровню радиопомех, 50 Гц, 80 дБ	выдерживаемое импульсное при волне								
					+1,2/50 мкс	-1,2/50 мкс							
ПФ70 В		70	130	34	30	100	110		146	270	355	2,43	4,85
ПС70 Д		70	130	40	35	100	100	60	127**/146	255	290	2,28	3,5
ПС120 А*	а	120	130	45	35	110	115		146	260	325	2,21	5,4
ПС120 Б		120	130	40	35	100	100	60	146	255	330	2,26	4,15
ПС160 Б*	б	160	130	35	40	95	105		170	280	368	2,17	7,73
ПС160 В		160	130	45	40	110	115	60	146**/170	280	370	2,53	6,33
ПС210 Б	в	210	130	42	34	110	115		170	320	375	2,2	6,27
ПС300 А		300	130	52	37	85	90		175	450	440	2,51	13,3
ПС400 А		400	130	55	40	125	120		200	390	450	2,25	15,6
ПСГ70 Д*		70	130	40	30	125	120	60	127	270	395	3,11	4,55
ПСГ70 А*		70	130	40	30	120			127	270	394	3,1	4,99
ПСГ120 А	г	120	130	48	35	110	110		146	300	425	2,9	6,75

* Конструкции изоляторов с коническим силовым узлом.

** Конструкции изоляторов, выпускаемых со строительной высотой двух значений для получения требуемой длины пути утечки и длины гирлянды.

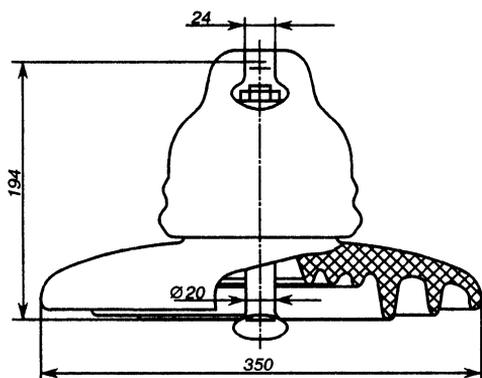


Рис.2.3.8. Изолятор ПФ20А

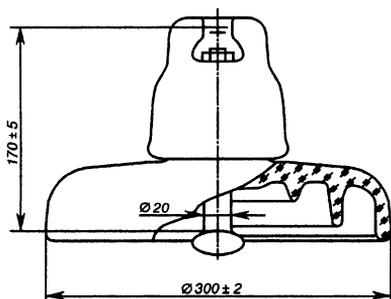


Рис.2.3.9. Изолятор ПС120В

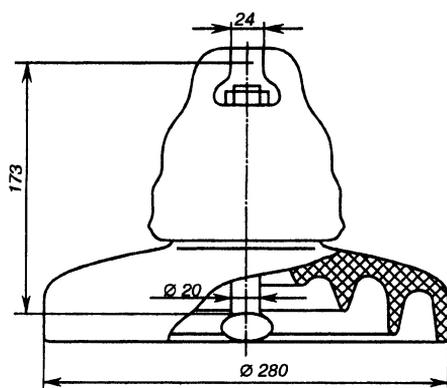


Рис.2.3.10. Изолятор ПФ160А

Техническая характеристика

Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН	20
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты под дождем, кВ, не менее	50
Импульсное выдерживаемое напряжение с формой волны 1,2/50 мкс, кВ, не менее	
при положит. полярности	110
при отриц. полярности	115
Пробивное напряжение, кВ	140
Длина пути утечки, мм	420
Отношение длины пути утечки к строительной высоте, не менее	2,16
Масса, Кг	12,8

Техническая характеристика

Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН	120
Напряжение не менее, кВ	
— выдерживаемое импульсное	110
— выдерживаемое частотой 50Гц под дождем	45
— по уровню радиопомех 60 дБ	20
— пробивное частотой 50 Гц	130
Длина пути утечки, мм	370
Масса, Кг	7,3

Техническая характеристика

Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН	160
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты под дождем, кВ, не менее	40
Импульсное выдерживаемое напряжение с формой волны 1,2/50 мкс, кВ, не менее	
при положит. полярности	105
при отриц. полярности	105
Пробивное напряжение, кВ	135
Длина пути утечки, мм	385
Отношение длины пути утечки к строительной высоте, не менее	2,15
Масса, Кг	9,0

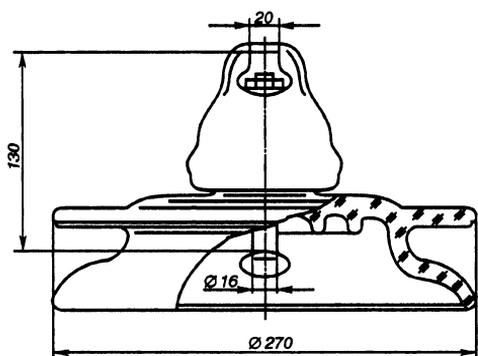


Рис.2.3.11. Изолятор ПСГ70 А

Техническая характеристика

Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН	70
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты под дождем, кВ, не менее	40
Импульсное выдерживаемое напряжение с формой волны 1,2/50 мкс, кВ, не менее	
при положит. полярности	125
при отриц. полярности	120
Пробивное напряжение, кВ	130
Длина пути утечки, мм	400
Отношение длины пути утечки к строительной высоте, не менее	3,0
Масса, Кг	5,3

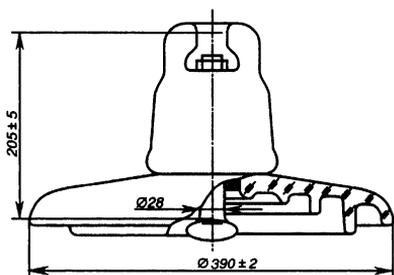


Рис.2.3.12. Изолятор ПС400 Б

Техническая характеристика

Электромеханическая разрушающая нагрузка, кН, не менее	400
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты под дождем, кВ, не менее	55
Импульсное выдерживаемое напряжение с формой волны 1,2/50 мкс, кВ, не менее	
при положит. полярности	130
при отриц. полярности	130
Пробивное напряжение, кВ	130
Длина пути утечки, мм	475
Масса, Кг	15,0

В районах с сильными промышленными загрязнениями применяются изоляторы с увеличенной длиной пути утечки тока и различными формами тарелок: с двукрылой формой тарелки (ПСД70Е); с тарелкой, имеющей длинное второе ребро (ПСВ120Б); с гладкой сферической формой тарелки (ПСС70А, ПФС70А, ПСС120Б, ПСС210Б) гладкой конической (ПСК300А, ПФК70А). Учитывая опыт эксплуатации этих изоляторов, специалистами НИИВН с помощью системы автоматизированного проектирования изоляторов была разработана конструкция изолятора с комбинированной формой тарелки типа сфера-конус. Этот изолятор имеет улучшенные аэродинамические характеристики, что подтвердили испытания, проведенные Киевским институтом инженеров гражданской авиации.

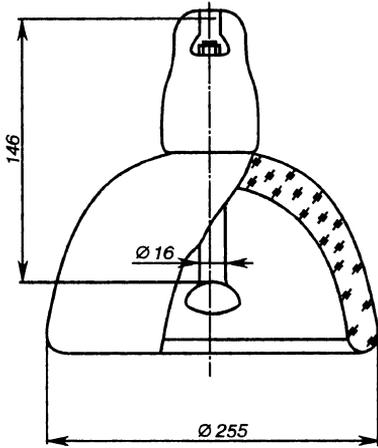


Рис. 2.3.13. Изолятор ПСА70 с комбинированной формой тарелки

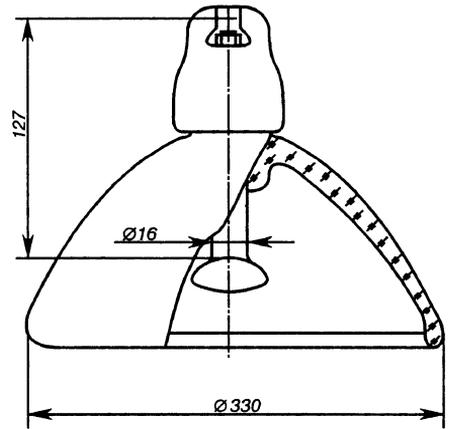


Рис. 2.3.14. Изолятор консольный фарфоровый сферический КФС70-27,5/0,9

Использование такой формы тарелки в конструкции изолятора по сравнению с ранее разработанными конструкциями аэродинамических изоляторов позволяет снизить загрязняемость изолятора (и, как следствие, уменьшить затраты на профилактическую чистку и обмыв), повысить надежность его работы и увеличить срок службы.

При проектировании таких изоляторов учитывают многочисленные факторы, влияющие на их разрядные напряжения: диаметр стержня, диаметр по ребрам, вылет ребра, шаг, число и наклон ребер. Особое внимание уделяют длине пути утечки тока и прочностным характеристикам изолятора. Однако следует учитывать, что увеличение длины пути утечки тока за счет роста высоты изолятора экономически неоправдано.

В НИИВН разработана конструкция опорно-стержневых и опорно-штыревых изоляторов ОСФ10 на напряжение 10 кВ, предназначенных для использования в районах с интенсивной грозовой деятельностью, а также с промышленными и естественными загрязнениями. Конструкция таких изоляторов позволяет исключить возможность их электрического пробоя и тем самым повысить показатели эксплуатационной надежности.

В настоящее время возникла потребность в новых конструкциях изоляторов специального назначения из фарфора и стекла: штыревых изоляторов из закаленного стекла, изоляторов с полупроводящей глазурью и т.д.

Анализ причин отказов изоляторов на ВЛ показывает, что первое место среди них занимают посторонние воздействия (расстрел изоляторов из охотничьих ружей, разрушение камнями и другими предметами). Это обусловлено широким применением в нашей стране стеклянных изоляторов, которые в большей степени, чем фарфоровые, подвержены актам вандализма. В последние годы число отказов изоляторов по этой причине достигло 39,5%

общего числа отказов. Наибольшее число актов вандализма приходится на ВЛ сельскохозяйственного назначения и контактную сеть железных дорог, что объясняется низким расположением изоляторов относительно земли. В связи со сказанным возникла необходимость в создании конструкции стеклянного изолятора с повышенной стойкостью к внешним механическим воздействиям.

В НИИВН были проведены научно-исследовательские работы по разработке такого изолятора на классы нагрузки 70 и 120 кН. Образцы этих изоляторов (ПСА70, ПСА120, см. рис. 2.3.13.) были изготовлены и внедрены в опытную эксплуатацию. Увеличение ударной прочности данного изолятора достигается благодаря использованию в его конструкции тарелки сферического типа, выполненной таким образом, что при расстреле изоляторов из охотничьего ружья дробь рикошетом отскакивает от его внутренней или наружной поверхности.

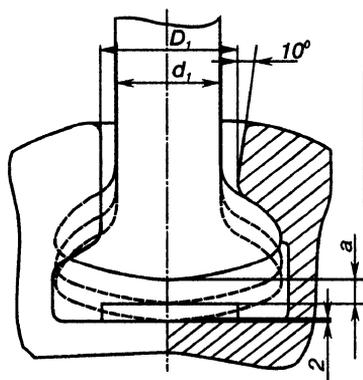
Конструкция подвешного изолятора.

Для изготовления изоляционной детали изолятора используют электротехнический фарфор или закаленное стекло. Изоляторы тарельчатого типа выпускают на минимальные разрушающие нагрузки на растяжение 40, 70, 100, 120, 210 и 300 кН климатических исполнений У, ХЛ категории I.

Шапка и стержень служат для крепления изоляторов к цепной арматуре и соединения изоляторов в гирляндку. Шапка изготавливается из ковкого чугуна, стержень — из стали.

Диаметр стержня определяется типом изолятора. Стержень в зависимости от диаметра имеет заданную механическую прочность.

Таблица 2.3.8. Шарнирное сопряжение стержня и шапки изолятора, мм



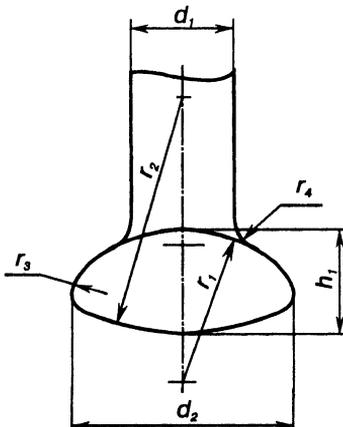
d_1	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
D_1	14	18	20	22	24	26	29	30	33	35	36	40	42
a	1,9	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,8	5,5	6,1	6,6	7,5	7,7	8,3

Геометрические размеры стержней изоляторов приведены в табл. 2.3.8. и 2.3.9.

Размеры гнезда сферического шарнирного сопряжения приведены в табл. 2.3.10.

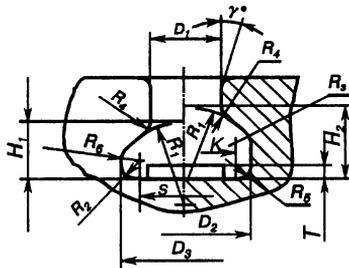
Размеры гнезда сферического шарнирного сопряжения для всего ряда диаметров стержней изоляторов приняты при постоянной высоте замка Т изолятора равной 7 мм.

Таблица 2.3.9. Геометрические размеры головки стержня изолятора, мм



Номинальный диаметр стержня изолятора, $d_{1-0,5}^{+1,0}$	d_2	h_1	r_1	r_2	r_3	r_4
12	22	7,3	18	36	1,5	1,5
14	28	10,9	20	45	2,5	2,5
16	32	13,2	23	50	3,5	3
18	36	14,9	25	55	3,5	3
20	40	16,6	27	60	4	3,5
22	44	20	28	62	5	3,5
24	48	20,4	40	70	6,5	4
26	52	21,6	40	86	6,5	5
28	56	23,8	42	88	7	6
30	60	24,8	45	90	7	6
32	64	27,5	48	96	8	7
34	68	28,5	51	102	8	7
36	72	29,6	54	108	8	7

Таблица 2.3.10. Геометрические размеры гнезда шапки изолятора, мм



Номинальный диаметр стержня изолятора, $d_{1-0,5}^{+1,0}$	D_1	D_2	D_3	H_1	H_2	γ°	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	T	K	S
12	14	24	24	9,3	16,2	10	18	2	2	2	2	2	7	20	20
14	18	30	30	12,9	20,4	10	20	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	7	25	25
16	20	30	36	15,2	23,2	10	23	4	3,5	3	4	3,5	7	29	30
18	22	40	40	16,9	25,4	10	25	4	4	3	4	4	7	32	32
20	24	47	44	18,6	27,6	10	27	5	4,5	3,5	5	4,5	7	34	37
22	26	47	47	22	31,5	10	28	5	5	3,5	5	5	7	37	37
24	29	51	51	22,4	32,2	10	40	6	5	4	6	5	7	41	39
26	30	55	55	23,6	34,1	10	40	7	6	5	7	6	7	43	41
28	33	60	60	25,8	38,9	10	42	7	6	5	7	6	7	48	48
30	35	64	64	26,8	40,4	10	45	7	6	5	7	6	7	52	52
32	37	68	68	29,8	42,0	10	48	8	7	6	8	7	7	54	52
34	39	72	72	30,5	43,2	10	51	8	7	6	8	7	7	58	56
36	41	76	76	31,6	44,9	10	54	8	7	6	8	7	7	62	60

Шарнирность сферического сопряжения под нагрузкой ограничивается углом отклонения стержня до упора в край гнезда изолятора.

Угловое отклонение изолятора α под нагрузкой равно $4^\circ \pm 2^\circ$.

Шарнирность сферического сопряжения при свободном провисании подвески получается несколько больше, чем в первом случае за счет зазора между сферой стержня и гнезда. Угловое отклонение стержня при этом равно $10^\circ \pm 2^\circ$.

Замок (рис. 2.3.15, табл. 2.3.11), изготовляемый из стали или бронзы, предотвращает самопроизвольное расцепление изоляторов в гирлянде.

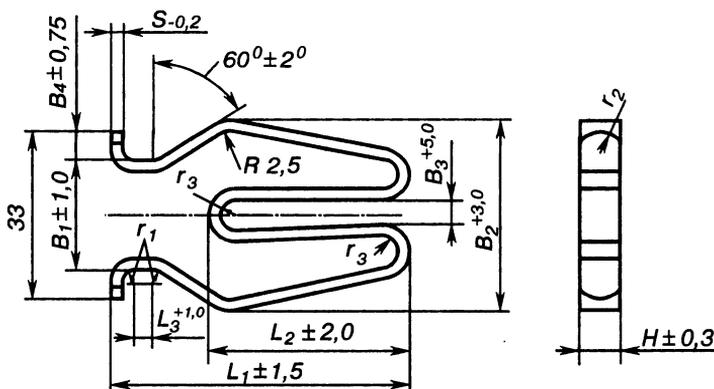


Рис. 2.3.15. Замки для сферических шарнирных сопряжений линейной арматуры и изоляторов

Таблица 2.3.11. Характеристика замка сферических шарнирных сопряжений арматуры и изоляторов

Тип замка	Диаметры стержней изоляторов (ГОСТ 11619-... и нормаль НА-1-66), мм	B_1	B_2	B_3	B_4	S	L_1	L_2	L_3	r_1	r_2	r_3	H	Масса, кг
М-2	16; 18 20; 22	22	37	5	5,5	2	59	40	4	2,5	5	3	7	0,022
МБ-2*														
М-3	24; 26 28; 30	22	37	5	5,5	2	72	50	6	2,5	5	3	7	0,035
МБ-3														

* бронзовые

Так как фарфор, стекло, цемент и металл имеют различные температурные коэффициенты расширения, то для предотвращения механических напряжений между изолирующей деталью и шапкой и между изолирующей деталью и стержнем устанавливаются мягкие амортизирующие прокладки, а поверхность изолирующей детали в местах заделки стержня и шапки обмазывают битумом. Поверхность фарфора изоляторов для улучшения диэлектрических характеристик покрывают глазурью, металлические детали для предохранения от коррозии оцинковывают.

О соединении подвесных изоляторов в гирлянды.

Изоляция линий выбирается исходя из обеспечения:

1) определенных запасов прочности по отношению к минимальной гарантированной прочности изоляторов. Так, при наибольшей нагрузке коэффициент запаса прочности для подвесных изоляторов должен быть не менее 2,7, а при среднеэксплуатационных условиях работы линии — не менее 5.

2) надежной работы как в нормальных условиях при рабочем напряжении, так и при грозовых и коммутационных (внутренних) перенапряжениях. Для выбора изоляции по наибольшему рабочему напряжению в зависимости от района прохождения линий задается определенный уровень изоляции, который характеризуется удельной длиной пути тока утечки. В обычных условиях прохождения линии в незагрязненной атмосфере (луг, лес, пашня) удельная длина пути тока утечки принимается 1,3–1,6 см/кВ, в условиях загрязненной атмосферы (берег моря, вблизи химических и металлургических комбинатов и т.п.) — в соответствии с утвержденными нормами до 3,5–4 см/кВ. Исходя из этих значений и учитывая характеристики изоляторов, для каждой фазы линии выбирается соответствующее количество изоляторов.

В табл. 2.3.12 приведено минимальное количество изоляторов, устанавливаемых в поддерживающих подвесках на ВЛ 6–35 кВ с чистой атмосферой (I степень загрязнения атмосферы — I СЗА) и проходящих на отметках местности до 1000 м над уровнем моря при подвеске изоляторов на металлических или железобетонных опорах. На ВЛ с деревянными опорами количество изоляторов принимается на один меньше.

Таблица 2.3.12. *Количество изоляторов в одноцепных поддерживающих гирляндах ВЛ на металлических и железобетонных опорах в условиях чистой атмосферы (с обычными полевыми загрязнениями — I СЗА)*

Тип	Количество изоляторов, шт., при номинальном напряжении ВЛ, кВ		
	6–10	20	35
ПФ70–В	1	3	3
ПС70–Д	1	3	3
ПСД70–ДМ	1	3	3
ПС–40	1	3	4
ПС–70Б	1	3	3

Примечания к таблице 2.3.12 :

1. Количество изоляторов определено в соответствии с «Инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой» (ИЗ4–70–009–83) и удельной длиной утечки:

для ВЛ 6–20 кВ — 2,2 см/кВ;

для ВЛ 35 кВ — 1,9 см/кВ.

2. Количество изоляторов всех типов в натяжных гирляндах ВЛ напряжением до 110 кВ включительно следует увеличивать на один изолятор по сравнению с поддерживающими гирляндами.

3. На переходных опорах высотой более 40 м количество изоляторов в гирляндах следует увеличивать по сравнению с принятым на остальных опорах данной ВЛ на один изолятор на каждые 10 м высоты опоры сверх 40 м.

4. Количество подвесных и тип штыревых изоляторов для ВЛ 6–35 кВ выбираются независимо от высоты над уровнем моря.

5. Типы и количество изоляторов для ВЛ, проходящих в местах, где изоляция подвержена загрязнению (солончаки, соленые озера, промышленные предприятия, берег моря и т.п.), должны выбираться с учетом местных условий на основании действующей «Инструкции по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой» (ИЗ4–70–009–83), а также на основании результатов опыта эксплуатации или специальных исследований изоляции ВЛ в данном районе.

Для выделения зон с повышенной степенью загрязненности (СЗА) должны быть разработаны карты уровней изоляции для данного района. Эти карты разрабатываются в соответствии с указаниями упомянутой инструкции.

6. Изолятор типа ПСД70–ДМ применяется в основном в районах с загрязненной атмосферой.

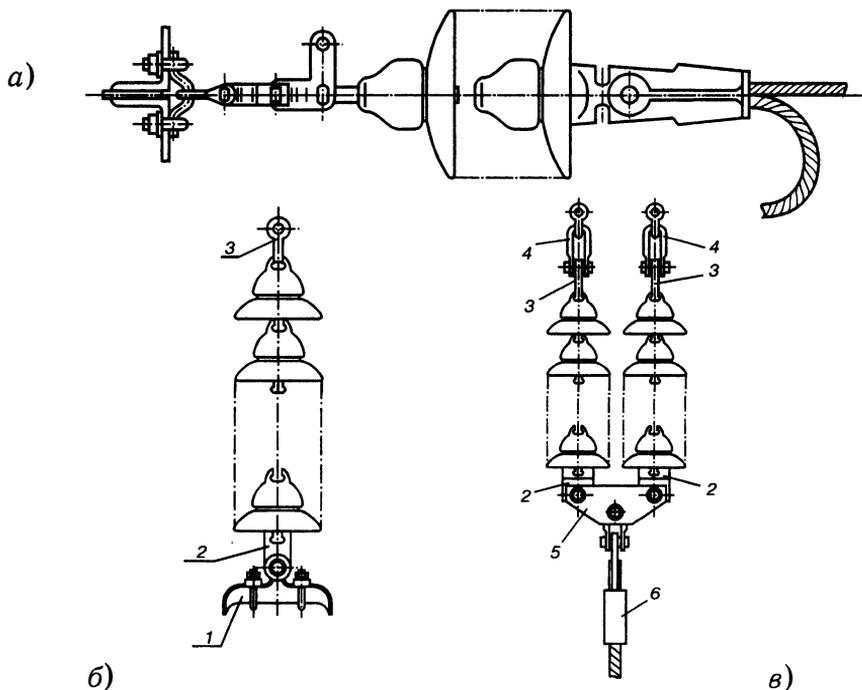


Рис. 2.3.16. Гирлянды изоляторов в сборе.

а — натяжная; б — одноцепная подвесная; в — двухцепная подвесная : 1, 6 — поддерживающий и натяжной зажимы,
 2 — ушко, 3 — серьга, 4 — скоба, 5 — коромысло

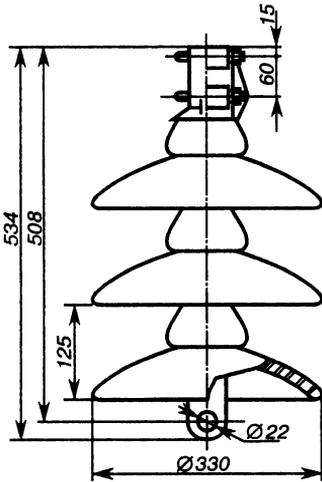


Рис. 2.3.17. Гирлянда из изоляторов консольных фарфоровых сферических КФС 70–27,5/0,9

Количество изоляторов в подвеске (гирлянде) зависит: от типа изоляторов, от класса напряжения линии, материала опор и местных условий эксплуатации (см. раздел 2.4.11, с.520 ..540).

Гирлянды бывают поддерживающие и натяжные, и состоят из одной или двух параллельных цепочек (рис. 2.3.16).

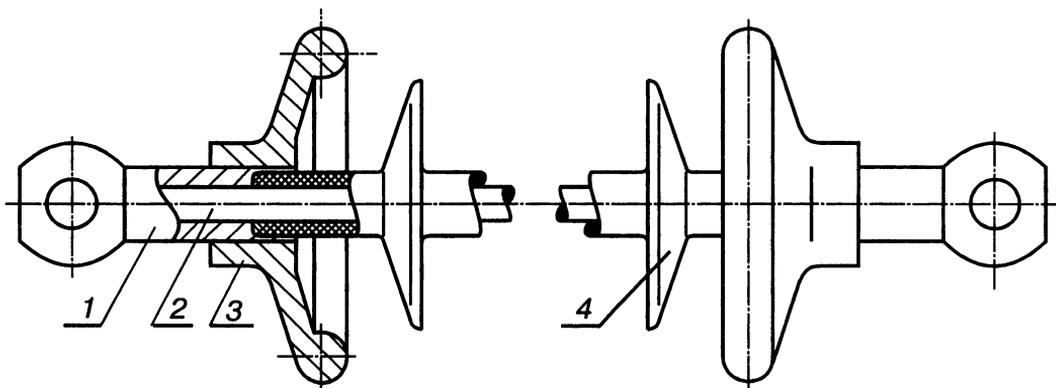
2.3.4. Линейные подвесные полимерные стержневые изоляторы 10–35 кВ (ГОСТ 28856–90)

В последнее десятилетие освоен новый вид изоляторов из полимерных материалов. При конструировании опор обеспечиваются воздушные промежутки между проводами и элементами конструкций такой длины, чтобы их изоляционная прочность была не менее, чем у выбранных изоляторов.

Полимерные изоляторы изготавливают на основе стеклопластиковых стержней диаметром 1,2 — 3,6 см. Стержни по концам армируются стальными оконцевателями, обеспечивающими сопряжения изоляторов с опорой и линейной арматурой на проводе. Стержни покрываются колпачками, изготовленными из кремнийорганической резины. Такая конструкция разработана СКТБ ВПО Союзэлектросетьизоляция. Она служит основой опытно-промышленного производства полимерных изоляторов и распорок.

В районах с загрязненной атмосферой число изоляторов в гирлянде возрастает. Так, например, в III СЗА число элементов необходимо увеличить в 1,2–1,3 раза, а в IV–VII СЗА — 2–2,6 раза, указанных в табл. 2.3.12. С целью уменьшения длины изолирующих подвесок в загрязненных районах применяются специальные типы изоляторов, имеющие более развитую поверхность.

На линиях 6–35 кВ подвесные изоляторы применяются в виде подвесок, состоящих из последовательно сцепленных изоляторов. Соединение изоляторов между собой шарнирное и осуществляется путем введения в верхнюю часть шапки (гнездо захват) головки стержня последующего изолятора. Во избежание самопроизвольного расщепления подвески стержень в пазу шапки фиксируется от выпадения замком.



Техническая характеристика

Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, кВ, не менее	
в сухом состоянии	130
под дождем	100
50%-ное разрядное грозового импульса, кВ, не менее	230
50%-ное разрядное напряжение промышленной частоты в загрязненном и увлажненном состоянии, при $\chi = 10$ мкСм, кВ не менее	42
Минимальная разрушающая нагрузка на растяжение, кН	70
Уровень радиопомех дБ, не более	45
Масса, кг, не более	1,5

Примечание. Изолятор предназначен для использования на ВЛ–35 кВ в районах с загрязненностью атмосферы до IV степени включительно.

Рис. 2.3.18. Линейный подвесной полимерно-стержневой изолятор ЛП 70/35 –Г IV

1 — оконцеватель; 2 — стеклопластиковый стержень;
3 — полиолефиновое ребристое покрытие; 4 — экранная арматура

Стержневые подвесные изоляторы должны обладать высокой надежностью работы фарфора на разрыв, так как при повреждении изолятора он разрушается с падением провода на землю и отключением ВЛ, чего не происходит при повреждении обычного подвесного изолятора гирлянды.

Расстояние в пролете между проводом и землей определяется из условий безопасности прохождения людей, животных, механизмов, транспортных средств.

Наиболее перспективными считаются конструкции стержневых изоляторов с нанесением на стеклопластиковый стержень бесшовной оболочки методом экструзии, имеющей химическую связь со стержнем, и посадкой на стержень способом вулканизации отдельно изготовленных изоляционных ребер. Для оболочки и ребер используется кремнийорганическая резина, вулканизируемая при высокой температуре.

Применение на ВЛ полимерных изоляторов является весьма перспективным. Внедрение полимерной изоляции рассматривается как новый этап в развитии энергетического строительства. Полимерные изолирующие конструкции обеспечивают возможность сооружения компактных ВЛ (КВЛ), повышают класс напряжения и надежность действующих ВЛ без их существенной реконструкции. Применение полимерной изоляции взамен традиционной стеклянной и фарфоровой обеспечивает снижение стоимости, сокращение трудоемкости и сроков строительства ВЛ. Опыт эксплуатации полимерных изоляторов подтвердил их высокую надежность и эффективность.

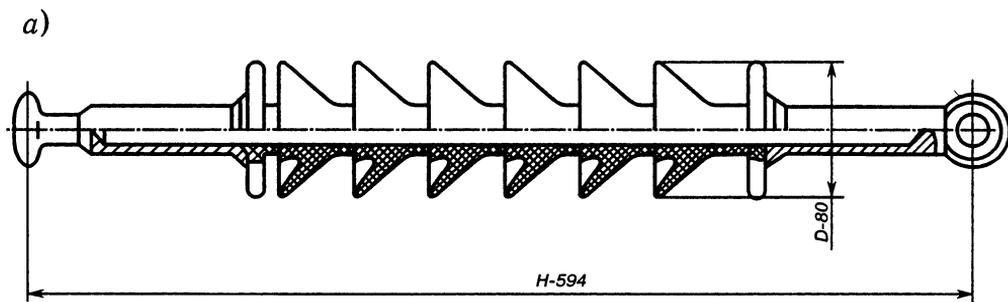
Такие изоляторы состоят из стеклопластикового стержня необходимой длины диаметром от 12 до 36 мм в зависимости от механической нагрузки, воспринимаемой изолятором. На поверхность этого стержня наносится защитное покрытие с ребрами для увеличения длины пути тока утечки по поверхности изолятора. В качестве защитного покрытия и ребер используются различные материалы: кремнийорганическая резина, фторопласт и др. На концах стержня закрепляются стальные оконцеватели в виде проушины, скобы или стержня, которыми полимерный изолятор крепится с помощью деталей линейной арматуры к опоре и проводам.

Замена гирлянд подвесных изоляторов на полимерные длинностержневые изоляторы позволит снизить массу изолирующих подвесок в 5 и более раз. Кроме того, ожидаемая надежность полимерных изоляторов по крайней мере в 10 раз выше, чем надежность работы гирлянд из подвесных изоляторов. Полимерные изоляторы в отличие от фарфоровых и стеклянных значительно более устойчивы к внешним ударам и расстрелам из охотничьих ружей.

Полимерные изоляторы ЛК/35 предназначены для использования на высоковольтных линиях электропередачи на промежуточных и анкерных опорах.

По сравнению с традиционными изоляторами у полимерных изоляторов:

- масса в 7–10 раз меньше;
- более высокие разрядные характеристики и стойкость к загрязнению;
- устойчивость к ударам, «расстрелам» и резким изменениям температуры.



Электрические механические характеристики изолятора ЛК70/35

Номинальное напряжение, кВ	35
Изоляционная высота, мм	380
Разрушающая сила при растяжении, кН	70
Масса, кг	1,4

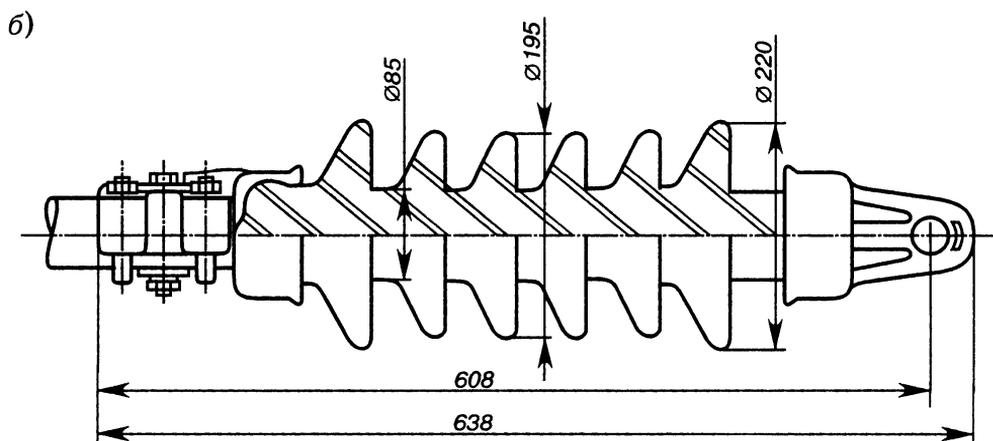


Рис. 2.3.19. Линейный подвесной полимерный стержневой изолятор ЛК 70/35–3

а — первая модификация;
б — вторая модификация

Кроме длинностержневых полимерных изоляторов разработаны также полимерные изолирующие траверсы для линий 6–10 кВ, к которым провода линий крепятся непосредственно без дополнительных изоляторов. Изолирующие траверсы для линий 6–10 кВ делают из гладких стеклопластиковых стержней с защитным покрытием, на концах которых крепятся провода (рис. 2.3.20).

Таблица 2.3.13. Технические характеристики полимерных изоляторов типа ЛК/35

Тип изолятора	Номинальное напряжение, кВ	Механическая разрушающая сила при растяжении, кН, не менее	Строительная высота, мм	Длина пути утечки, мм	Масса, кг
<i>Для районов с атмосферой I–III степени загрязненности</i>					
ЛК 70/35–3	35	70	590	900	1,7
<i>Для районов с атмосферой IV–VII степени загрязненности</i>					
ЛК 70/35–7	35	70	657	1300	1,7

Полимерные изолирующие траверсы.

Широкое применение при строительстве новых и реконструкции действующих ВЛ 35 кВ и при переводе ВЛ 10 кВ на напряжение 35 кВ получили полимерные изолирующие траверсы. Траверсы ТИЛ–35 монтируются на железобетонных стойках опор СНВ–7–1. Траверса состоит из трех опорно-стержневых полимерных изоляторов, расположенных по отношению друг к другу под углом 120° (трехлучевая звезда). Длина луча 835 мм. Траверса устанавливается с помощью металлического хомута на оголовнике железобетонной опоры. При этом, благодаря расположению одного изолятора (луча) траверсы вертикально вверх достигается: уменьшение длины стойки опоры на 3,4 м (по сравнению со стойкой СВ–164–11,9), масса стойки — на 2 т, сокращение расхода металла — на 150–160 кг. Упрощается технология и сокращаются сроки сооружения ВЛ 35 кВ, повышается грозоупорность и облегчается эксплуатация ВЛ. Опорно-стержневые изоляторы траверсы изготавливаются из стеклопластиковых стержней диаметром 36 мм с трещиностойким покрытием из силиконовой резины К–69. Траверсы ТИЛ–35 рассчитаны на применение во II и III ветровых районах на ВЛ с проводами АС50 — АС95 при длине пролета не более 125 м.

Воздушные линии 35 кВ с траверсами ТИЛ–35 эксплуатируются в системе Мосэнерго и Ростовэнерго с 1979–1980 гг. Результаты обследования этих ВЛ, проведенного в 1982 г. (Мосэнерго) и в 1985 г. (Ростовэнерго), подтвердили эксплуатационную надежность траверс. За время эксплуатации не было отмечено ни одного случая повреждения траверс.

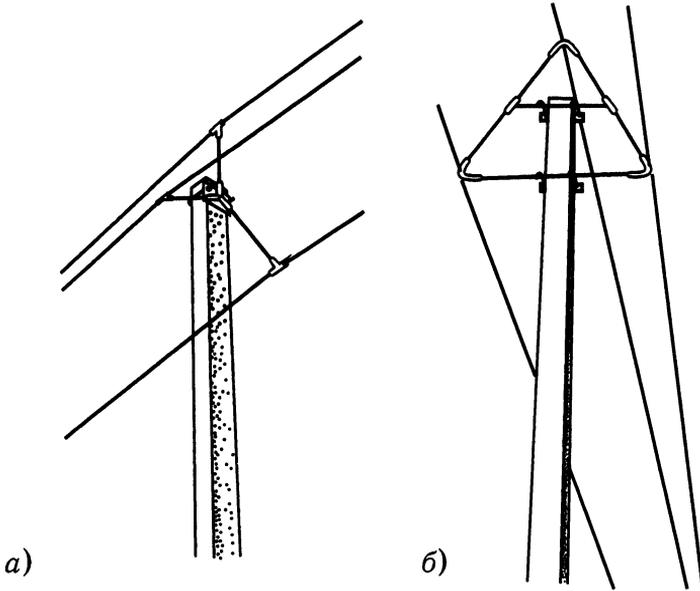


Рис. 2.3.20. Полимерные изолирующие траверсы на линии 10 кВ
а — трехлучевая траверса, б — треугольная траверса

2.3.5. Изоляторы линейные опорно-штыревые ВЛ 6–35 кВ (ГОСТ 8608–79)

К настоящему времени разработаны конструкции фарфоровых линейных опорно-штыревых изоляторов (рис. 2.3.21) на напряжение 10 кВ с отверстием под резьбовой штырь, армированным металлическими колпачками из латуни, цинка и т.п., что соответствует стандартам ANSI, BS и т.д. Такой способ крепления позволяет повысить надежность изоляции линий электропередачи.

Для повышения надежности работы линий электропередачи производится также замена конструкций штыревых изоляторов изоляторами опорно-стержневого или опорно-штыревого типов. Большим преимуществом указанных изоляторов является их высокая надежность в процессе эксплуатации как на деревянных, так и на железобетонных и металлических опорах.

Опорно-стержневые изоляторы целесообразно применять на опорах ВЛ 10 кВ, проходящих в районах, характеризующихся повышенной грозовой деятельностью (40 ч и более в году), загрязненной атмосферой (до VII СЗА включительно), повышенным гололедообразованием (III район по гололеду), а также в зонах обитания крупных птиц, занесенных в Красную книгу.

В табл. 2.3.14 приведены нормы загрузки вагонов изоляторами Южно-Уральского арматурноизоляторного завода.

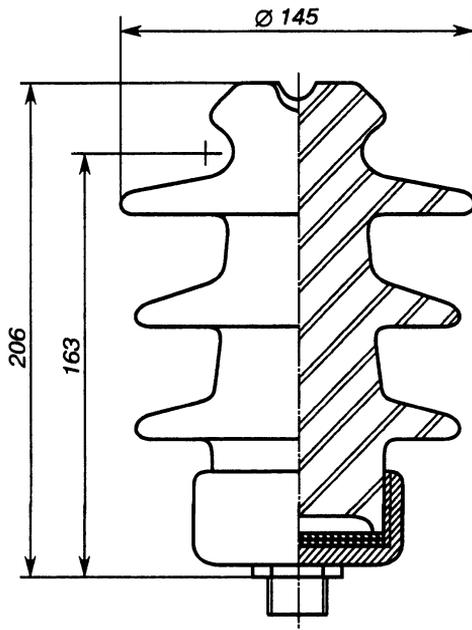


Рис. 2.3.21. Изолятор опорно-штыревой типа ОСФ-10

Таблица 2.3.14. Нормы загрузки вагонов изоляторами Южноуральского арматурно-изоляторного завода, в шт.

Наименование изоляторов	Решетка	Контейнер		Вагонная норма
		3 тн	5 тн	
ШФ-10Г	360	720	1080	11160
ШФ-20Г	180	360	720	5580
ТФ-20	640	3200	6400	57600
ПС-70Е	175	500	1000	6125
ПС-120Б	175	500	1000	6125
ПС-40	378			13230
ПС-160Д	100	200	400	3500
ПС-210В	80			2720
ПС-300В	64	128	192	1984
ИОР-10-750*	432	864	1728	13392
ШФУ-10Г	245			7595
ПСД-70Е	100	200	400	3300

* для распределительных устройств

2.4. Линейная арматура для ВЛ 0,4–35 кВ с неизолированными проводами

2.4.1. Арматура для крепления штыревых изоляторов на деревянных опорах ВЛ 0,4–35 кВ (ГОСТ 13276–79)

Линейной арматурой называются металлические и изолирующие детали, предназначенные для крепления изоляторов и изолирующих подвесок к опорам, крепления проводов к изоляторам, соединения проводов между собой и других аналогичных целей. Расширяя это определение, можно еще сказать, что линейная арматура — специальные типовые детали, предназначенные для соединения изоляторов в гирляндах, подвески гирлянд на опорах ВЛ 6–35 кВ, соединения проводов между собой, крепления защитной арматуры на проводах и изоляторах. Изделия линейной арматуры изготавливаются по специальным стандартам применительно к конкретным типам изоляторов и проводов.

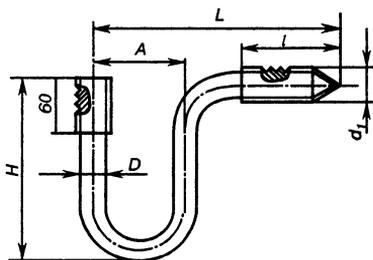


Рис 2.4.1. Крюк КН-16 (КН-18) для изоляторов до 1 кВ

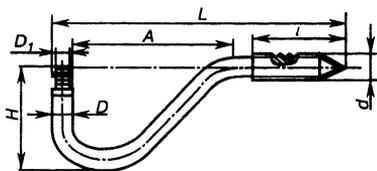


Рис 2.4.2. Крюк К-22 — КК-24 для изоляторов 6–10 кВ

Штыревые изоляторы крепятся к опорам ВЛ напряжением 0,4 и 6–10 кВ с помощью крюков (рис. 2.4.1 ... 2.4.3), штырей (рис. 2.4.4 ... 2.4.7.), крюков-болтов (рис. 2.4.10. и 2.4.11). В табл. 2.4.1. ... 2.4.9 соответственно приведены краткие технические сведения о крюках и штырях 6–10 кВ.

Крюки служат для крепления изоляторов непосредственно к деревянным опорам, штыри — к траверсам деревянных или железобетонных опор. Крюки изготавливаются по ТУ 34–72–767–85 и ГОСТ 17783–72 типов КН-12 — КН-25, штыри — типов Ш11 — Ш24. Цифра после обозначения типа штыря или крюка означает их диаметр.

Штыри для ВЛ 6–10 кВ изготавливаются трех типов: Ш — для крепления изолятора на траверсах и накладках промежуточных опор, ШУ — усиленный для крепления изолятора на накладках, траверсах и оголовках промежуточных, анкерных угловых и концевых опор, ШВ — верхушечный для крепления изолятора у торца стойки опоры. Штыри имеют диаметры 11 — 24 мм.

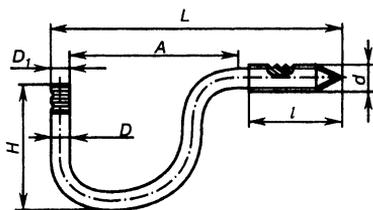


Рис 2.4.3. Крюк КЮ-25
для изоляторов ШФ 20 В

Штыри Ш рассчитаны на разрушающую нагрузку 1–10 кН (ГОСТ 18381–80).

О штырях, применяемых на ВЛ до 1000 В, краткие сведения приведены на рис. 2.4.8. и табл. 2.4.6., а для подвесных крюков — на рис. 2.4.9. и табл. 2.4.8.

Таблица 2.4.1. Крюки стальные (ТУ 34–72–767–85)

Тип крюка	Напряжение, кВ	Тип изолятора	Разрушающая нагрузка, кН		Размеры, мм							Масса, кг
			вертикальная	горизонтальная	D	D ₁	H	L	A	d	l	
КН-16	0,4	НС-16	120	52	16	16	140	320	180	16	60	0,5
КН-18	0,4	НС-18	165	66	18	18	140	320	180	18	60	0,6
К-22	6–10	ШС10-А,	1,43	1,78	22	22	165	395	250	26	100	1,7
К-25	6–10	ШС10-Г, ШФ10-Г	1,63	1,84	25	22	165	495	350	29	100	2,5
КК-22	6–10	ШС10-Г,	1,53	1,12	22	22	200	476	230	—	—	3,2
КК-24	6–10	ШФ10-Г	2,00	1,38	24	22	200	567	260	—	—	4.5
КЮ-25	20	ШФ20-В	1,63	1,48	25	25	210	445	300	29	100	2,3

Примечание: Изолятор ШФ 20-В приведен для использования (по опыту Мосэнерго) на ж.б. опорах ВЛ 6–10 кВ. Эти опоры по сравнению с деревянными имеют пониженные качества для работы изоляции. Вместе с этим изоляторы ШФ 20-В рекомендуется использовать на заземленных конструкциях в РУ 6–10 кВ, например, в распределительных пунктах открытого исполнения, составленного из оборудования серии КРУ, КРУН и др.

Таблица 2.4.2. Выбор типоразмеров крюков в зависимости от типов изоляторов

Типоразмеры крюков	Изоляторы типа
КН-12	ТФ-12
КН-16	ТФ-16; НС-16
КН-18; КН-20; КН-22; КН-25	ТФ-20 НС-18

Пример условного обозначения крюка для изолятора низкого напряжения исполнения 1, диаметром 16 мм:

«Крюк КН-16 ГОСТ 17783–72»

1. Штыри стальные для изоляторов воздушных линий электропередачи напряжением 6–10 кВ (ГОСТ 18381–80).

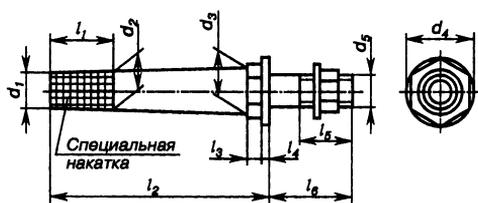


Рис. 2.4.4.

Штырь для изоляторов 6–10 кВ

Предназначены для крепления фарфоровых и стеклянных штыревых изоляторов на деревянных и металлических траверсах, оголовках и у торцев стоек опор воздушных линий электропередачи.

Штыри в зависимости от назначения изготавливаются следующих типов:

Ш — штырь для крепления изолятора на траверсах и накладках промежуточных опор;

ШУ — штырь усиленный для крепления изолятора на накладках, траверсах и оголовках промежуточных, анкерных, угловых и конечных опор;

ШВ — штырь верхушечный для крепления изолятора у торца стойки опоры.

Таблица 2.4.3. Штыри стальные (ГОСТ 18381–80)

Тип штыря	Размеры, мм										Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5		
Ш-20-1-55	20	20,7	23	37	M20	45	175	10	40	55	2,0	0,74
Ш-20-1-100				37						100		0,85
Ш-20-1-125				60						125		1,05
Ш-20-1-160				60						160		1,13
Ш-20-1-180				60						180		1,18
Ш-20-2-55	20	20,7	24	37	M20	45	195	10	40	55	2,0	0,82
Ш-20-2-100				37						100		0,93
Ш-20-2-125				60						125		1,13
Ш-20-2-160				60						160		1,22
Ш-20-2-180				60						180		1,27
Ш-22-55	22	27,6	36	48	M22	76	175	12	40	55	10,0	1,27
Ш-22-80				48						80		1,34
Ш-22-100				48						100		1,40
Ш-22-125				65						125		1,62
Ш-22-200				65						200		1,84
Ш-24-55	24	29,2	38	48	M24	72	195	12	40	55	10,0	1,56
Ш-24-80				48						80		1,65
Ш-24-100				48						100		1,72
Ш-24-125				70						125		2,00
Ш-24-200				70						200		2,27

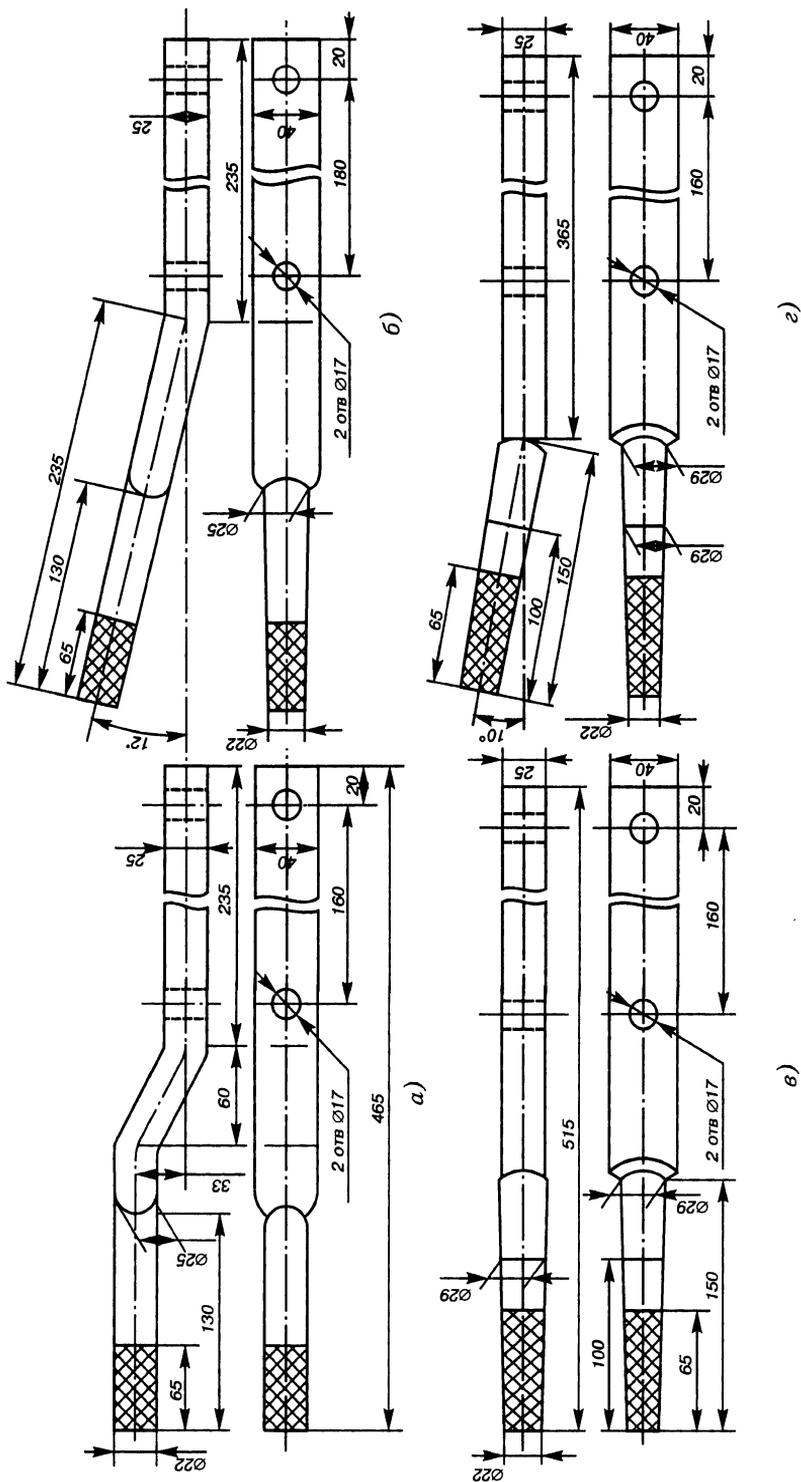


Рис. 2.4.5.
 Основные размеры верхушечных штырей типовармеров:
 а) ШВ-22-1; б) ШВ-22-2; в) ШВ-22-3; г) ШВ-22-4

Таблица 2.4.4. Выбор типоразмеров верхушечных штырей в зависимости от типов изоляторов, материала траверсы и типа опор

Типоразмеры штырей	Применяемость штырей	
	Изоляторы типа	Материал траверсы и тип опоры
ШВ–22–1	ШС10–А ШС10–В ШФ10–Г	Деревянные стойки промежуточных опор
ШВ–22–2	ШС10–А ШС10–В ШФ10–Г	Деревянные стойки анкерных, угловых и концевых опор
ШВ–22–3	ШС10–А ШС10–В ШФ10–Г ШФ20–В	Деревянные стойки промежуточных опор
ШВ–22–4	ШС10–А ШС10–В ШФ10–Г ШФ20–В	Деревянные стойки анкерных, угловых и концевых опор

Пример условного обозначения штыря верхушечного для крепления изолятора у торца стойки опоры, с диаметром верхнего конца 22 мм, исполнения 4:

«Штырь ШВ–22–4 ГОСТ 18381–80»

То же, усиленного для металлической траверсы с диаметром верхнего конца 22 мм, исполнения 2:

«Штырь ШУ–22–2 ГОСТ 18381–80»

То же, для деревянной траверсы, с диаметром верхнего конца 22 мм, исполнения 1:

«Штырь ШУ–22–1 ГОСТ 18381–80»

2. Стекланный штырь типа СИ 10–1.

Предназначен для крепления стекланных изоляторов типа ШС10–А, ШС10–В на металлических траверсах промежуточных железобетонных опор воздушных линий электропередачи напряжением 6–10 кВ.

Применение стекланных штырей предусматривается проектом повторного применения архив. № 05798 «Железобетонные опоры с составными стекланными изоляторами для воздушных линий электропередачи 6–10 кВ», разработанным институтом «Сельэнергопроект».

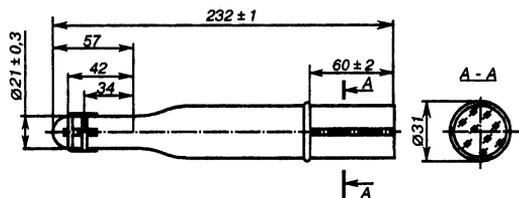


Рис. 2.4.6. Штырь стеклянный типа СИ-10-1 для изоляторов 6-10 кВ

Таблица 2.4.5. Стеклянный штырь для крепления изоляторов на металлических траверсах промежуточных опор ВЛ 6-10 кВ

Тип	Материал	Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
СИ 10-1	Щелочное закаленное стекло	$2,35 \pm 0,35$	0,4

Стеклянные штыри разрешается применять в I-III ветровом и I-IV гололедных районах. При обрыве провода (гололед и др.), когда увеличивается односторонняя нагрузка на штырь, он может не выдержать этой нагрузки и разрушиться.

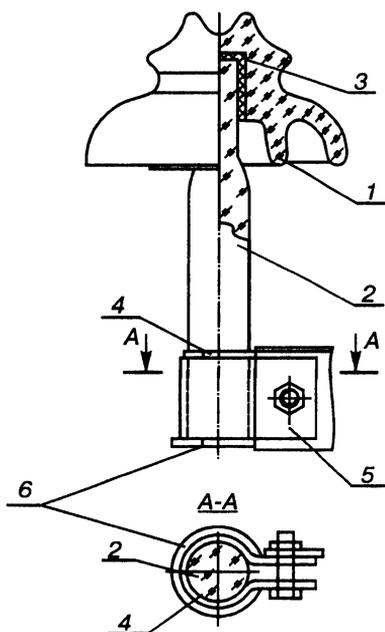


Рис.2.4.7.

Схема монтажа стеклянного изолятора ШС10-А на стеклянном штыре СИ10-1 и крепление штыря в зажиме траверсы

- 1 — изолятор типа ШС10-А;
- 2 — штырь типа СИ10-1;
- 3 — колпачок типа К-7;
- 4 — алюминиевая прокладка;
- 5 — зажим траверсы опоры;
- 6 — подпятник.

3. Штыри стальные для изоляторов воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ (ГОСТ 14164-80).

Крепление штырей к металлическим траверсам разрешается выполнять методом сварки.

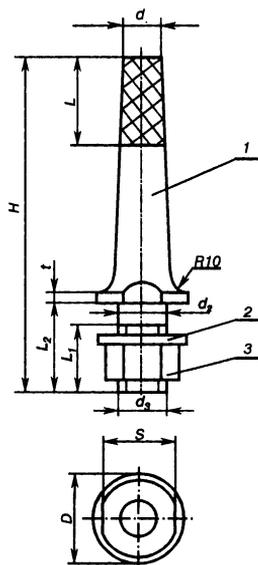


Рис. 2.4.8.

Штырь типа С (типа Д)
для изоляторов до 1 кВ

1 — штырь; 2 — шайба; 3 — гайка

Штыри для металлических траверс комплектуются одной гайкой по ГОСТ 2524–70 и шайбой по ГОСТ 11371–78.

Штыри для деревянных траверс комплектуются одной гайкой по ГОСТ 2524–70 и двумя шайбами по ГОСТ 6958–78.

В обозначениях штырей буквы означают:

С — стальная траверса;

Д — деревянная траверса;

П — промежуточная опора;

цифры: 16; 14; 12 — диаметр верхнего конца штыря.

Пример условного обозначения штыря для стальных траверс анкерных опор с диаметром верхнего конца штыря 14 мм:

«Штырь С–14 ГОСТ 14164–80»

Таблица 2.4.6. Штыри для ВЛ 0,4 кВ

Типоразмеры штырей	Размеры, мм										Расчетная масса компл. штыря, кг, не более
	d_1	d_2	d_3	D , не менее	H	t	L	L_1	L_2	S	
С–16	16	30	М24	40	155	5	35	25	35	36	0,85
С–14	14	23	М20	35	135	4	35	25	35	30	0,60
С–12	12	16	М16	28	115	3	30	25	35	24	0,35
С–16п	16	18	М16	28	155	4	35	25	35	24	0,40
С–14п	14	16	М16	26	135	3	35	25	35	24	0,30
Д–16	16	30	М24	40	240	5	35	40	120	36	1,10
Д–14	14	23	М20	35	220	4	35	40	120	30	0,75
Д–12	12	16	М16	28	200	3	30	40	120	24	0,45
Д–16п	16	18	М16	28	240	4	35	40	120	24	0,50
Д–14п	14	16	М16	26	220	3	35	40	120	24	0,40

Таблица 2.4.7. Выбор типоразмеров штырей (типа С и Д) в зависимости от типов изоляторов, материала траверс и типа опор

Типоразмеры штырей	Применяемость штырей	
	Изоляторы типа	Материал траверсы и тип опоры
С-12	ТФ-12	Металлические траверсы анкерных и промежуточных опор
С-14	ТФ-16; НС-16	Металлические траверсы анкерных опор
С-16	ТФ-20; НС-18	Металлические траверсы анкерных опор
С-14п	ТФ-16; НС-16	Металлические траверсы промежуточных опор
С-16п	ТФ-20; НС-18	Металлические траверсы промежуточных опор
Д-12	ТФ-12	Деревянные траверсы анкерных и промежуточных опор
Д-14	ТФ-16; НС-16	Деревянные траверсы анкерных опор
Д-16	ТФ-20; НС-18	Деревянные траверсы анкерных опор
Д-16п	ТФ-20; НС-18	Деревянные траверсы промежуточных опор

4. Крюки стальные подвесные для штыревых изоляторов 0,4–10 кВ (ГОСТ 7156–80)

Предназначены для крепления штыревых фарфоровых и стеклянных изоляторов на металлических и деревянных траверсах опор воздушных линий связи, а также могут применяться для линий электропередачи напряжением до 1 кВ.

Крюки, в зависимости от назначения, изготавливаются следующих типов:

КПД — крюк для крепления изолятора на деревянной траверсе;

КПС — крюк для крепления изолятора на металлической траверсе.

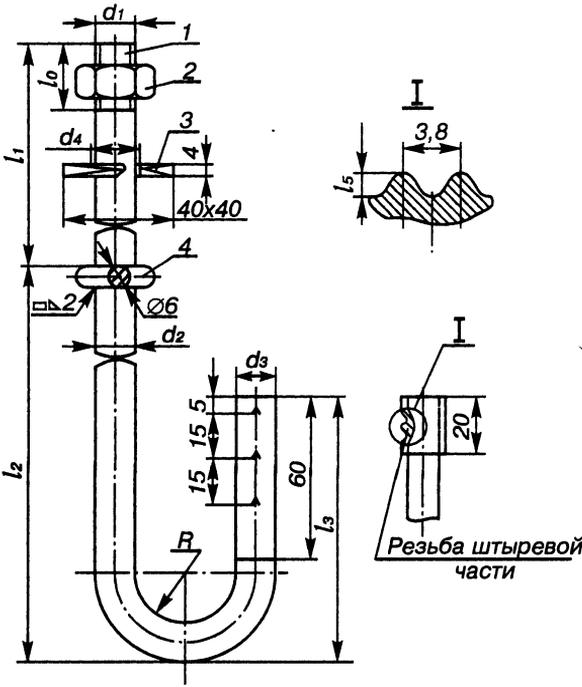
Крюки типов КПД-12 и КПС предназначены для проводов диаметром от 2 до 3 мм;

КПД-16 и КПС-16 — для проводов диаметром от 3 до 4 мм;

КПД-18 и КПС-18 — для проводов диаметром от 4 до 5 мм вкл.

В обозначении типа крюка буквы означают:

К — крюк, П — подвесной, Д — для деревянных траверс, С — для металлических траверс. Цифры означают диаметр крюка.

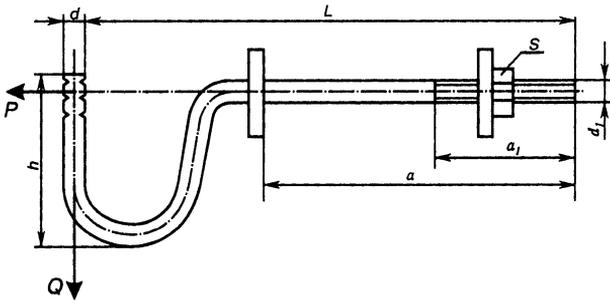


Крепление крюков к металлическим траверсам разрешается выполнять методом сварки. Крюки для металлических траверс комплектуются одной гайкой по ГОСТ 2524–70 и шайбой по ГОСТ 11371–78. Крюки для деревянных траверс комплектуются одной гайкой по ГОСТ 2524–70 и двумя шайбами по ГОСТ 6958–78.

Рис. 2.4.9. Крюк подвесной для изоляторов до 1 кВ.
1 — стержень; 2 — гайка;
3 — шайба (только к крюкам для деревянных траверс); 4 — опорное кольцо

Таблица 2.4.8. Крюки подвесные для ВЛ 0,4 кВ

Типоразмеры крюков	Размеры, мм									Расчетная масса, кг			
	Резьба траверсной части, d_1	d_2	d_3	Внутренний диаметр шайбы, d_4	l_0	l_1	l_2	l_3	R	Крюк с опорным кольцом	гайка		Шайба
											шести-гранная	квад-ратная	
КПД–12 КПС–12	М12	12	12	12,5	20	120	155	85	17	0,345	0,016	0,019	0,047
				—	17	20	195			0,314			—
КПД–16 КПС–16	М16	16	15	16,5	20	122	200	108	20	0,688	0,03	0,036	0,044
				—	17	22	245			0,633			—
КПД–18 КПС–18	М18	18	16	18,5	20	125	220	128	23,5	0,961	0,044	0,054	0,042
				—	17	25	265			0,891			—



Примечания: 1. Крюк-болты рекомендуются к использованию в I и II районах по гололеду. 2. Крюк-болт может быть использован на ж.б. опорах с применением в качестве второго крюка для второго изолятора кронштейна КНБп-18 (рис. 2.4.19), который навинчивается на резьбовую часть крюка-болта с противоположной стороны опоры.

Рис.2.4.10. Крюк-болт для крепления штыревых изоляторов на деревянных опорах ВЛ 0,4 кВ

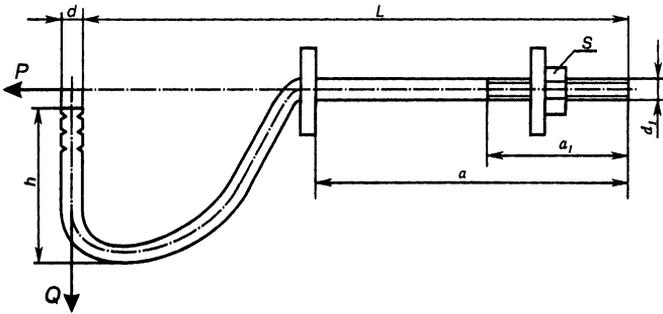


Рис.2.4.11. Крюк-болт для крепления штыревых изоляторов на деревянных опорах ВЛ 6-10 кВ

Таблица 2.4.9. Основные параметры крюков-болтов

Наименование крюка-болта	Размеры, мм							Нагрузка на крюк, кг		Масса, кг
	a	a_1	d	d_1	l	h	резьба гайки	P	Q	
КБ-18 (рис. 2.4.10)	200	90	18	16	315	116	M16	60	45	1,2
	250									
	300									
	350									
КБ-22 (Рис. 2.4.11)	250	90	22	20	325	124	M20	100	70	1,72
	300									
	350									

Примечание: Длина крюка может быть изменена по желанию заказчика.

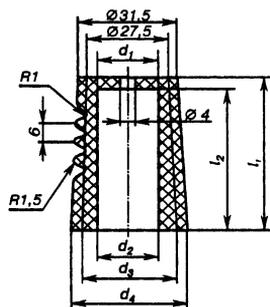


Рис. 2.4.12. Колпачок полиэтиленовый для изоляторов 6–20 кВ

Таблица 2.4.10. Колпачки полиэтиленовые для крепления штыревых изоляторов (ГОСТ 18380–80* с изменением №1 от 06.08.85 г.)

Тип колпачка	Размеры, мм						Масса 100 шт, кг	Испытательная нагрузка, кН	
	d_1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2		вертикаль- ная	горизон- тальная
К-5	17	17,5	28,0	32,0	36	34	1,96	0,625	1,8
К-6	19	19,6	32,9	35,9	43	40	2,25	0,735	2,0
К-7	21	23,9	32,9	35,9	43	40	1,87		3,5
К-8	21	26,3	33,0	36,0	75	72	4,47		10,0
К-9	23	27,9	35,0	38,0	70	67	2,68		10,0

Примечания к табл. 2.2.3 ... 2.2.10: 1. Штыри для ВЛ 6–20 кВ в зависимости от назначения выпускаются двух типов: Ш — штыри для крепления изоляторов на траверсах и накладках промежуточных опор и ШВ — штыри верхушечные для крепления изоляторов к торцам стоек опор.

2. Массы штырей типа Ш указаны в комплекте с гайками и шайбами.

3. Для крепления стеклянных штыревых изоляторов на металлических траверсах промежуточных ж. б. опор ВЛ 6 и 10 кВ выпускаются стеклянные штыри типа СИ10–1 из закаленного щелочного стекла. Разрушающая нагрузка этих штырей — $2,35 \pm 0,35$ кН, а масса — 0,4 кг.

4. Колпачки полиэтиленовые выпускаются в климатическом исполнении УХЛ, категории I по ГОСТ 15150–69* и могут устанавливаться соответственно в районах с температурами от +40 до –60° С.

5. Колпачки К-6, К-7 и К-8 применяются для крепления штыревых изоляторов ШС10–А, ШС10–Г и ШФ10–Г; на штырях Ш-20–1 и Ш-22–2 — колпачки К-6; на штырях Ш-22 и ШВ-22 — колпачки К-7 и К-8. Колпачки К-9 применяются для крепления штыревых изоляторов ШФ20–В на штырях Ш-24.

6. Колпачки К-8 имеют в нижней части утолщение на длине 30 мм с диаметром у основания 48 мм.

7. Срок службы колпачков не менее 15 лет. Гарантийный срок эксплуатации — 3 года со дня ввода в эксплуатацию.

8. Непосредственно перед насадкой на штырь колпачки необходимо разогреть в воде до температуры 70–80° С. Насадку колпачков производят с помощью деревянного молотка.

9. Изоляторы навинчивают на колпачки, насаженные на штырь до отказа, а затем изолятор следует повернуть в обратном направлении на четверть оборота.

10. Для крепления подвесных изоляторов на промежуточных и анкерных деревянных опорах ВЛ 6–10 кВ применяют болт с заварной серьгой диаметром соответственно 16 и 20 мм, имеющий массу 1,8 и 2,0 кг.

[Л 126]

Таблица 2.4.11. Полиэтиленовые колпачки для изоляторов ВЛ 0,4–20 кВ

Тип колпачка	Тип изолятора	Тип штыря (крюка)	Место установки изоляторов
К-5	ТФ-16, НС-16	С-16, С-16п Д-16, Д-16п	Металлические траверсы анкерных и промежуточных опор, деревянные траверсы анкерных и промежуточных опор
	ТФ-20 НС-18	КН-16, КН-18 КН-20, КН-22, КН-25	Стойки деревянных опор Стойки деревянных опор
К-6	ШС-10-А, ШС-10-В, ШФ-10-Г	ШУ-21Д	Деревянные траверсы промежуточных, анкерных, угловых и концевых опор
К-7	ШС-10-А ШС-10-В	Ш-22	Металлические траверсы и накладки промежуточных опор
	ШФ-10-Г ШФ-20-В	Ш-22Д-1, Ш-22Д-2, ШВ-22-1, ШВ-22-2, КВ-22, КВ-25, КВ-28	Деревянные траверсы промежуточных и анкерных опор Стойки деревянных опор
К-8	ШС-10-А, ШС-10-В, ШФ-10-Г, ШФ-20-В	ШУ-21, ШУ-22-1, ШУ-22Д-1, ШВ-22-3, ШВ-22-4	Металлические накладки анкерных, угловых и концевых опор. Деревянные траверсы
К-9	ШС-10-А, ШФ-10-Г, ШФ-20-В	ШУ-22-2, ШУ-22Д-2	Металлические траверсы Деревянные траверсы

2.4.2. Арматура для железобетонных опор ВЛ 0,4–10 кВ.

Арматура и конструкции

Сварные соединения элементов конструкций должны выполняться электродуговой сваркой. Тип электрода выбирается в зависимости от расчетной температуры среды, где будет работать опора, марок использованных сталей в соответствии с ОСТ 34–72–645–83.

Высота сварного шва во всех сварных соединениях должна быть не менее 5 мм.

Арматура должна быть защищена от коррозии.

Разница между номинальным диаметром отверстия и стержнем в детали допускается до 2 мм.

При изготовлении металлоконструкций для крепления подвесной и натяжной изолирующих подвесок в целях сокращения линейной арматуры серъги СРС-7 (рис. 2.4.66) закрепляются на элементах траверс при их изготовлении, т.е. до выполнения электросварки узла их крепления (петель, отверстий и др.).

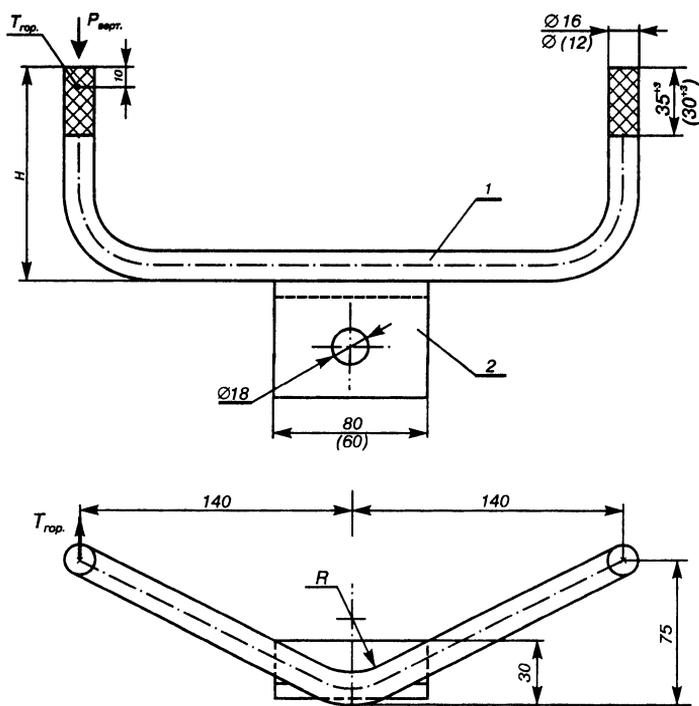
При установке арматуры и конструкций на опоры ВЛ момент затяжки болтов должен быть не менее 100–150 Нм.

Закрепление гаек от раскручивания производится путем забивки резьбы.

Для экономии и снижения числа элементов изолирующих подвесок не допускается изготовление траверс ТМ6, ТМ8, ТМ12, ТМ14–ТМ23, ТМ30 и оголовков марок ОГ2, ОГ6–ОГ8, ОГ10, ОГ12–ОГ15 без приваренных петель (выдержки из типового проекта 3.407.1–143.8, разработанного институтом «Сельэнергопроект» вместо ранее действовавшего типового проекта серии 3.407–101) — см. разделы 2.4.2. и 2.4.3., а также нового проекта 3.407.1–136 для опор ВЛ 0,4 кВ от 1991 года. В данной главе приведена линейная арматура для железобетонных опор ВЛ 0,4–10 кВ, которая соответствует последнему проекту 3.407.1–143, введенному в действие в 1989 году и проекту 3.407.1–136, введенному в действие в 1991 году.

Завод РЭТО Мосэнерго изготавливает по заказам предприятий линейную арматуру для ВЛ 0,4–10 кВ. Изделия завода РЭТО рекомендуются к использованию только в I и II районах по гололеду.

На рис. 2.4.13 ... 2.4.29 приведена арматура для промежуточных железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ, которая в большинстве случаев крепится к опоре болтом (рис. 2.4.13 ... 2.4.19) или же хомутом (рис. 2.4.20 ... 2.4.29).



Примечание.

В скобках указаны размеры для крюка-скобы ДКС-12

Рис. 2.4.13. Крюк-скоба ДКС-16 и ДКС-12
1 — круг, 2 — полоса

Таблица 2.4.12. Крюк-скоба ДКС-16 и ДКС-12

Марка	Н, мм	R, мм	Круг ($L_{раз}$), мм	Полоса, мм	Разрушающая нагрузка, кН		Масса, кг
					$P_{верт}$	$T_{гор}$	
ДКС-16	110 ± 5	30	470	80	0,40	1,55	1.6
ДКС-12	80 ± 5	20	430	80	0,30	0,55	0,62

Примечания:

1. Крюк-скоба рассчитана методом разрушающих нагрузок на совместное действие сил, указанных в табл.2.4.12.
2. Антикоррозийную защиту крюка-скобы выполнять лаком ПФ-171 ГОСТ 15907-70 по грунту ГФ-020 ГОСТ 4056-63* или краской БТ-577 ГОСТ 5631-79 за два раза, а также другими покрытиями по требованию заказчика.
3. Крюк-скоба должна иметь накатку, аналогичную принятой для штырей по ГОСТ 18381-80. Допускается верхние участки крюка-скобы выполнять по ГОСТ 17783-72, исполнение 2.
4. Изготовление крюка-скобы выполнять по ТУ 34-4017-74.

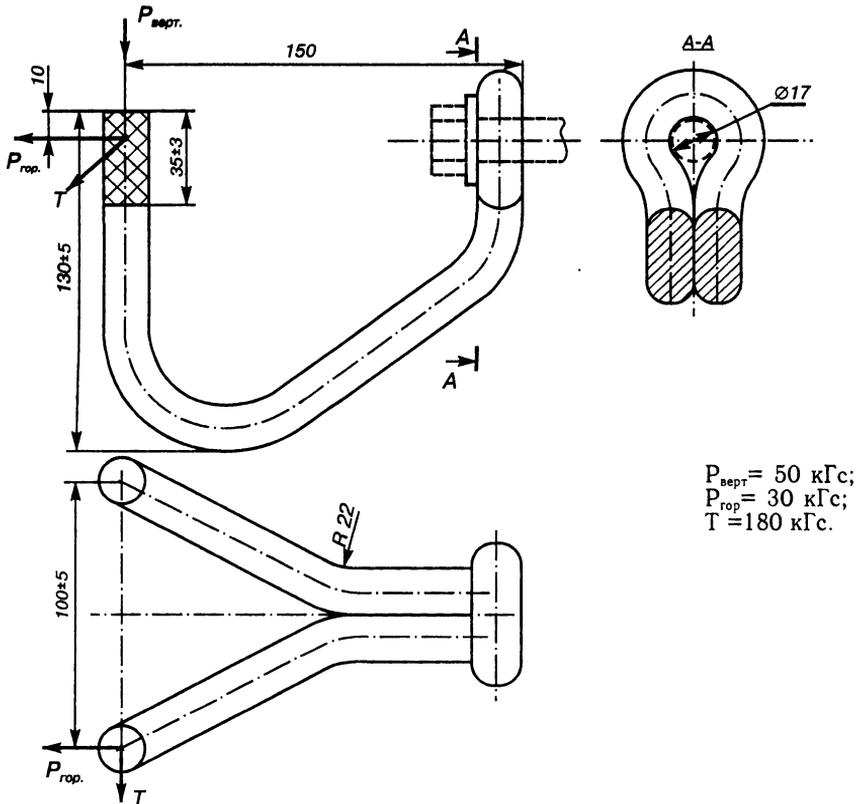


Рис. 2.4.14. Крюк-скоба ДКС-18

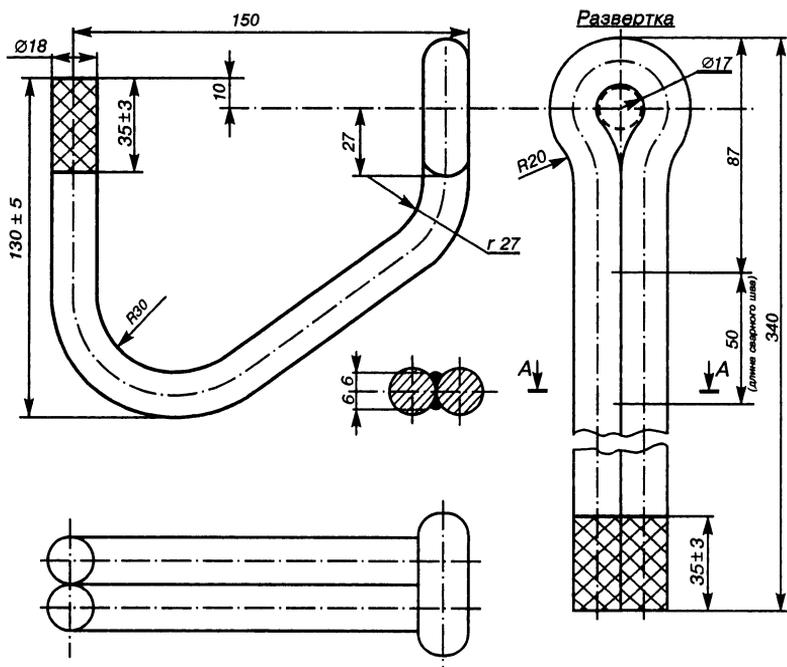
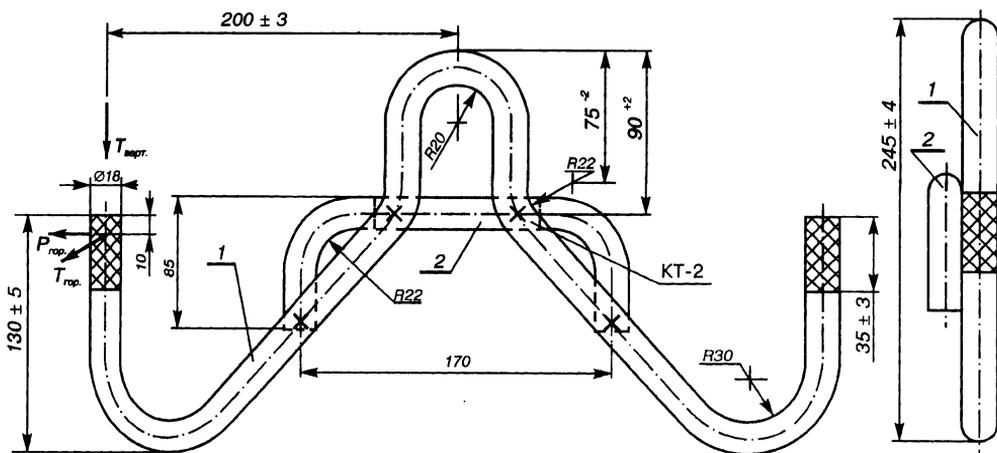


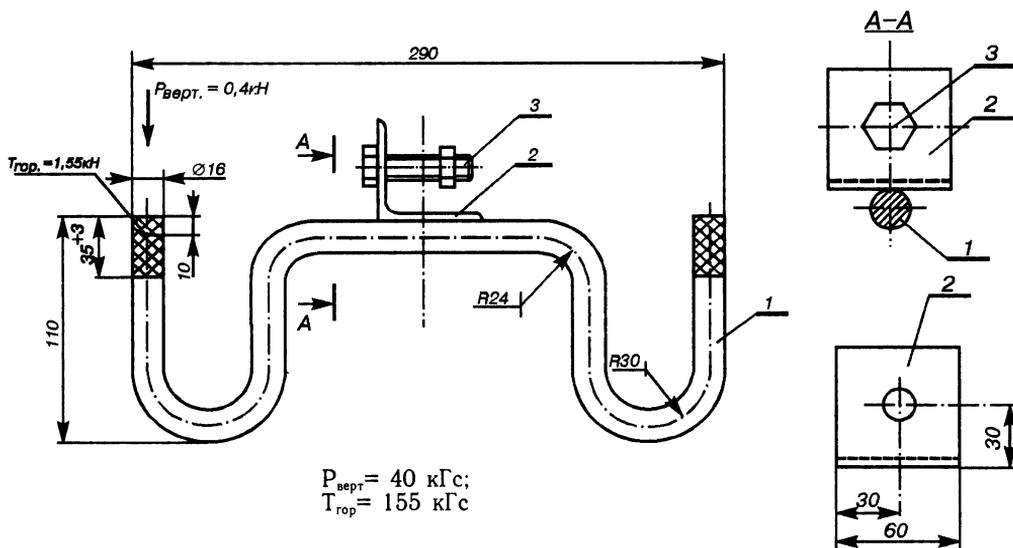
Рис. 2.4.15. Крюк-скоба КС-16



$P_{\text{верт}} = 50 \text{ кгс};$
 $P_{\text{гор}} = 30 \text{ кгс};$
 $T_{\text{гор}} = 200 \text{ кгс}.$

Рис. 2.4.16. Крюк-скоба ДПКС-18.

1 — круг ($l = 925 \text{ мм}$, масса=1,85 кг); 2 — круг ($l = 300 \text{ мм}$, масса=0,6 кг)



Пр и м е ч а н и я: 1. Крюк-скоба рассчитана методом разрушающих нагрузок на совместное действие сил, указанных на рисунке. 2. Антикоррозионную защиту крюка-скобы выполнять лаком ПФ-171 ГОСТ 15907-70 по грунту ГФ-020 ГОСТ 4056-63* или краской БТ-577 ГОСТ 5631-79 за два раза, а также другими покрытиями по требованию заказчика. 3. Крюк-скоба должна иметь накатку, аналогичную принятой для штырей по ГОСТ 18381-80. Допускается верхние участки крюка-скобы выполнять по ГОСТ 17783-72, исполнение 2. 4. Изготовление крюка-скобы выполнять по ТУ 34-4017-74. 5. Сверху выполнять электродом Э-42, ГОСТ 9467-75, высота шва 5 мм.

Рис. 2.4.17. Крюк-скоба ДПКС-16.

- 1 — круг ($l=600$ мм, масса=0,95 кг);
 2 — уголок ($l=60$ мм, масса=0,18 кг);
 3 — болт; 4 — гайка

Арматура, приведенная на рис. 2.4.13 ... 2.4.29, предназначена для промежуточных опор ВЛ 0,4 кВ. Линейная арматура, приведенная на рис. 2.4.23 предназначена для концевых опор ВЛ 0,4 кВ, а на рис. 2.4.26 — для опор на переходах через инженерные сооружения.

Далее приведена группа линейной арматуры для угловых, ответвительных, переходных опор ВЛ 0,4 кВ (рис. 2.4.32 ... 2.4.36). Пояснения приведены на этих рисунках.

На рис. 2.4.34 и 2.4.42 – 2.4.50 приведены переходные опоры:

на рис. 2.4.44 и 2.4.45 — переходные концевые опоры;

на рис. 2.4.46 — переходные анкерные опоры;

на рис. 2.4.47 и 2.4.48 — переходные угловые анкерные опоры;

на рис. 2.4.49 и 2.4.50 — переходные ответвительные опоры.

На рис. 2.4.30 и 2.4.51 приведены надставки ТС3 и ТС6 для увеличения габарита проводов ВЛ на переходах через инженерные сооружения.

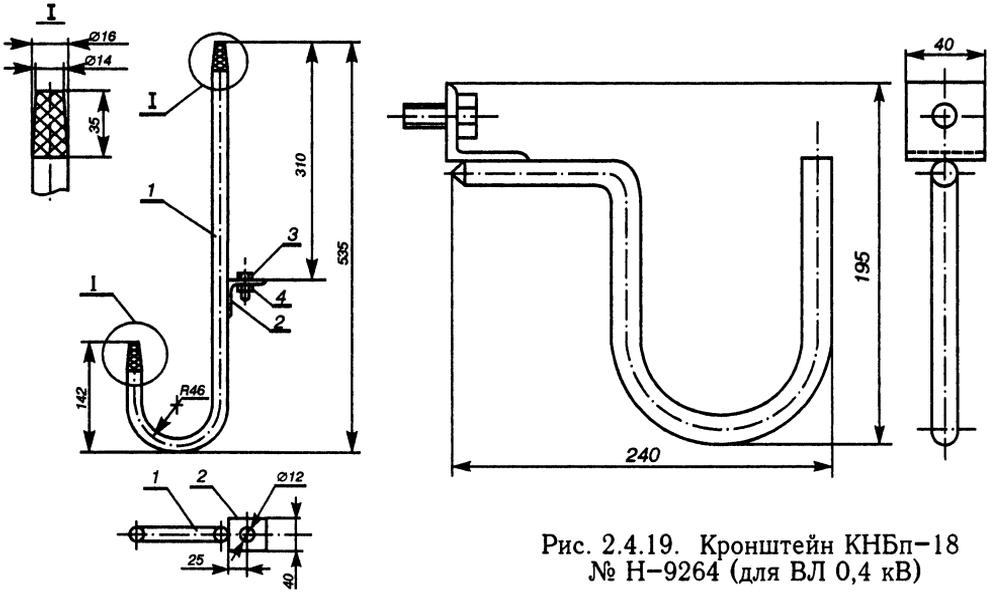


Рис. 2.4.19. Кронштейн КНБл-18 № Н-9264 (для ВЛ 0,4 кВ)

Примечания:

1. Накатка по концам поз.1 по ГОСТ 18381-80.
2. Сварные швы по ОСТ 34 72-645-83.

Рис. 2.4.18. Траверса ТН6 (серия 3.407-136.01.07)

- (1 — круг 16, L=725 мм; 2 — уголок 50x50x1, L=40 мм; 3, 4 — болт и гайка М10)

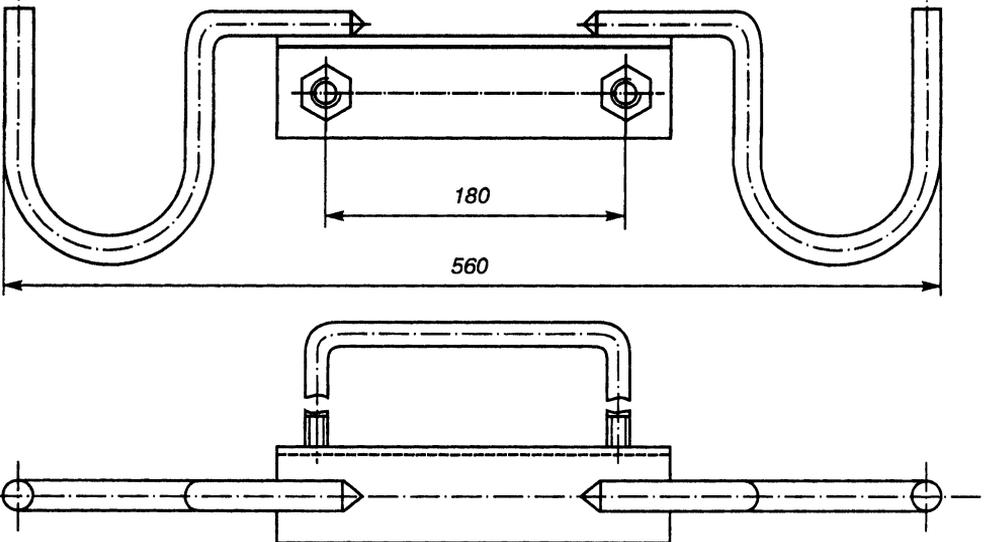
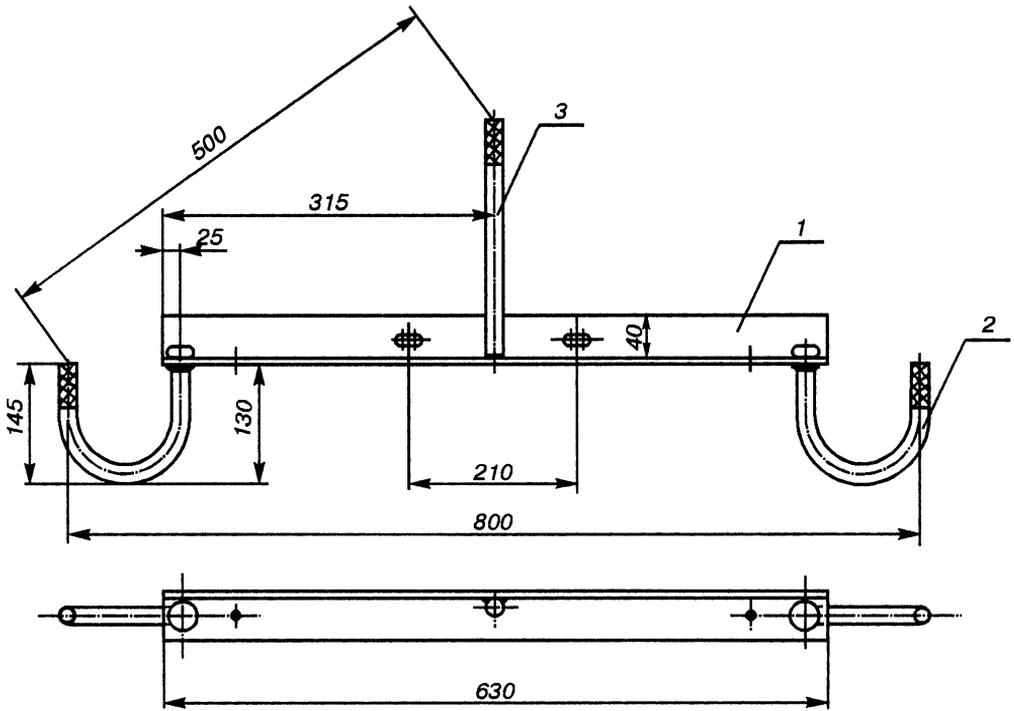


Рис. 2.4.20. Кронштейн типа КНБ-18 № Н-9273 (для ВЛ 0,4 кВ)



Примечания:

1. Накатка на конце поз. 2 и 3 по ГОСТ 18381-80.

2. Допускается приварка поз. 2.

Рис. 2.4.21. Траверса ТН1 (серия 3.407.1-136.01.01)

1 — уголок 50х50х4, L=630 мм; 2 — круг 18, L=355 мм; 3 — круг 18, L=300 мм

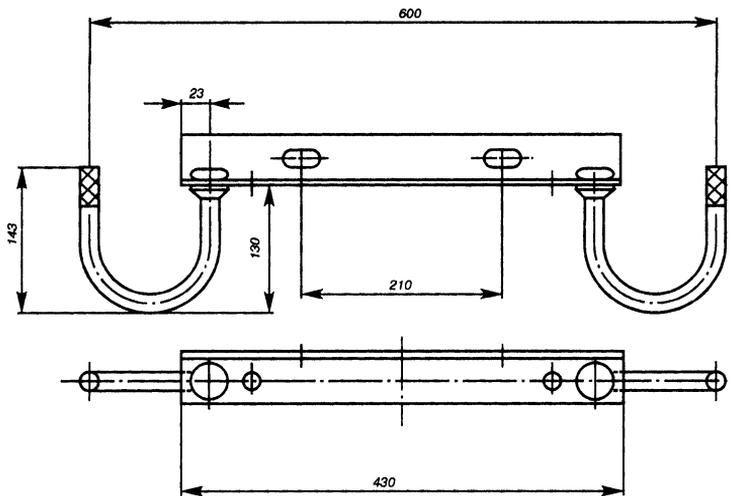


Рис. 2.4.22. Траверса ТН2 (серия 3.407.1-136.01.02)

1 — уголок 50х50х4, L=430 мм; 2 — круг 18, L=355 мм

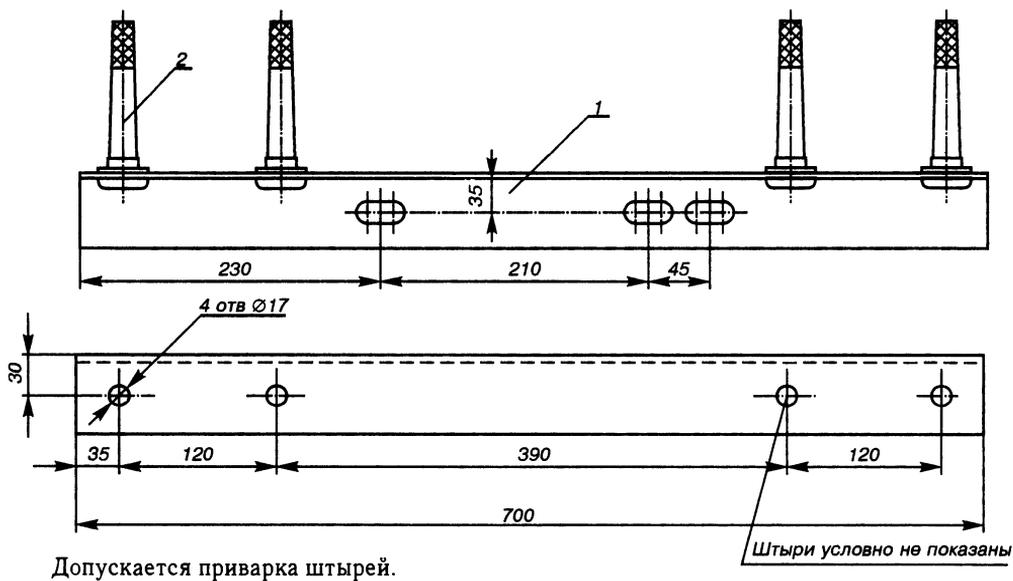


Рис. 2.4.23. Траверса ТН4 (серия 3.407.1–135.08.01)
1 — уголок 63х63х5, L=700 мм; 2 — штырь Ш-16-К-25 ГОСТ 18381–80

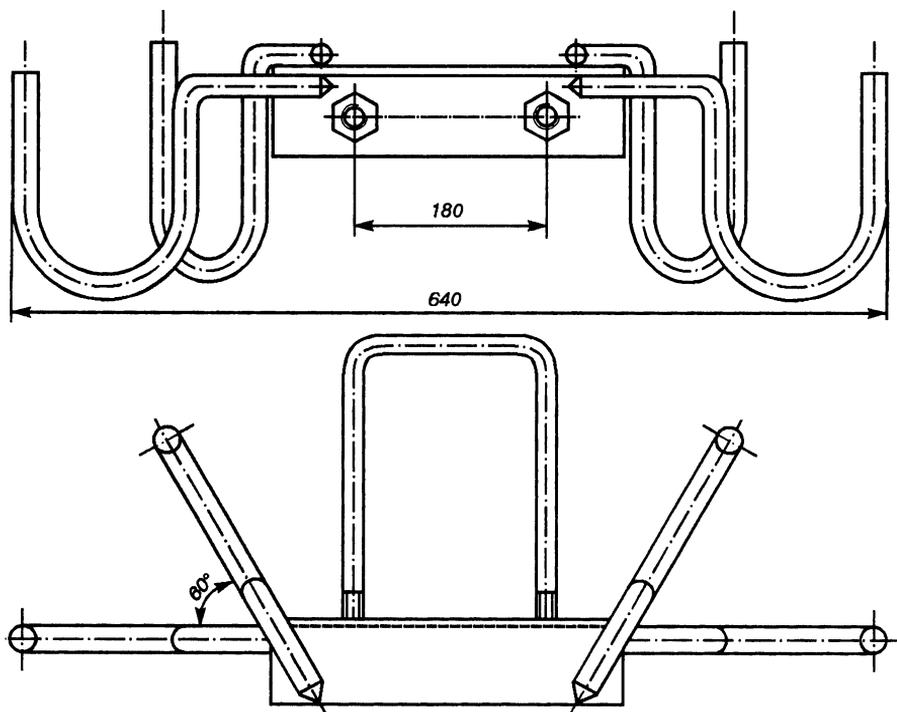


Рис. 2.4.24. Кронштейн типа КНБо-18 № Н-9266 (для ВЛ 0,4 кВ)

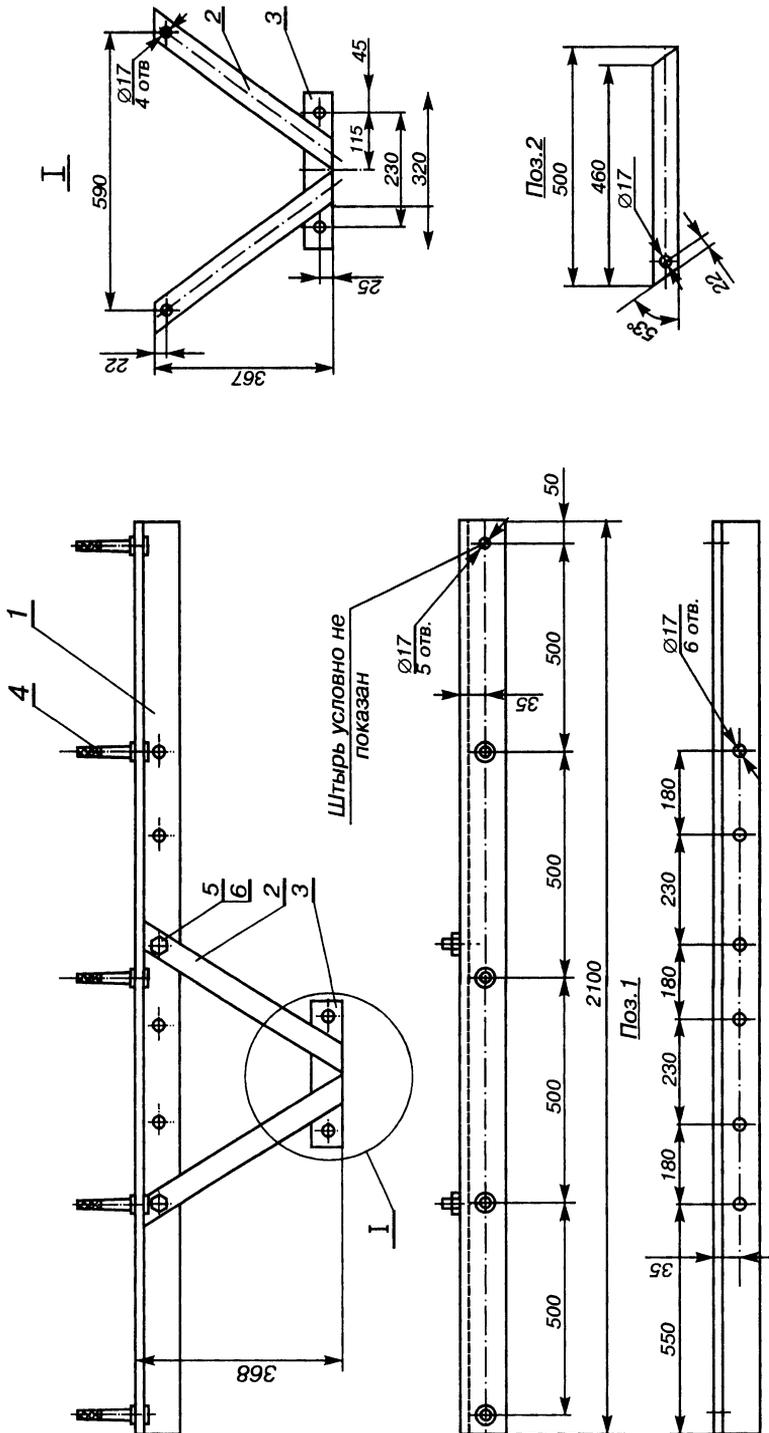
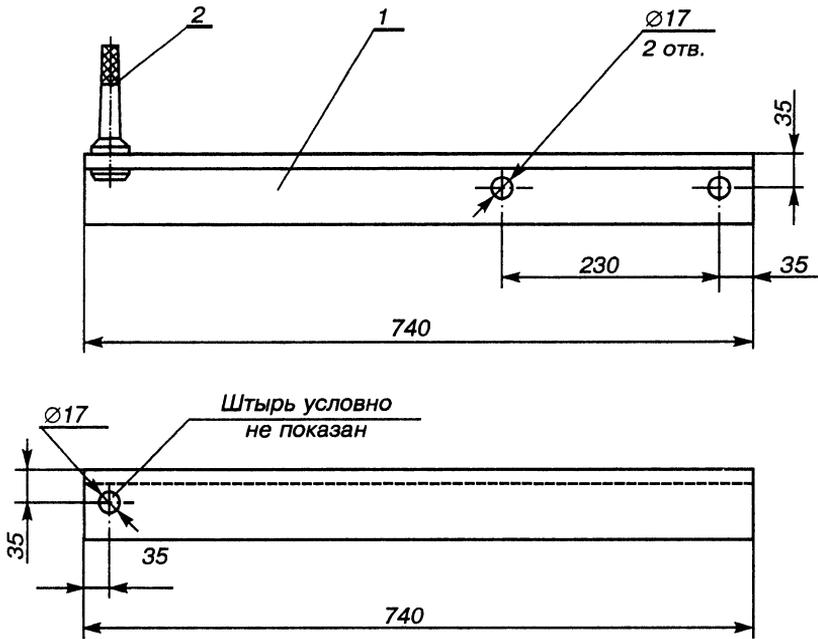


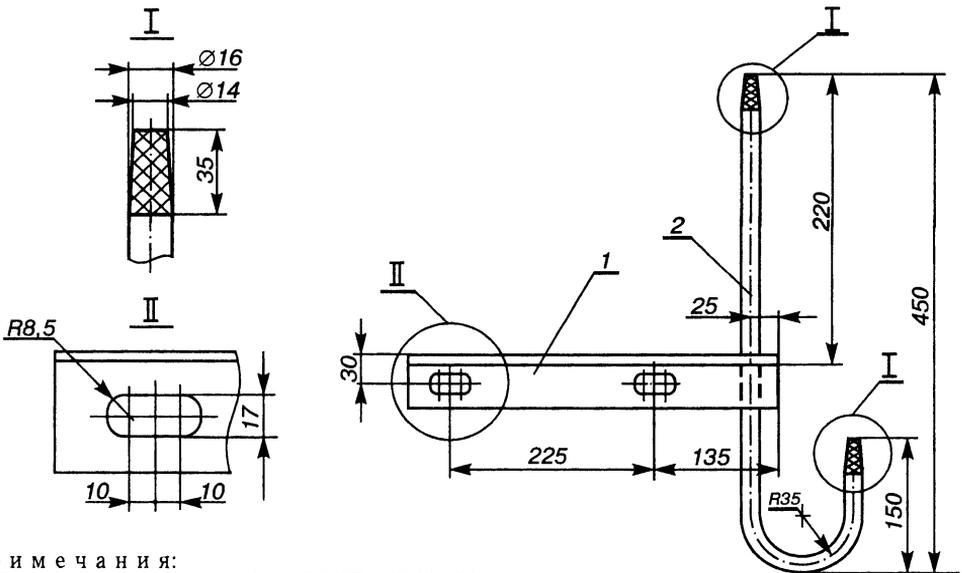
Рис. 2.4.25. Траверса ТН10, ТН11 (серия 3.407.1-136)

- 1 — уголок 70x70x5 (для ТН10), уголок 90x90x7 (для ТН11); 2 — полоса 5x50;
 3 — полоса 5x50; 4 — штырь Ш-16-К-25 ГОСТ 18381-80; 5, 6 — болт и гайка М16



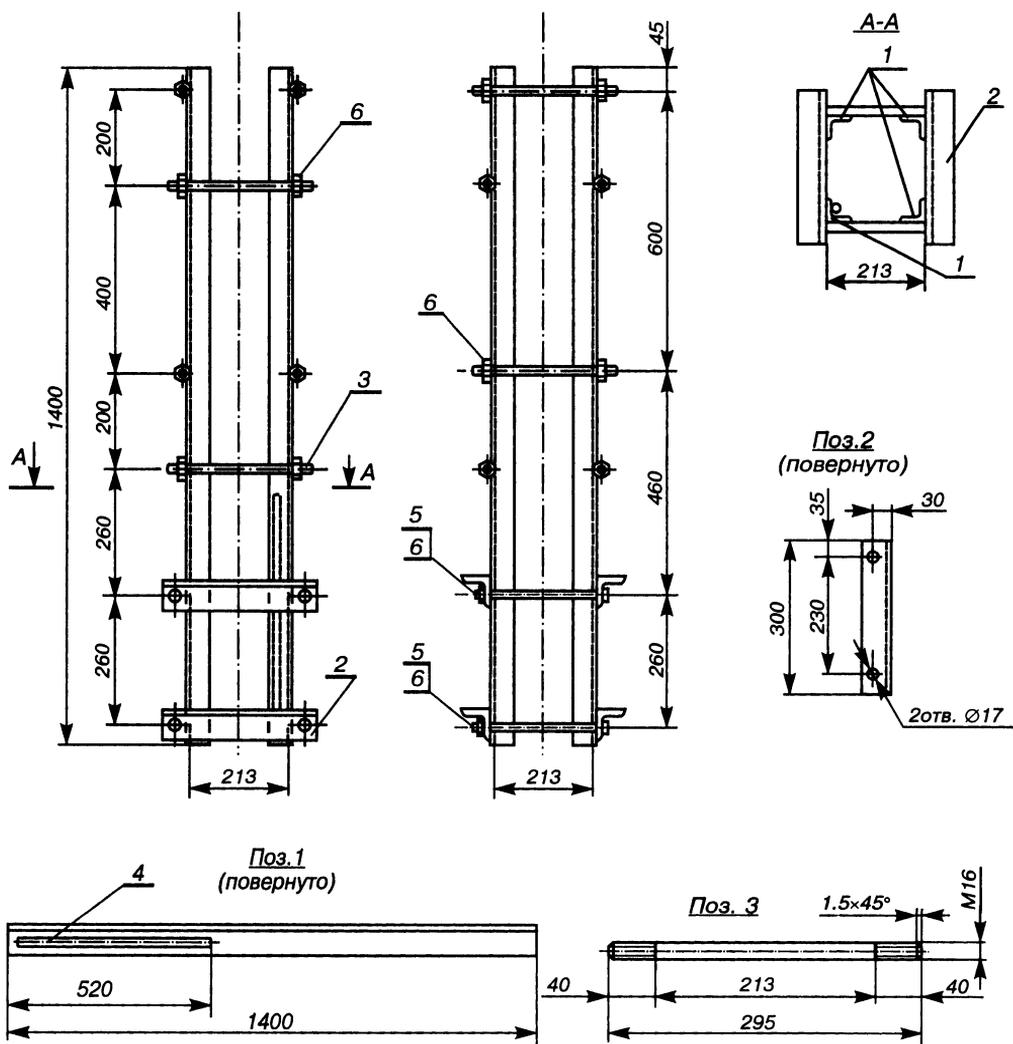
Примечание: Траверса TH13 — зеркальное отражение TH12.

Рис.2.4.28. Траверса TH12 и TH13
1 — уголок 70x70x5; 2 — штырь Ш-16-К-25 Гост 18381-80



Примечания:
1. Накатка по концам поз.2 по ГОСТ 18381-80.
2.Сварные швы по ОСТ 34-72-645-83.

Рис. 2.4.29. Траверса TH3 (серия 3.407.1-136.01.05)
1 — уголок 50x50x4, L=375 мм; 2 — круг 16, L=635



Сварные швы выполнять по ОСТ 34-72-645-83.

Рис. 2.4.30. Надставка ТС-3

1 — уголок 50x50x4, L=1400 мм; 2 — уголок 50x50x4, L=300 мм; 3 — круг 16, L=295 мм;
4 — круг 6, L=500 мм; 5,6 — болт и гайка М16

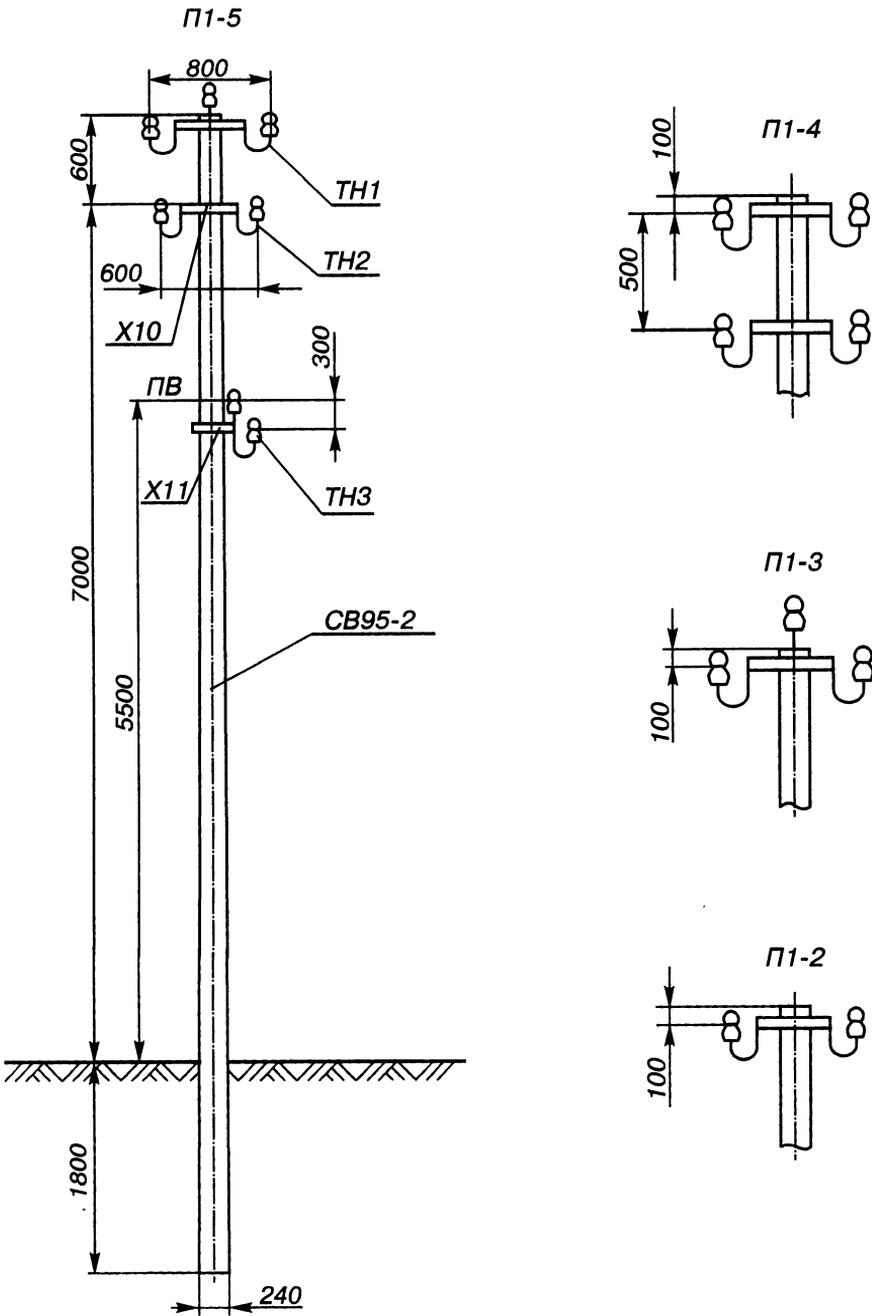
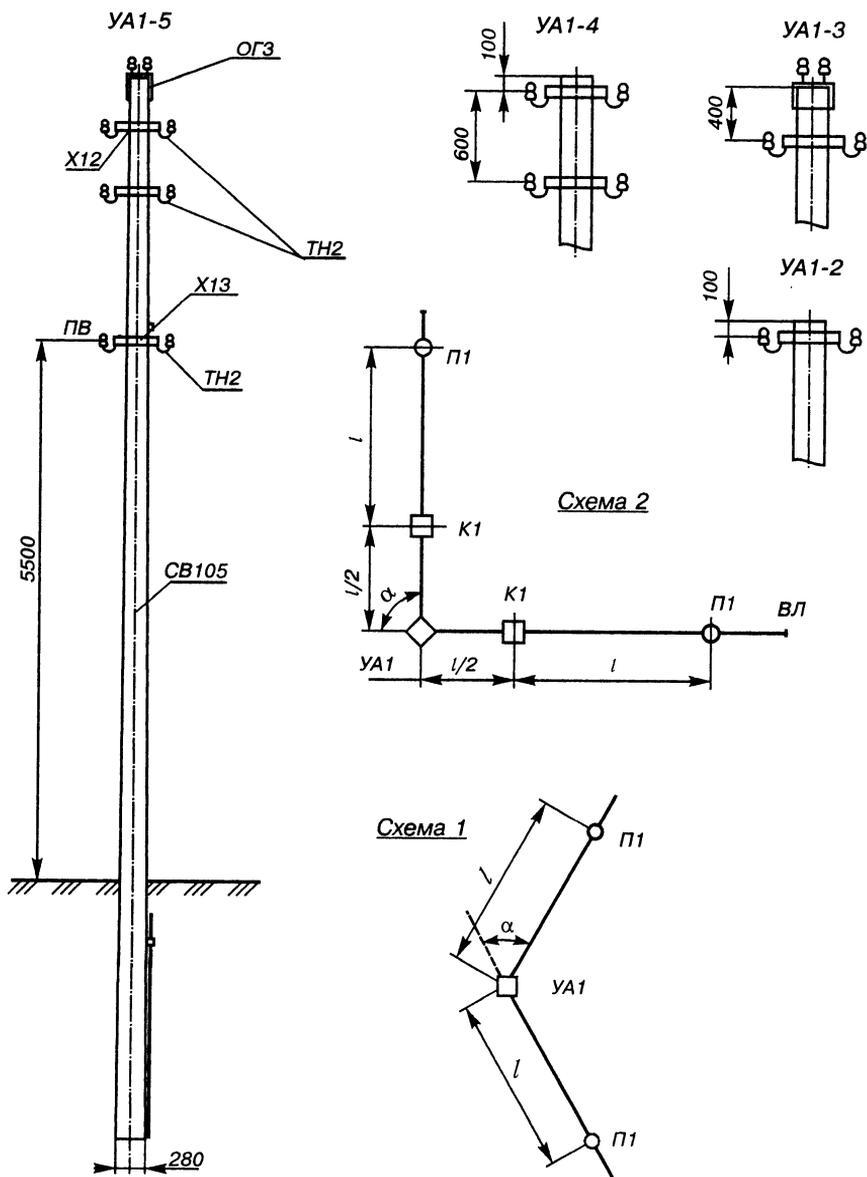


Рис. 2.4.31. Линейная арматура для промежуточных опор П1-5, П1-4, П1-3, П1-2 (серия 3.407.1-136.01.00)

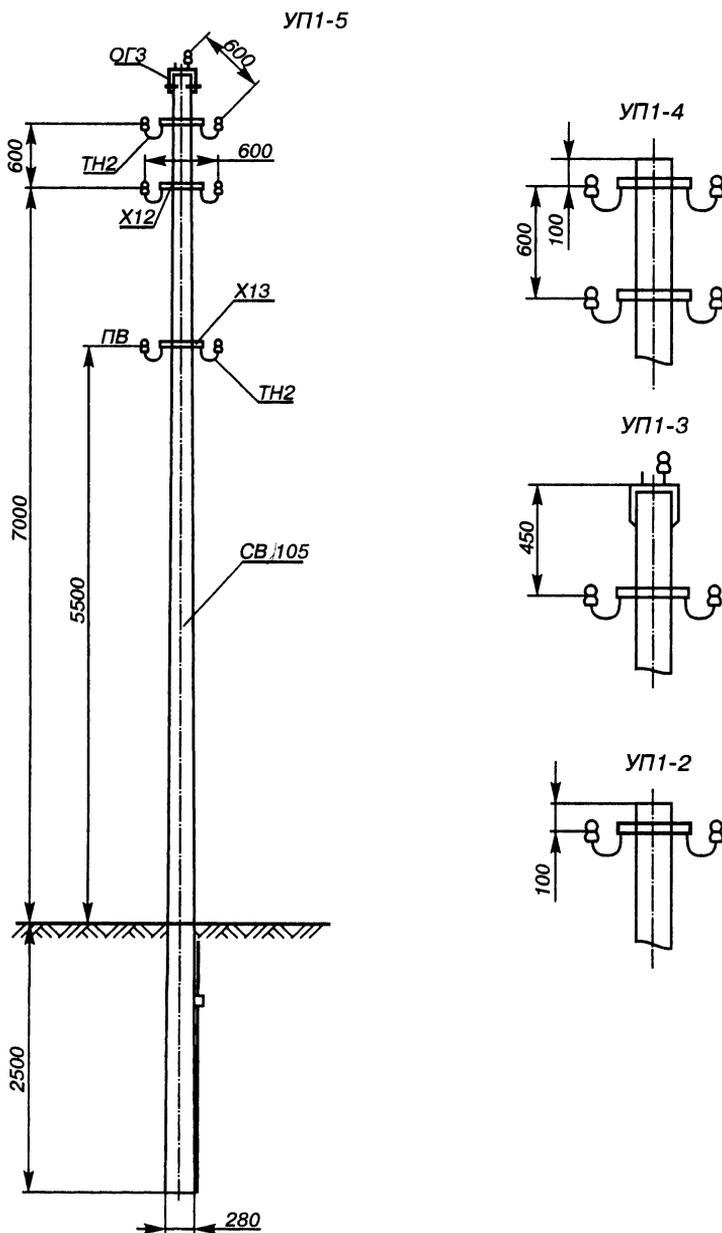
CB95-2 — стойка; TH1, TH2, TH3 — траверсы; X10, X11 — хомуты



Примечания:

1. При углах поворота ВЛ α до 60° для угловых опор УА1 применять схему 1, а при углах 60° – 90° — схему 2.
2. Опора УА1 допускает смену сечений и марок проводов.
3. l — длина пролета.

Рис. 2.4.32. Линейная арматура для угловых анкерных опор УА1–5, УА1–4, УА1–3, УА1–2 (серия 3.407.1–136.05.00)
СВ105 — стойка; ТН2 — траверса; Х12, Х13 — хомуты; ОГЗ — оголовок

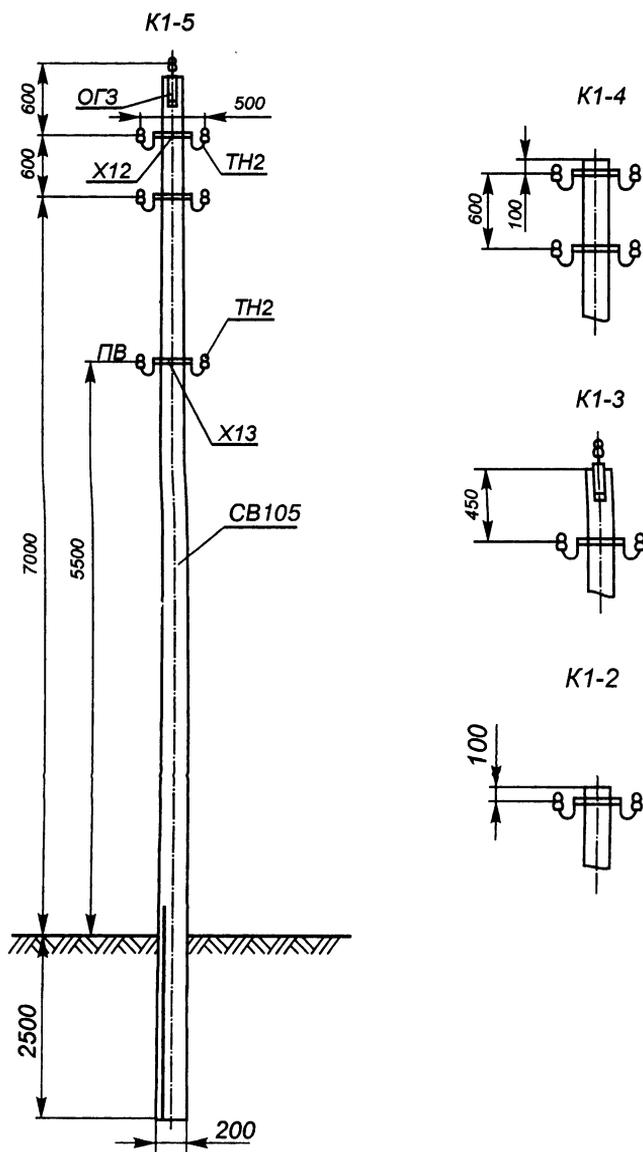


Примечание.

Максимально допустимый угол (α) поворота трассы ВЛ до 45° .

Рис. 2.4.33. Линейная арматура для угловых промежуточных опор УП1-5, УП1-4, УП1-3, УП1-2 (серия 3.407.1-136.03.00)

CB105 — стойка; ТН2 — траверса; X12, X13 — хомуты; ОГ3 — оголовок



Примечание.

При использовании опоры К1 в качестве переходной анкерной опоры (К1п) для 5 проводов монтируют дополнительно две траверсы ТН4, 2 изолятора и 2 колпачка для каждого провода ВЛ.

Рис. 2.4.34. Линейная арматура для переходных опор К1–5, К1–4, К1–3, К1–2 (серия 3.407.1–136.04.00)

СВ105 — стойка; ТН2 — траверса; X12, X13 — хомуты; ОГ3 — оголовок

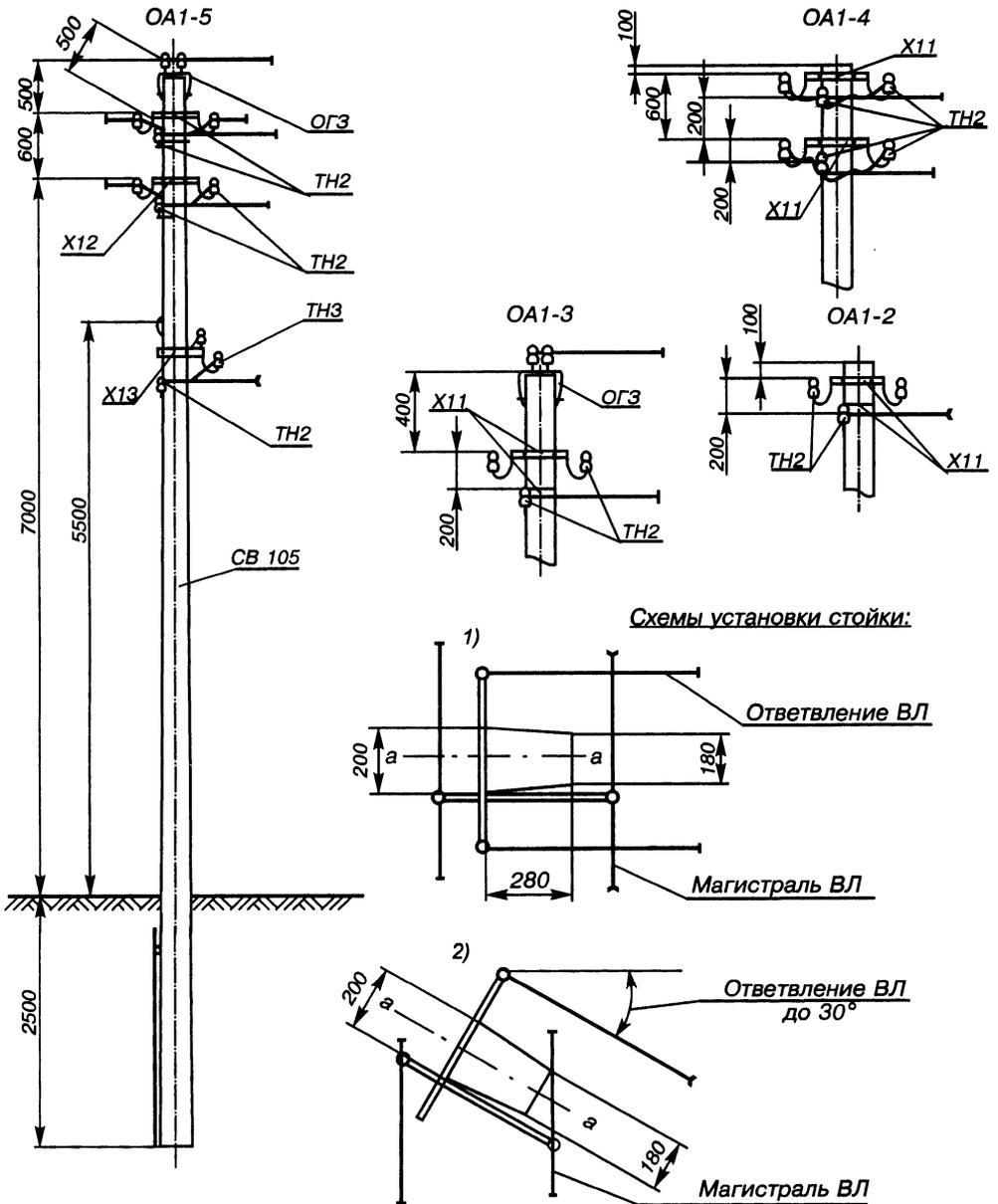


Рис. 2.4.35. Линейная арматура для ответвительных анкерных опор
 OA1-5, OA1-4, OA1-3, OA1-2 (серия 3.407.1-136.04.00)
 СВ105 — стойка; ТН2, ТН3 — траверсы; X11, X12, X13 — хомуты; ОГЗ — оголовок

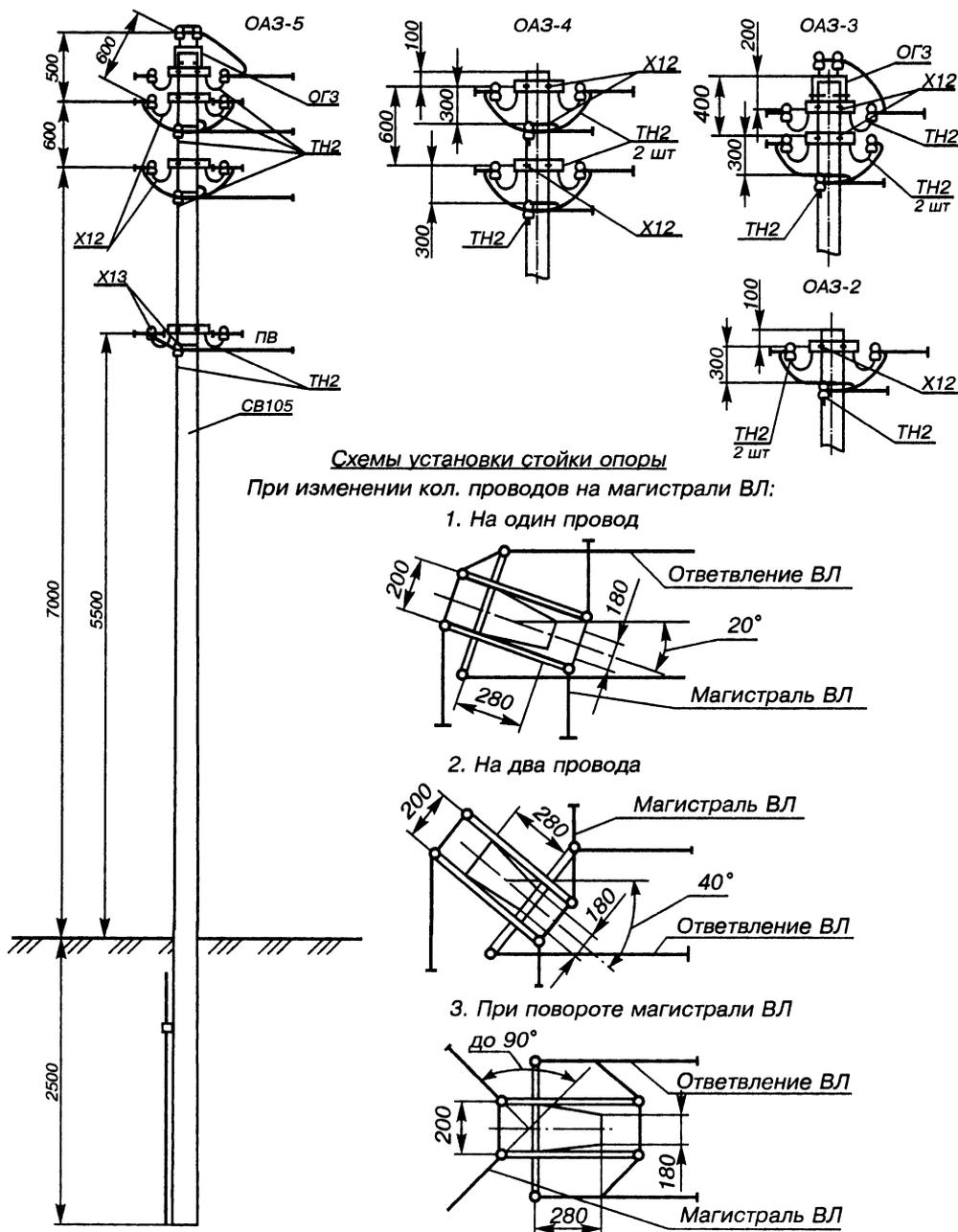


Рис. 2.4.36. Линейная арматура для ответвительных анкерных опор ОА3-5, ОА3-4, ОА3-3, ОА3-2 (серия 3.407.1-136.07.00)

СВ105 — стойка; ТН2 — траверса; X12, X13 — хомуты; ОГ3 — оголовок

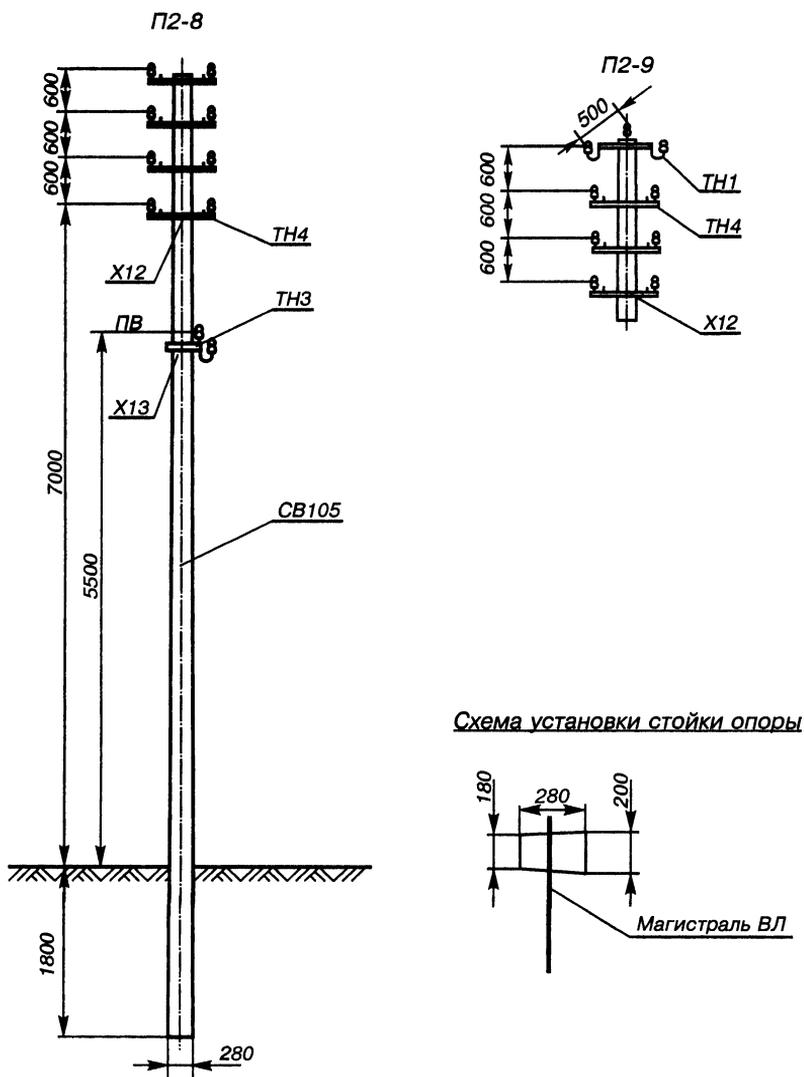
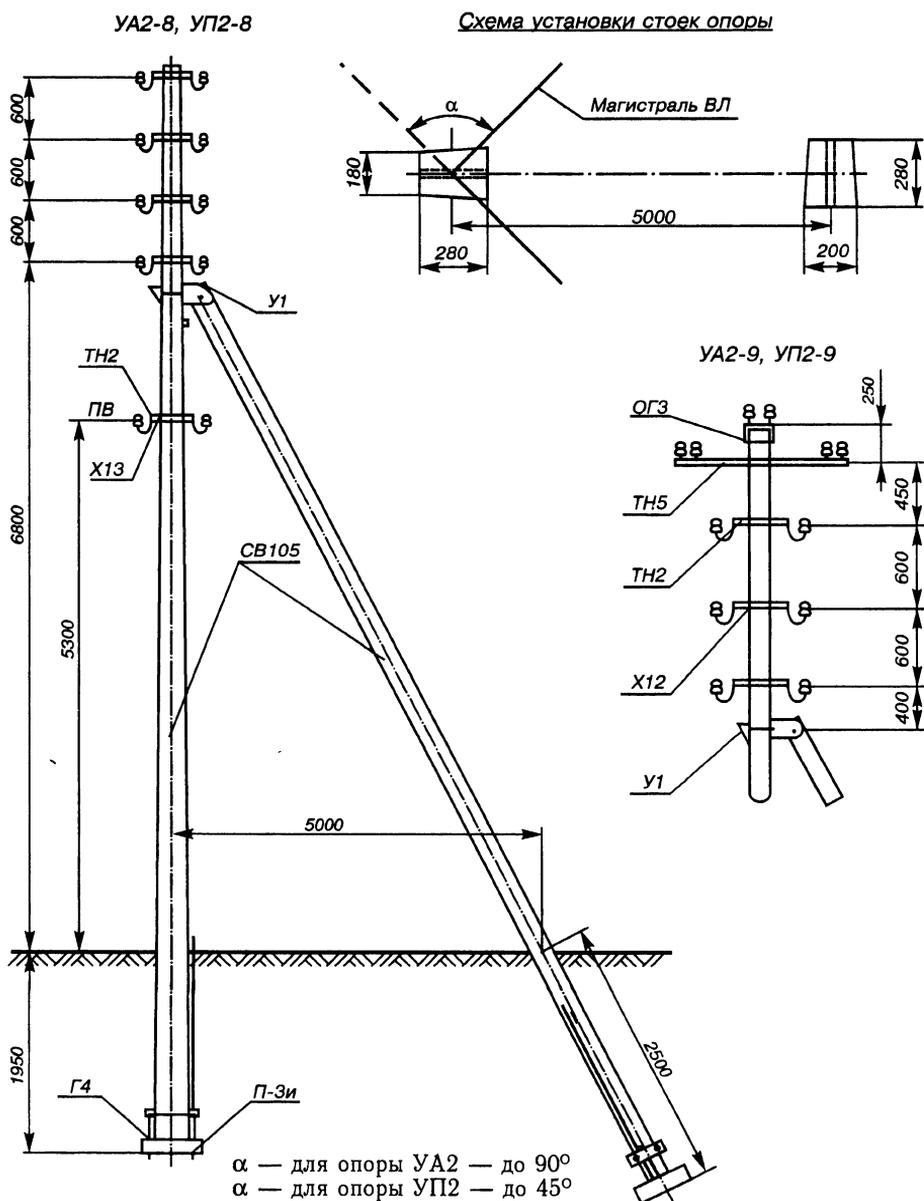


Рис. 2.4.37. Линейная арматура для промежуточных опор П2-8, П2-9 (серия 3.407.1-136.08.00)

СВ105 — стойка; ТН1, ТН3, ТН4 — траверсы; Х12, Х13 — хомуты



Примечания:

1. При подвеске проводов А95 на угловых анкерных опорах следует натянуть с одной стороны 4 провода, затем натянуть все провода с другой стороны и далее закончить монтаж в первом анкерном пролете. 2. Для опоры УП2-8 допускается применение стойки СВ105-3,5.

Рис. 2.4.38. Линейная арматура для угловых анкерных опор УА2-8, УА2-9 и угловых промежуточных опор УП2-8, УП2-9 (серия 3.407.1-136.09.00)

СВ105 — стойка; TH2, TH5 — траверсы; X12, X13 — хомуты; ОГЗ — оголовок; У1 — крепление подкоса; П-3и — плита; Г4 — крепление плиты

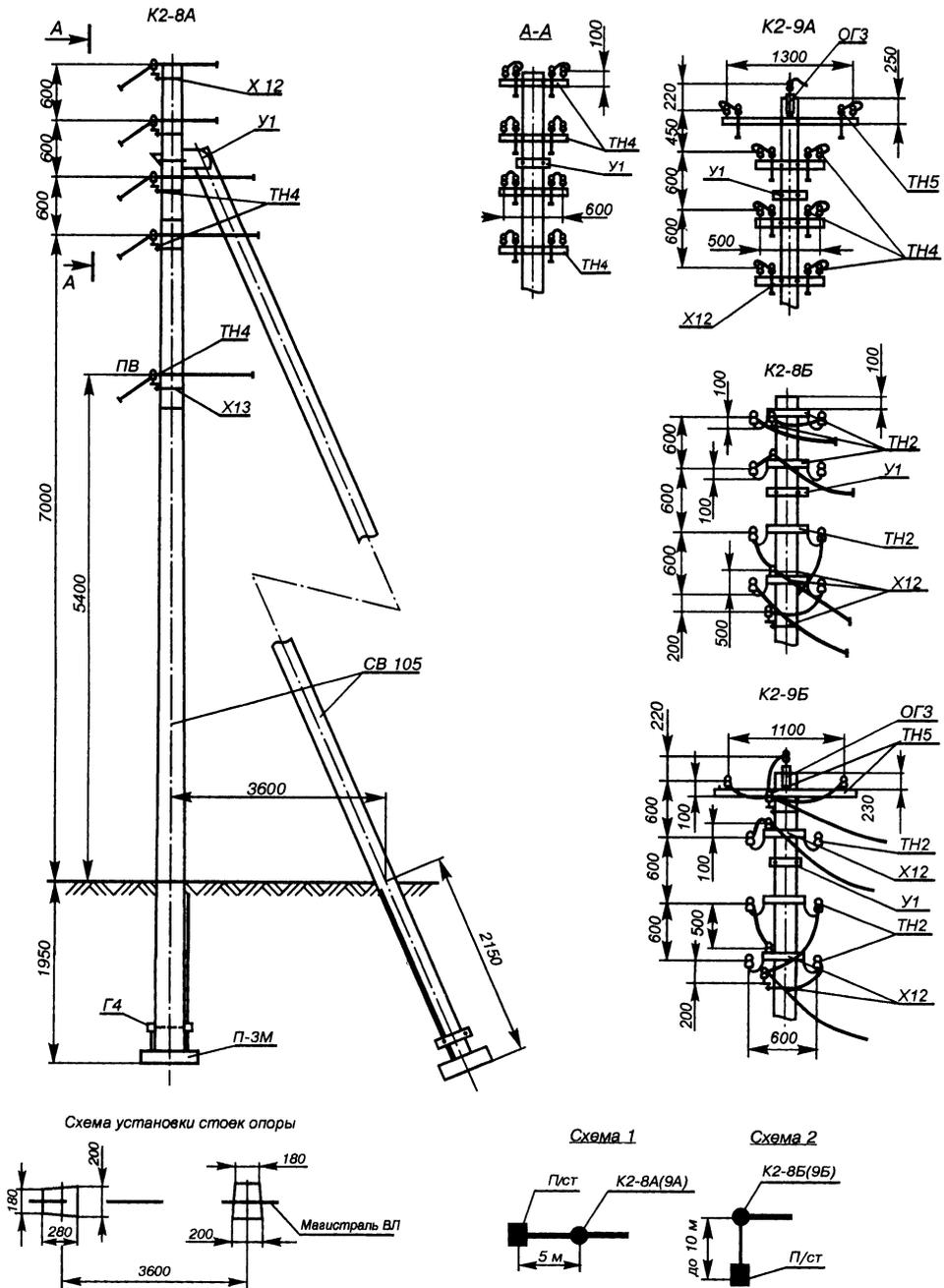


Рис. 2.4.39. Линейная арматура для концевых опор К2-8А, К2-9А, К2-8Б, К2-9Б (серия 3.407.1-136.10.00)

СВ105 — стойка; ТН2, ТН4, ТН5 — траверсы; Х12, Х13 — хомуты; ОГЗ — оголовок; У1 — крепление подкоса; П-3и — плита; Г4 — крепление плиты

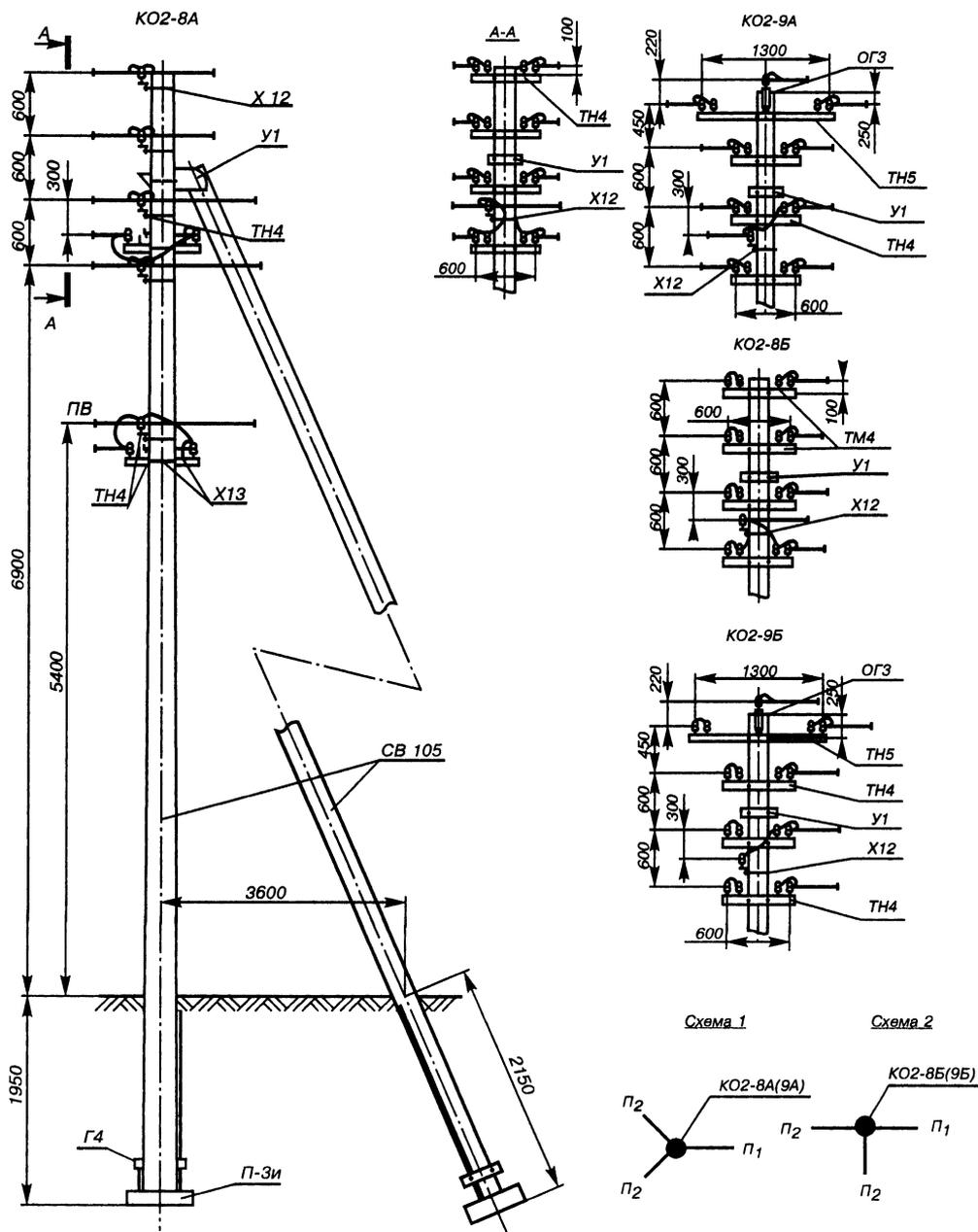


Рис. 2.4.40. Линейная арматура для концевых ответвительных опор КО2-8А, КО2-9А, КО2-8Б, КО2-9Б (серия 3.407.1-136.11.00)

CB105 — стойка; TH4, TH5 — траверсы; X12, X13 — хомуты; ОГ3 — оголовок; Y1 — крепление подкоса; П-3и — плита; Г4 — крепление плиты

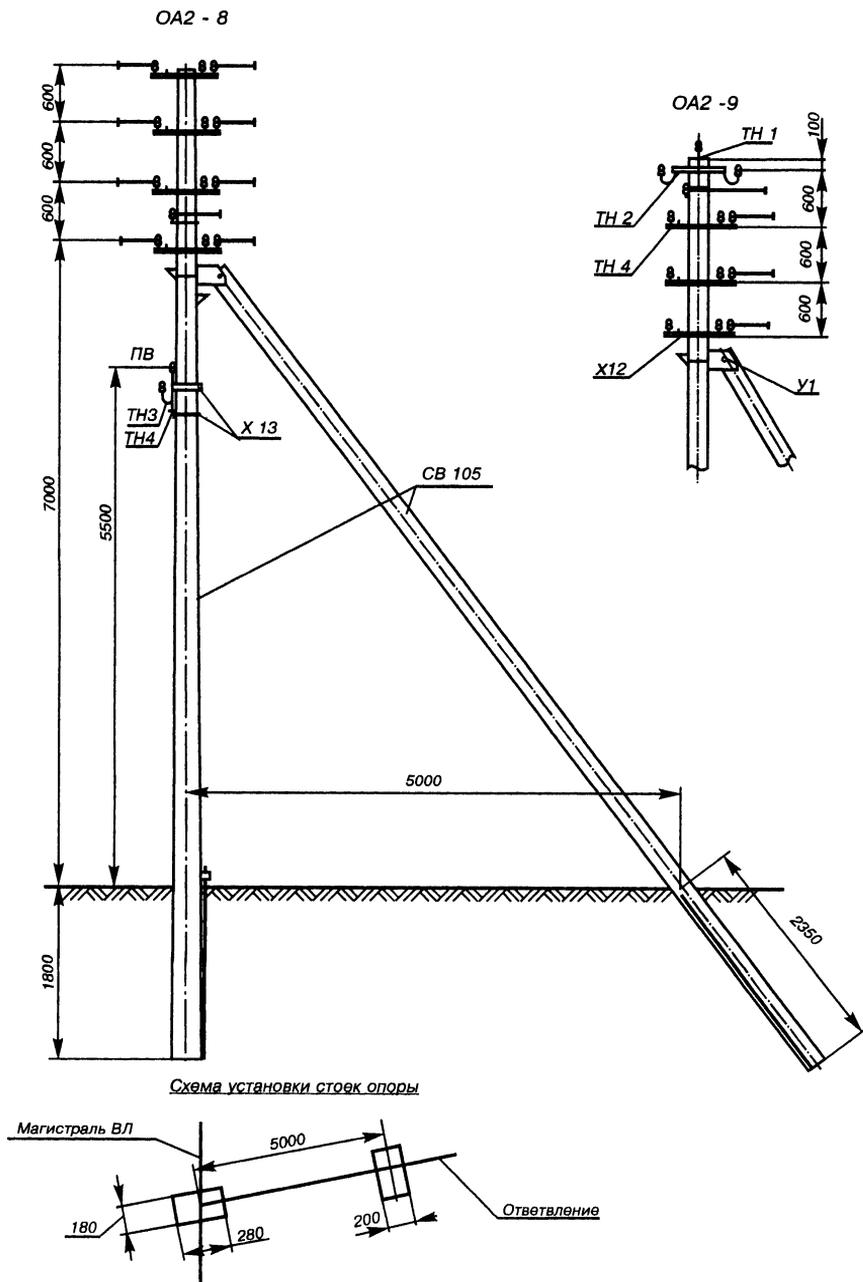


Рис. 2.4.41. Линейная арматура для ответвительных анкерных опор
 ОА2-8, ОА2-9 (серия 3.407.1-136.12.00)

СВ105 — стойка; ТН1, ТН2, ТН3, ТН4 — траверсы; Х12, Х13 — хомуты; У1 — крепление подкоса

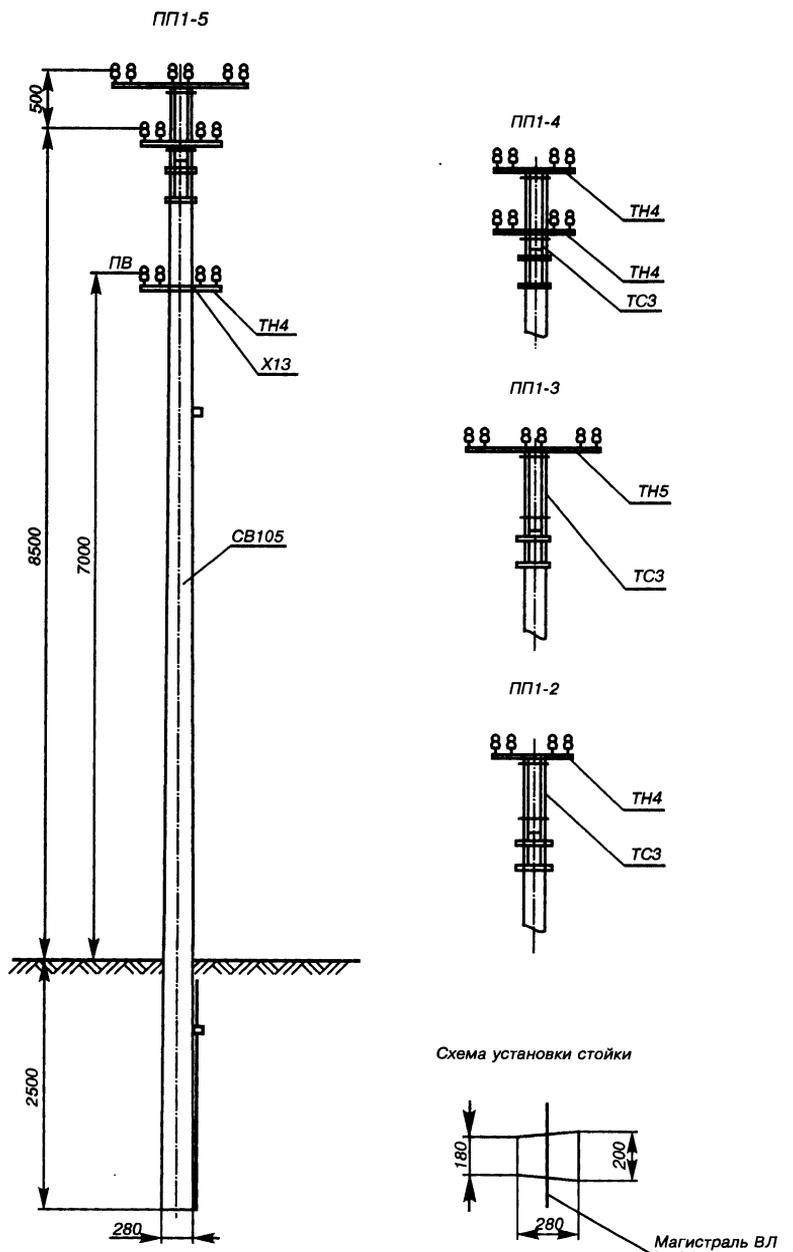
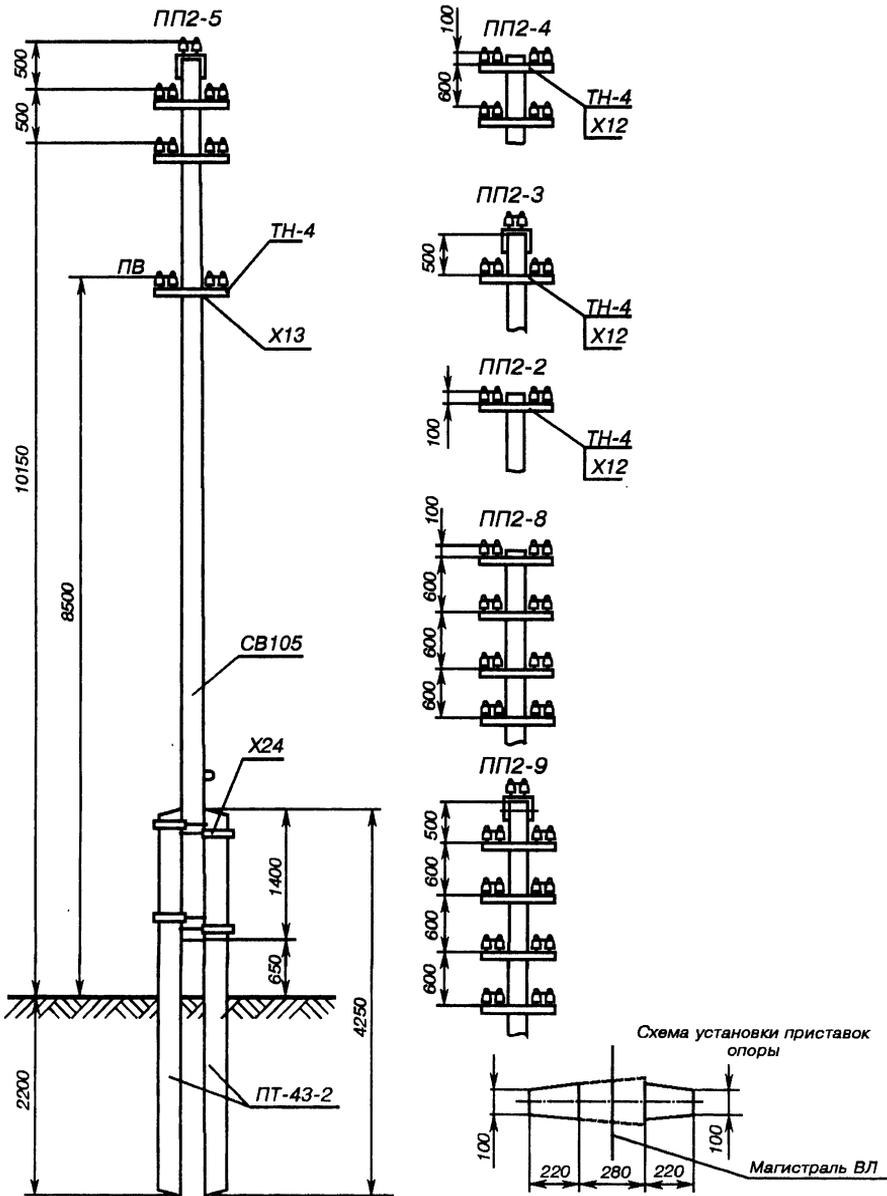
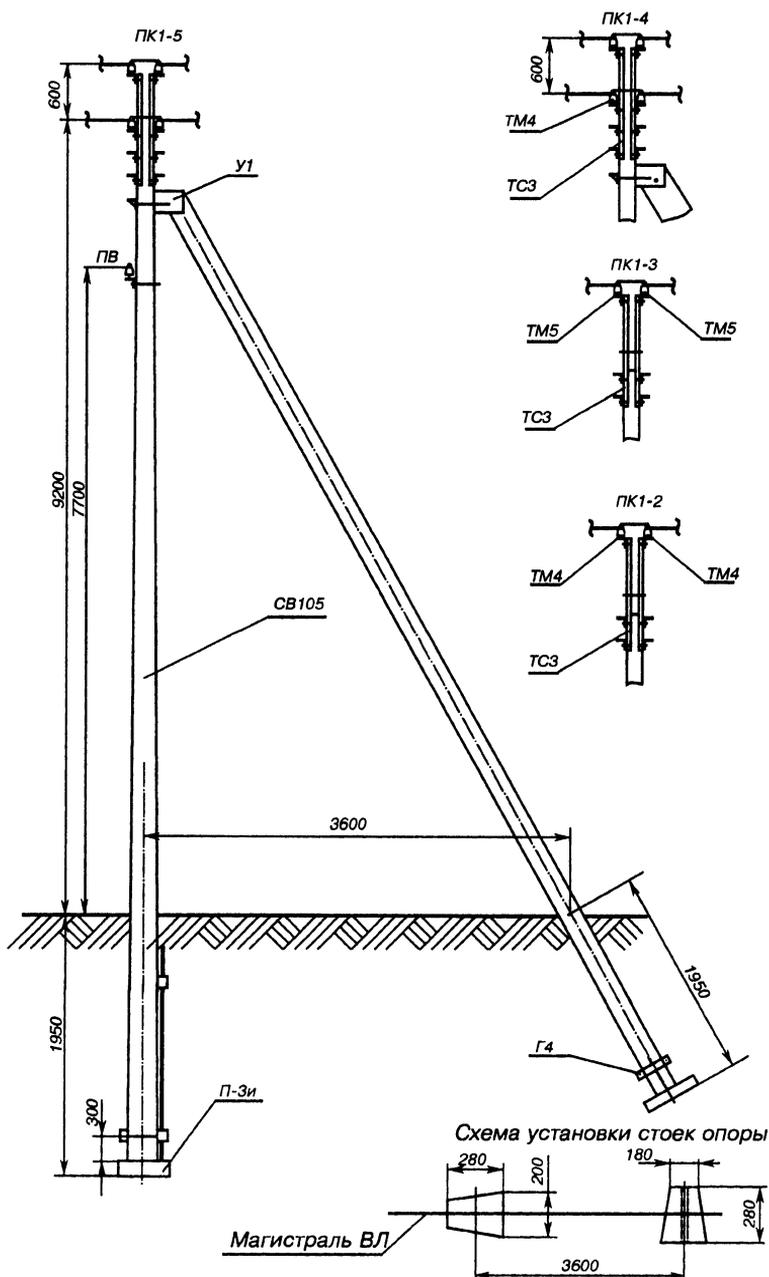


Рис. 2.4.42. Линейная арматура для переходных промежуточных опор ПП1–5, ПП1–4, ПП1–3, ПП1–2 (серия 3.407.1–136.13.00)
 СВ105 — стойка; ТН4, ТН5 — траверсы; ТС3 — надставка; Х13 — хомут



Примечание. Опору ПП2 применять, как правило, для 8–9 проводов ВЛ.

Рис. 2.4.43. Линейная арматура для переходных промежуточных опор ПП2-5, ПП2-4, ПП2-3, ПП2-2, ПП2-8, ПП2-9 (серия 3.407.1-136.14.00)
СВ105 — стойка; ТН4 — траверса; X12, X13 — хомут; ПТ43-2 — приставка

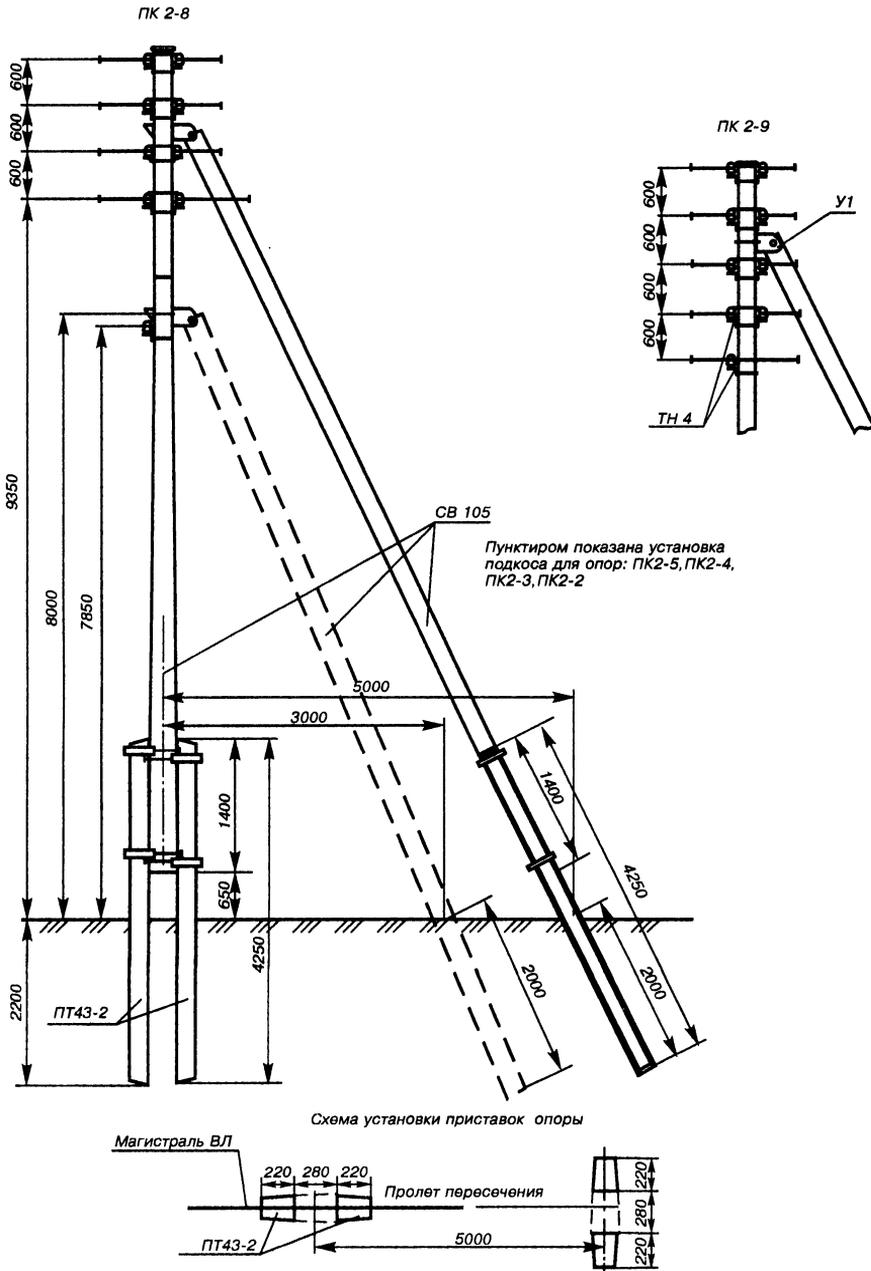


Примечания:

1. Опору ПК1 применять, как правило, у подстанций.
2. Допускается применение стойки СВ105–3,5 по ГОСТ 23613–79 для опор ПК1–5 и ПК1–4 подкосного типа.
3. При подвеске двух и трех проводов ВЛ подкос не устанавливать, а заглубление стойки принять равным 2500 мм.

Рис. 2.4.44. Линейная арматура для переходных концевых опор ПК1–5, ПК1–4, ПК1–3, ПК1–2 (серия 3.407.1–136.15.00)

СВ105 — стойка; ТН4, ТН5 — траверса; ТС3 — надставка; Х13 — хомут; П–3и — плита; У1 — крепление подкоса; Г4 — крепление плиты

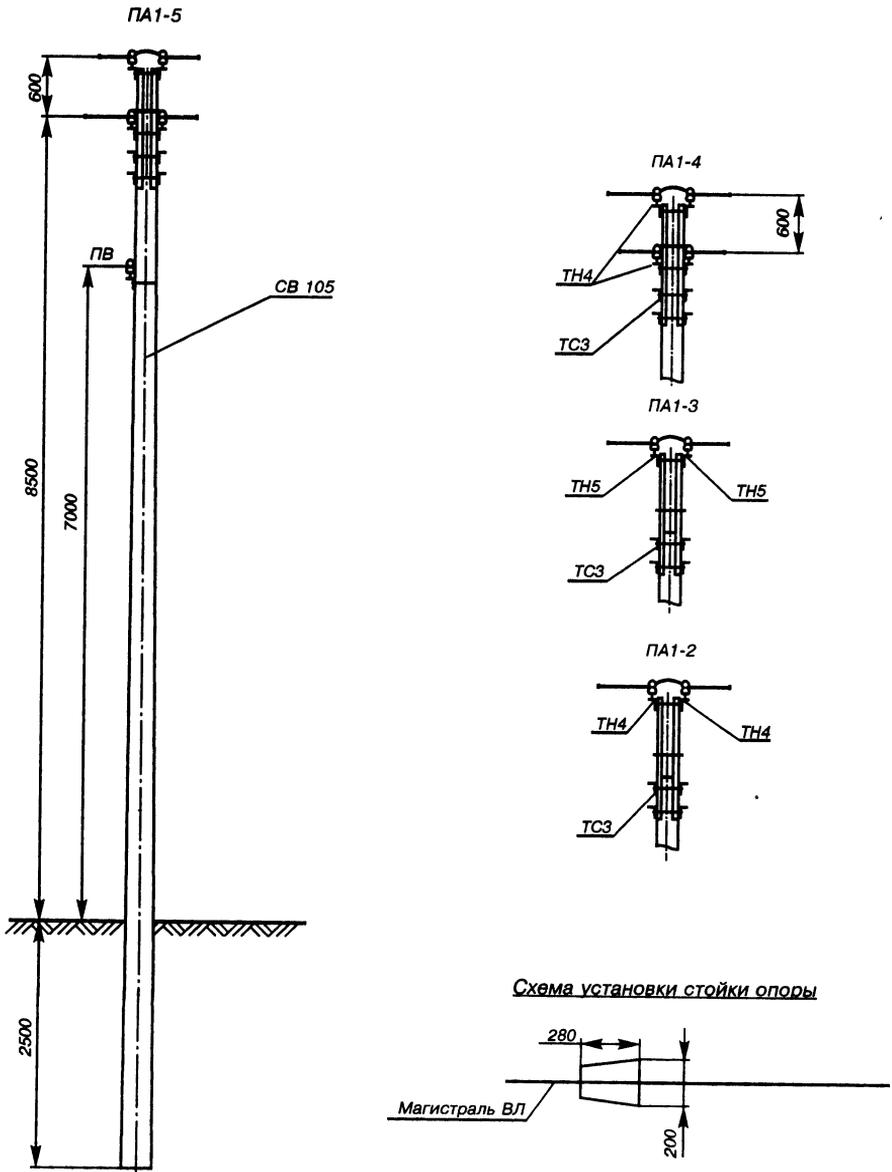


Примечания:

1. Пунктиром показана установка подкоса для опор: ПК2-5, ПК2-4, ПК2-3, ПК2-2.
2. Опору ПК2 применять, как правило, для 8-9 проводов ВЛ у подстанции.
3. Для опор ПК2-9 и ПК2-8 допускается применение стойки СВ105-3,5.

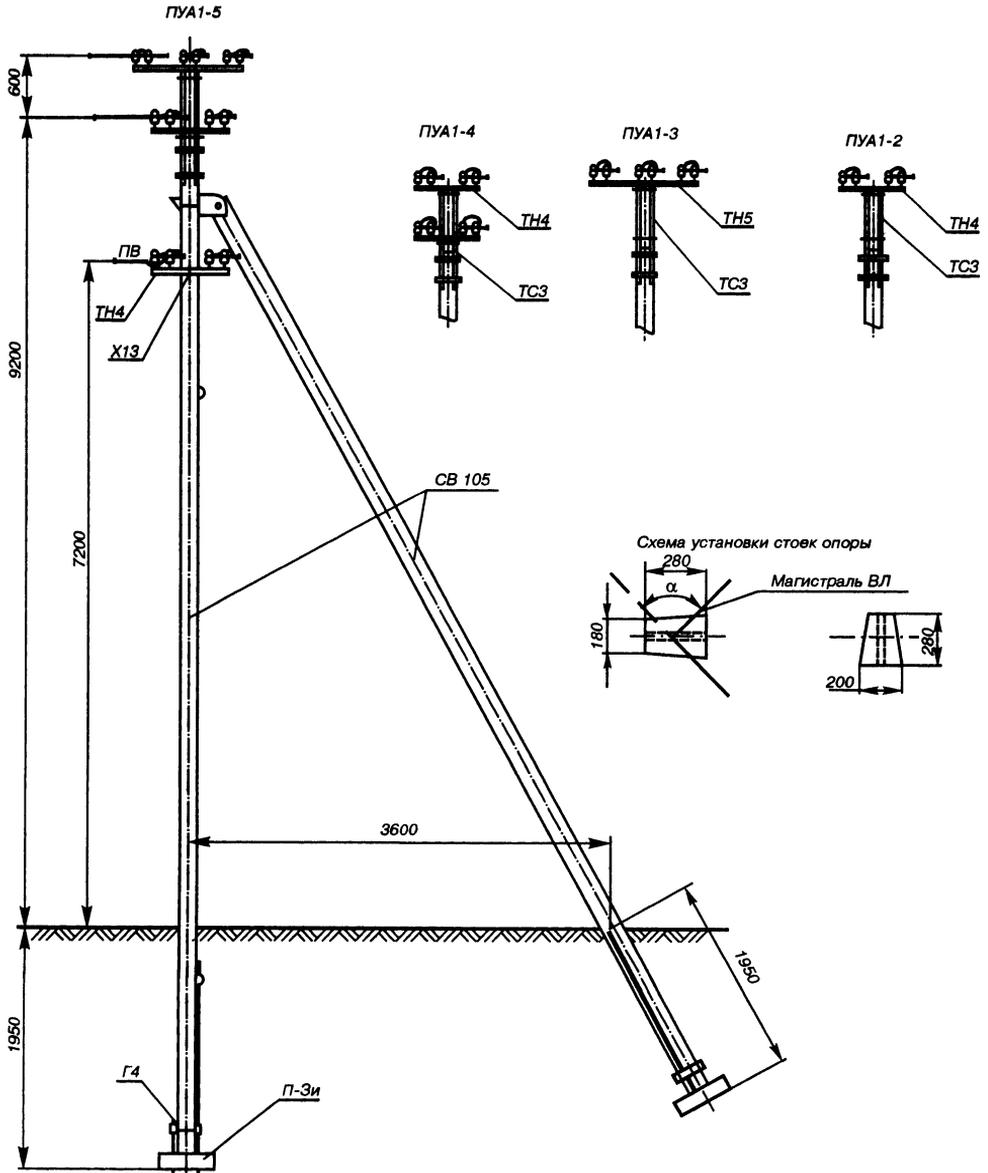
Рис. 2.4.45. Линейная арматура для переходных концевых опор ПК2-8, ПК2-9 (серия 3.407.1-136.16.00)

СВ105 — стойка; ТН4 — траверса; У1 — крепление подкоса; Х24 — хомут; ПТ43-2 — приставка



Примечание. Опора ПА1 допускает смену сечения и марок проводов и изменение их количества на два провода.

Рис. 2.4.46. Линейная арматура для переходных анкерных опор ПА1–5, ПА1–4, ПА1–3, ПА1–2 (серия 3.407.1–136.17.00)
СВ105 — стойка; ТН4, ТН5 — траверсы; ТС3 — надставка



Примечания:

1. При подвеске двух проводов ВЛ на опоре ПУА1-2 подкос не устанавливается, а заглубление принять равным 2500 мм.
2. Максимальный угол поворота трассы ВЛ — 90° .
3. Опора ПУА-1 допускает смену сечений и марок проводов и изменение их количества на два провода.

Рис. 2.4.47. Линейная арматура для переходных угловых анкерных опор ПУА1-5, ПУА1-4, ПУА1-3, ПУА1-2 (серия 3.407.1-136.18.00)
СВ105 — стойка; ТН4, ТН5 — траверсы; ТС3 — надставка; Х13 — хомут

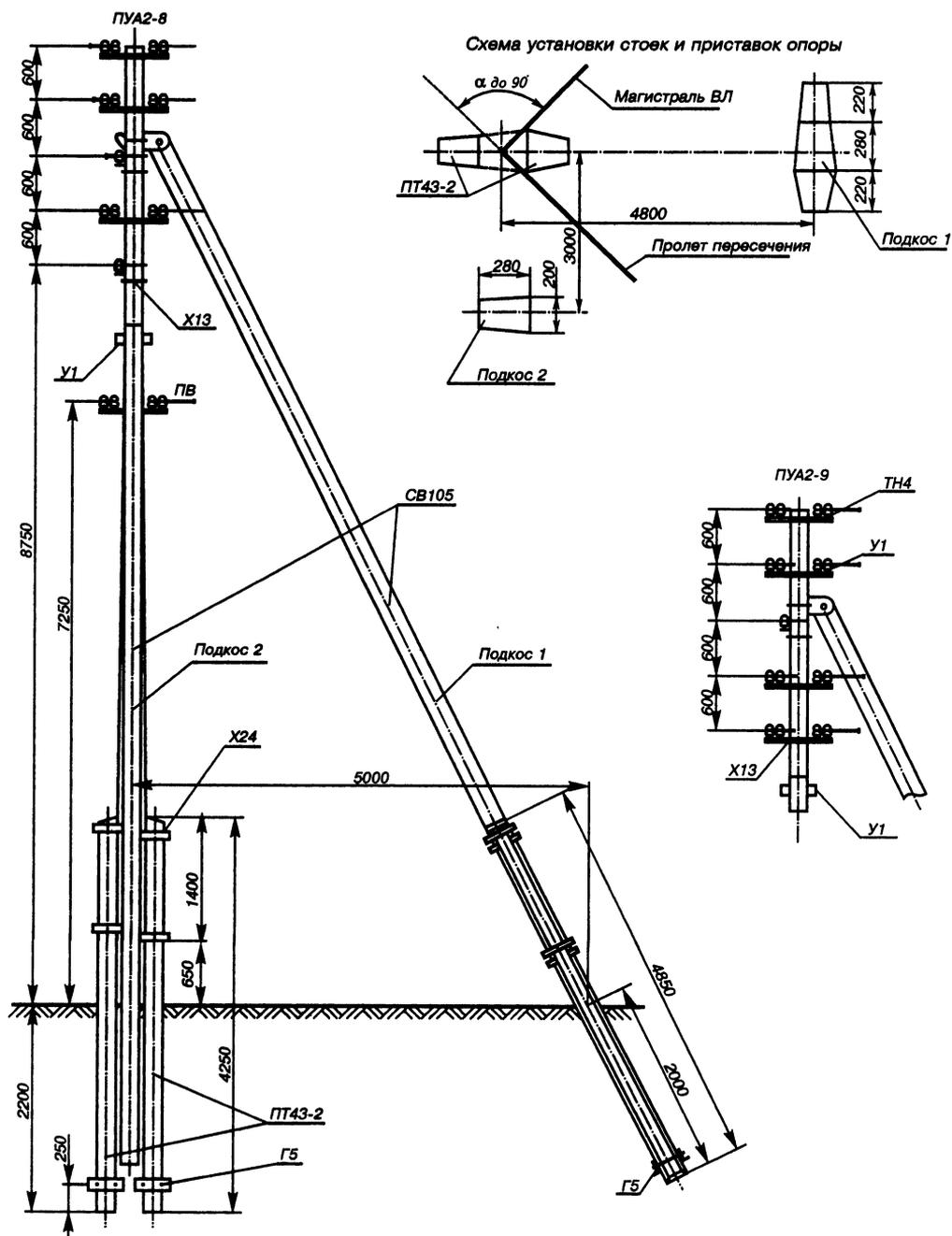


Рис. 2.4.48. Линейная арматура для переходных угловых анкерных опор ПУА2-8, ПУА2-9 (серия 3.407.1-136.19.00)

СВ105 — стойка; ТН4 — траверса; Х13, Х24 — хомуты; У1 — крепление подкоса; Г5 — крепление ригеля; ПТ43-2 — приставка

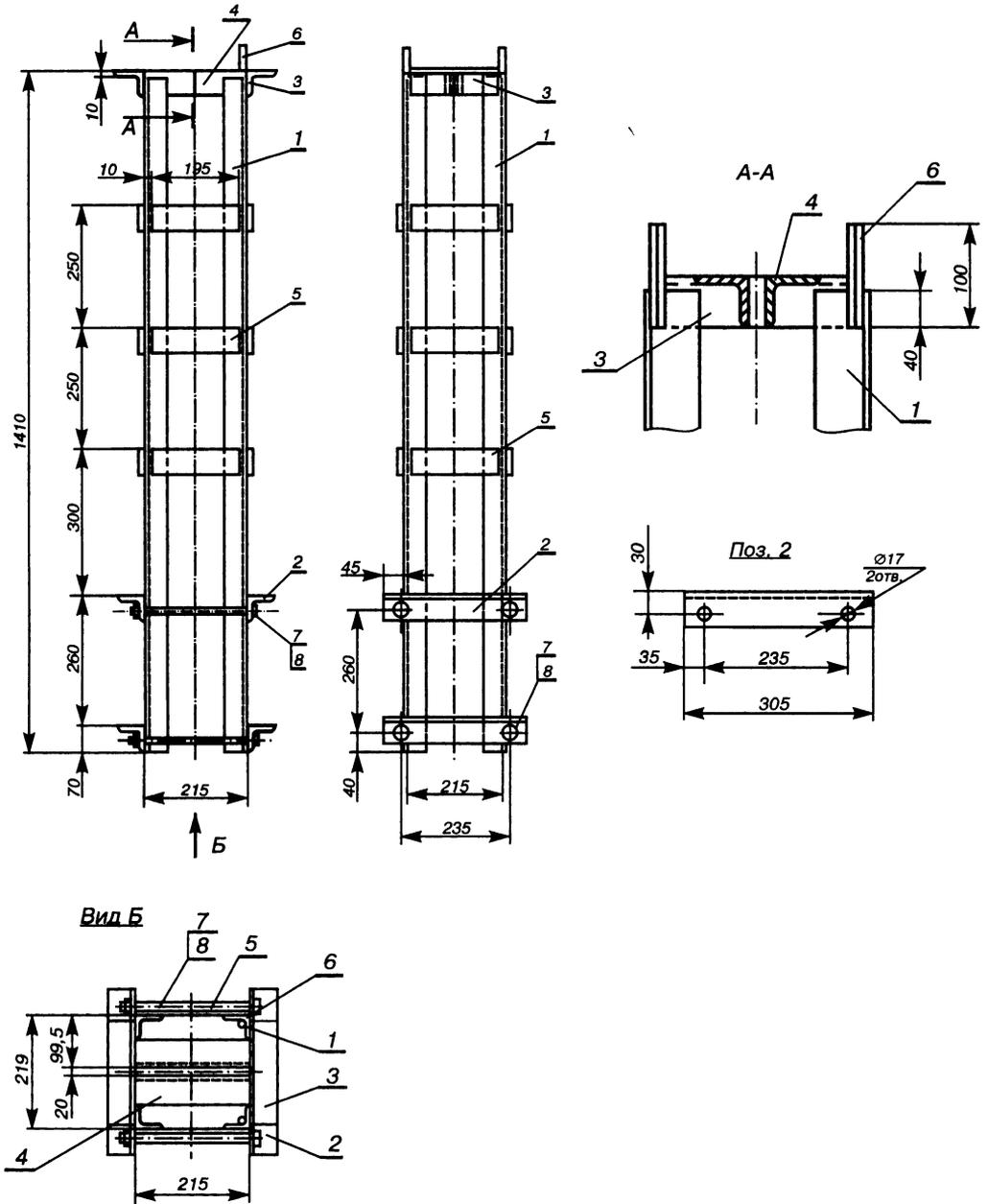


Рис. 2.4.51. Надставка ТС6 (серия 3.407.1-136)

1, 2, 3, 4 — уголок 50х50х5; 5 — полоса 5х50; 6 — круг 10; 7, 8 — болт и гайка М16

2.4.3. Траверсы со штыревыми изоляторами для двух-трех фаз промежуточных железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ, проходящих в ненаселенной местности.

Крюк КК–22 (КК–24), изображенный на рис. 2.4.52, крепится к железобетонной опоре шпилькой попарно: в этом случае провода располагаются на опоре в виде треугольника.

Траверсы, изображенные на рис. 2.4.54— 2.4.68, крепят к железобетонным опорам с помощью хомутов.

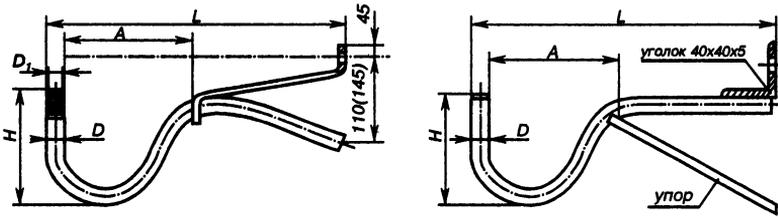


Рис.2.4.52. Крюк КК–22 (КК–24)

Тип крюка	Разрушающая нагрузка, кН		Размеры, мм					Масса, кг
	верт.	гориз.	D	D ₁	H	L	A	
КК–22	1,53	1,12	22	22	200	476	230	3,2
КК–24	2,00	1,38	24	22	200	567	260	4,5

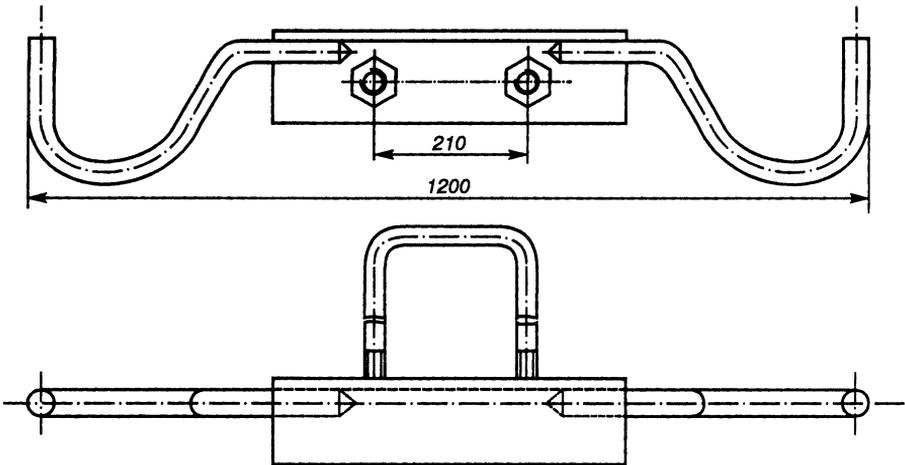


Рис.2.4.53. Кронштейн к ж.б. опоре ВЛ 6–10 кВ, позволяющий разнести провода двух нижних фаз в ненаселенной местности

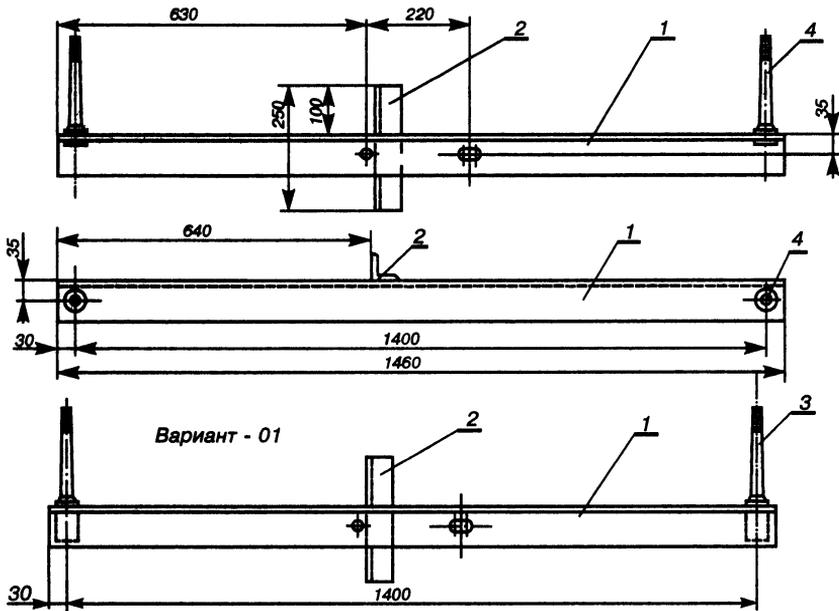


Рис. 2.4.54. Траверса ТМ9

1 — уголок 70x70x5; 2 — уголок 50x50x5; 3 — круг 22; 4 — штырь Ш-20-2-к-30

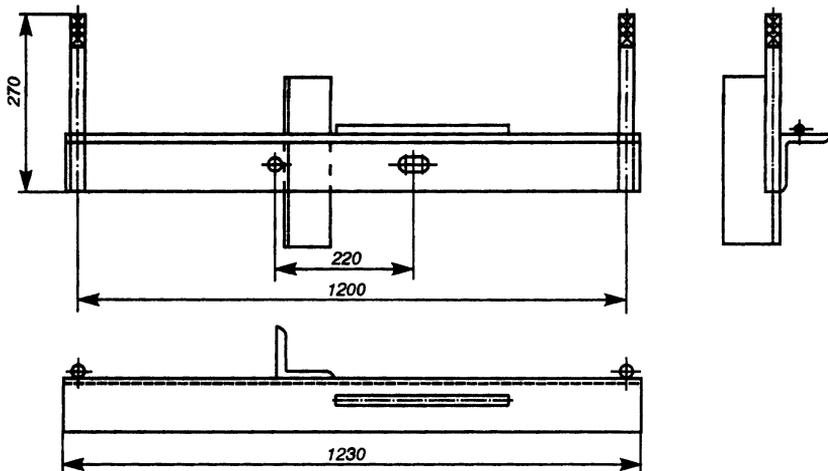
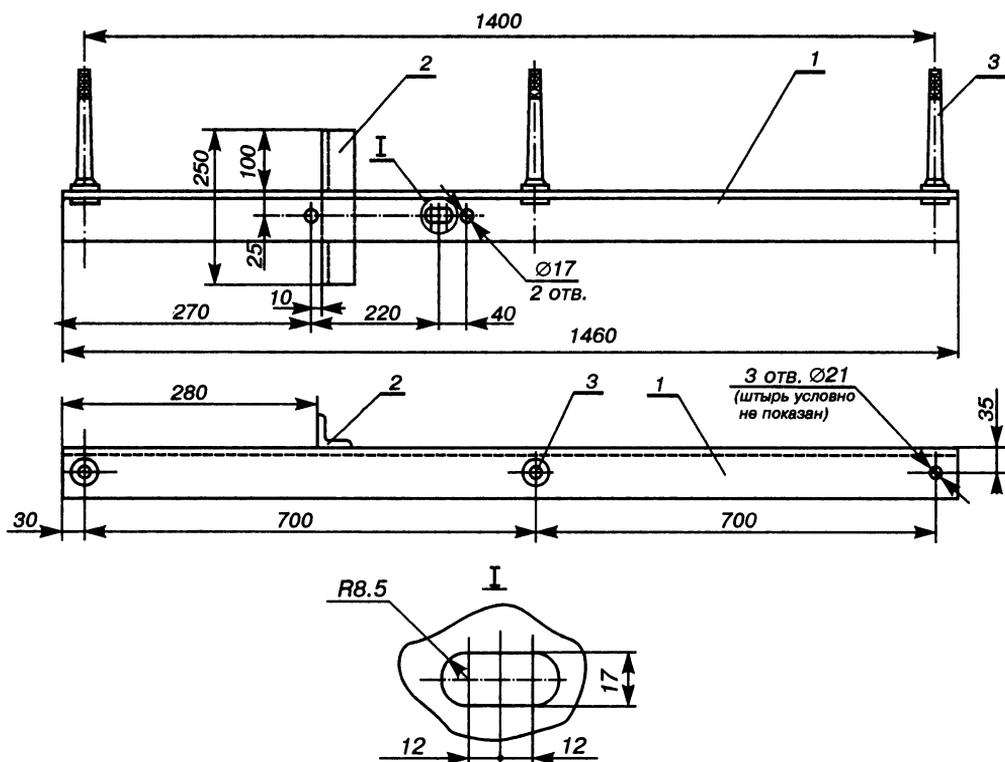


Рис. 2.4.55. Траверса типа Т1-10



Примечания:

1. Допускается приварка штырей Ш-20-2 (поз. 3).
2. Вместо штырей Ш-20-2 допускается применение круга 22 мм.

Рис. 2.4.56. Траверса ТМ2
1 — уголок 70x70x5; 2 — уголок 50x50x5; 3 — штырь Ш-20-2-к-30

2.4.4. Траверсы для двух-трех фаз промежуточных железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ с двойным креплением провода одной фазы.

Траверсы, представленные в этом разделе, предназначены для ВЛ, проходящих по населенной местности. При этом траверсы, изображенные на рис. 2.4.63— 2.4.66, предназначены для переходных промежуточных опор (без анкерного крепления проводов).

Траверсы (рис. 2.4.61 и 2.4.62) предпочтительны для трасс ВЛ, проходящих там, где необходим повышенный габарит проводов, исключая касание проводов крупногабаритной техникой или повышающий уровень безопасности линии.

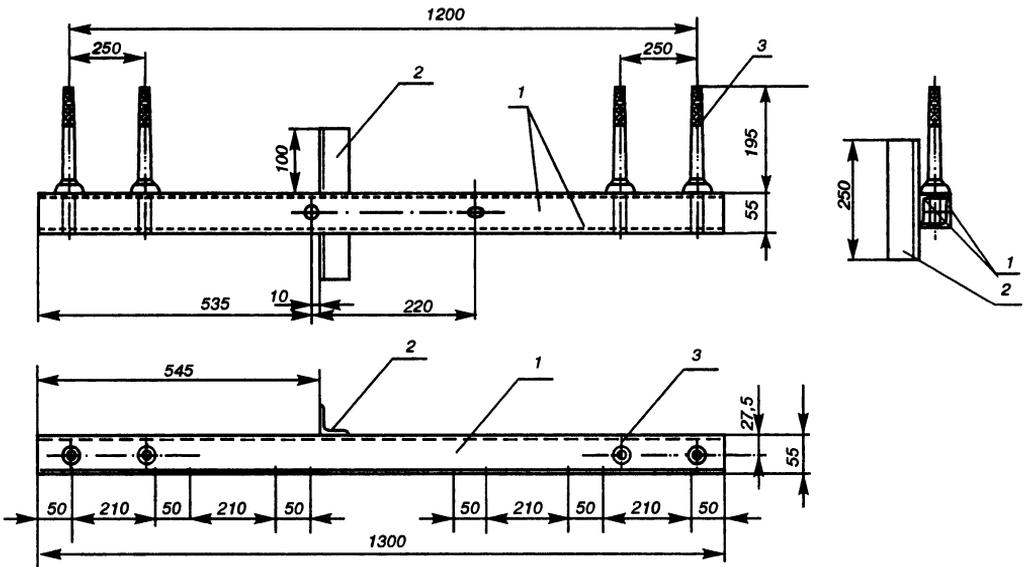


Рис. 2.4.57. Траверса ТМ5

1,2 — уголок 50х50х5; 3 — штырь Ш-24-55-С с накаткой по ОСТ 34-13-931-86

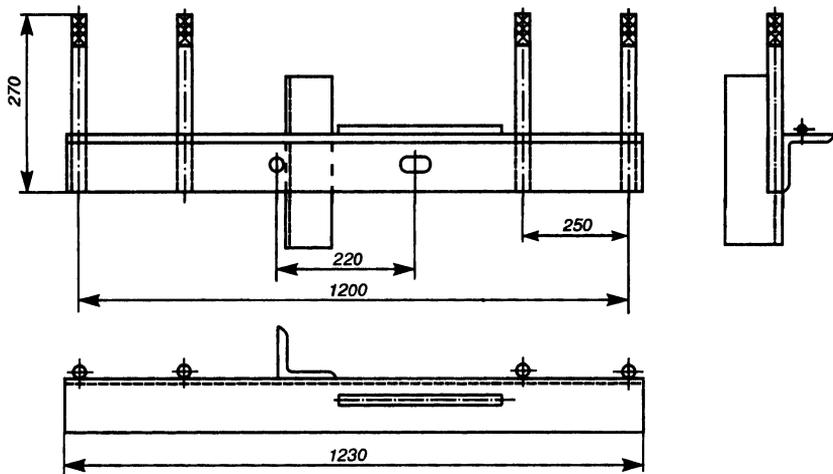


Рис. 2.4.58. Траверса Т2-10 № 9473 (четырёхштыревые), для разнесения проводов двойного крепления каждой из двух нижних фаз ВЛ 6-10 кВ в населенной местности

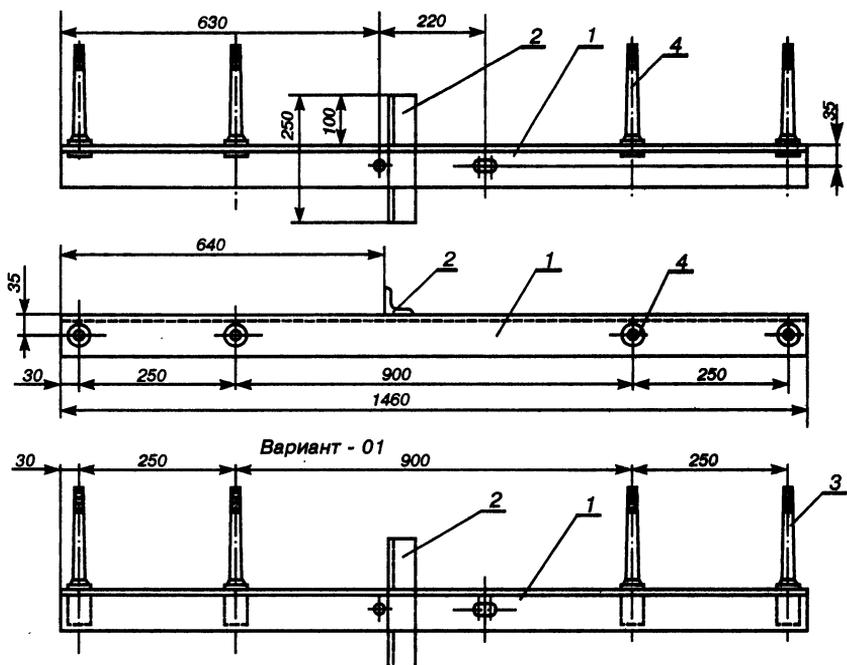


Рис. 2.4.59. Траверса ТМ 10

1 — уголок 70x70x5; 2 — уголок 50x50x5; 3 — круг 22; 4 — штырь Ш-20-2-К-30

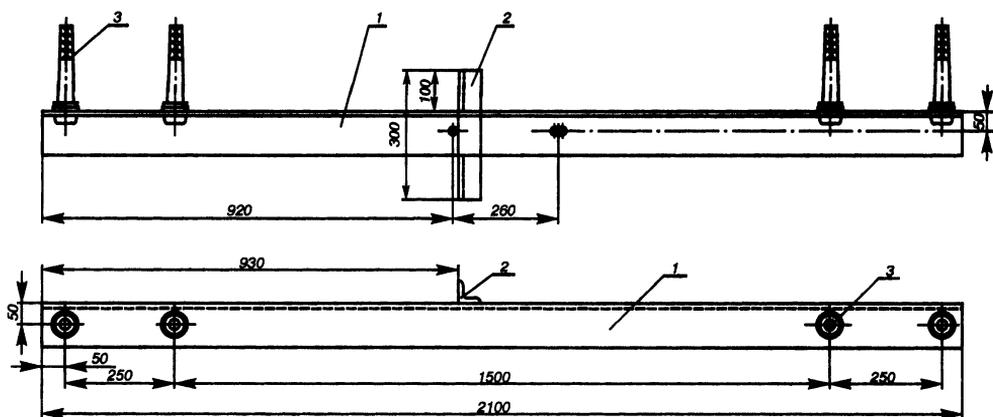


Рис.2.4.60. Траверса ТМ12, ТМ19

1 — уголок 100x100x8; 2 — уголок 50x50x5; 3 — круг 16

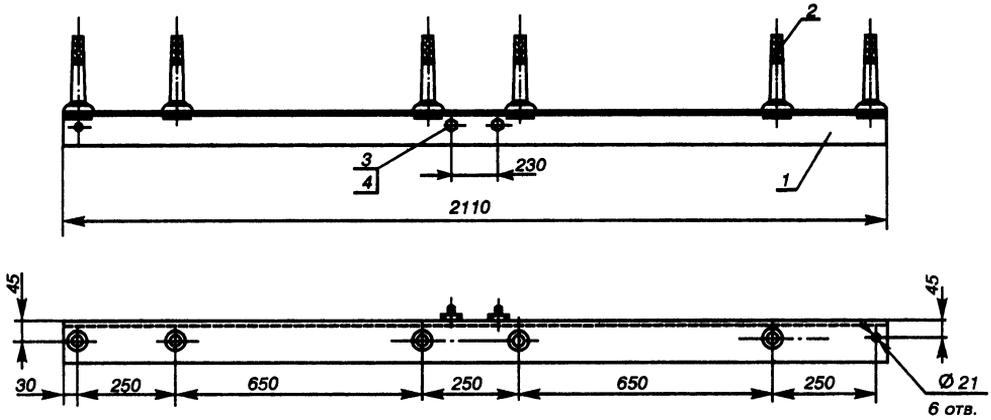
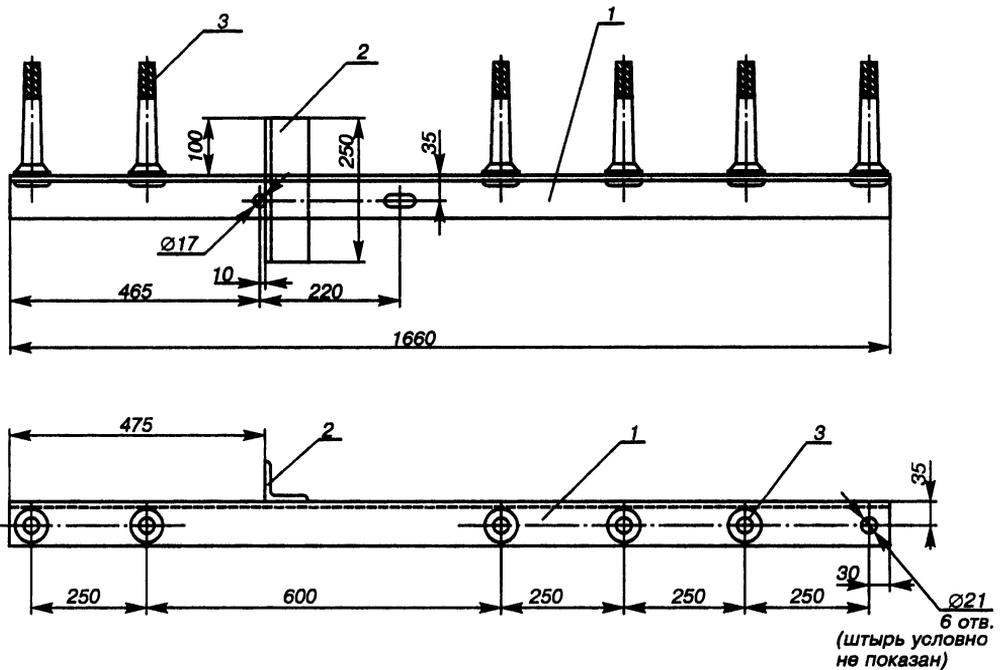


Рис. 2.4.61. Траверса ТМ7
1 — уголок 90х90х7; 2 — штырь Ш-20-2-К-30; 3, 4 — болт и гайка М16



Примечания:
1. Допускается приварка штырей Ш-20-2-С (поз. 3)
2. Вместо штырей Ш-20-2 допускается применение круга 22.

Рис. 2.4.62. Траверса ТМ4
1 — уголок 70х70х5; 2 — уголок 50х50х5; 3 — штырь Ш-20-2-К-30

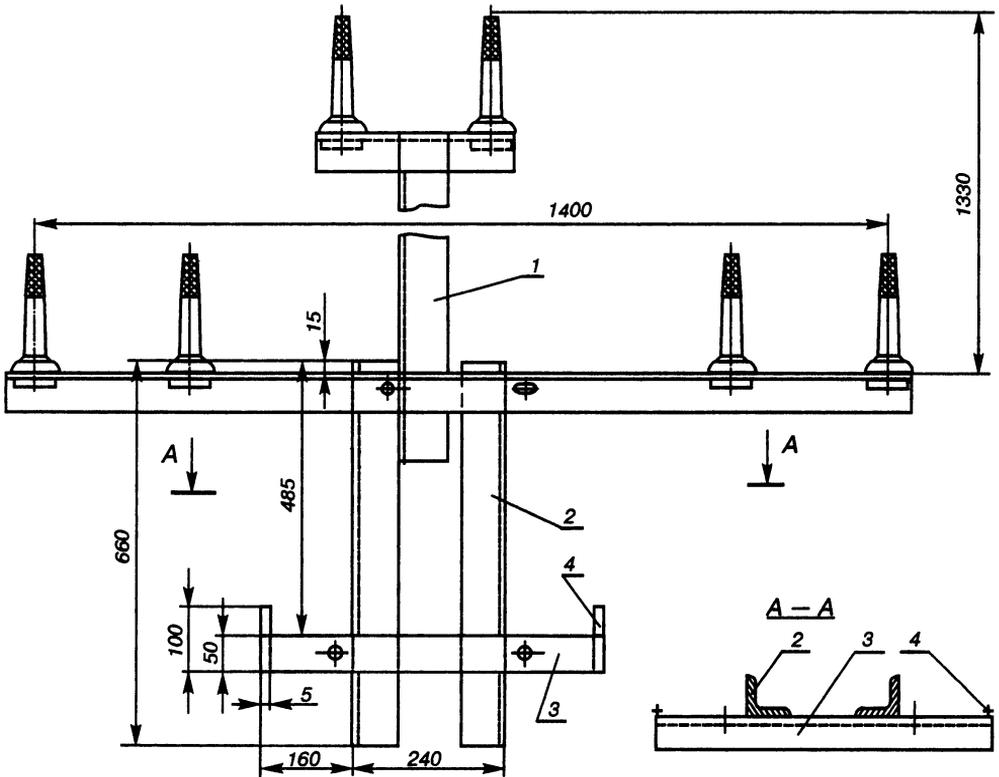
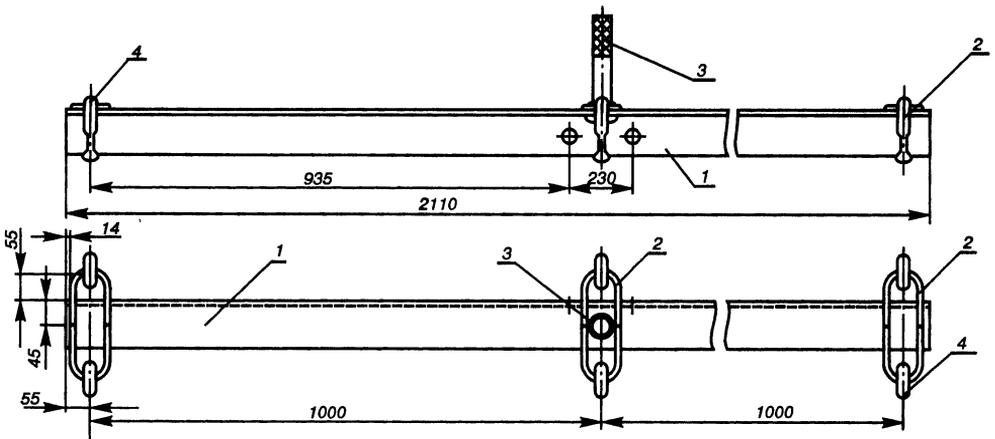


Рис. 2.4.65. Надставка ТС4

1 — траверса ТМЗ; 2 — уголок 70x70x5; 3 — уголок 50x50x5; 4 — круг 10



Примечания: 1. Допускается приварка штыря Ш-20-2-С (поз. 3). 2. Приварку петли поз. 2 производить после установки серьги поз.6. 3. Вместо установки штыря Ш-20-2 допускается тавровая сварка круга 22.

Рис. 2.4.66. Траверса ТМ8

1 — уголок 90x90x7; 2 — петля (круг 16); 3 — штырь Ш-20-2-К-30; 4 — серьга СРС-7-16

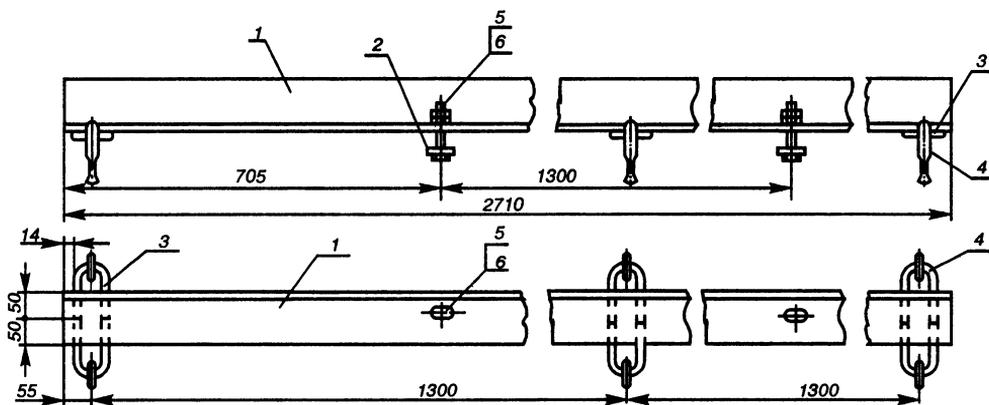


Рис. 2.4.67. Траверса ТМ30
 1 — уголок 100х100х8; 2 — полоса 5х50; 3 — круг $L=260$;
 4 — серьга СРС-7-16; 5, 6 — болт и гайка М16

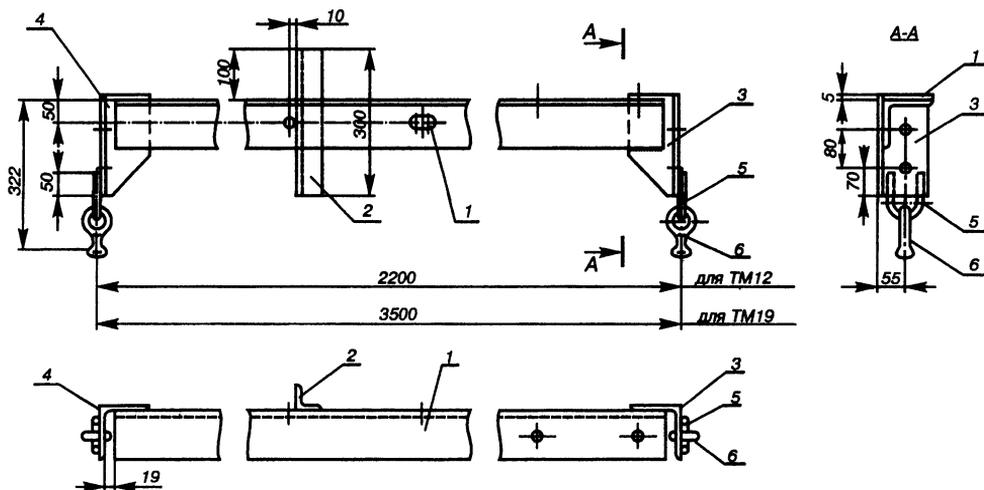


Рис. 2.4.68. Траверсы ТМ12 и ТМ19
 1 — уголок; 2 — уголок; 3, 4 — уголок; 5 — петля; 6 — серьга.

2.4.5. Траверсы железобетонных промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ с креплением проводов на подвесных изоляторах

Применение ниже перечисляемых траверс с подвесными изоляторами вызвано их использованием в сложных случаях трасс, а именно: на переходах через инженерные сооружения или геологические рельефы местности: овраги, балки, реки и др.

Так траверсы ТМ8 (рис. 2.4.66) и ТМ30 (рис. 2.4.67) позволяют поднять провода и обеспечить повышенный габарит проводов на переходах через инженерные сооружения.

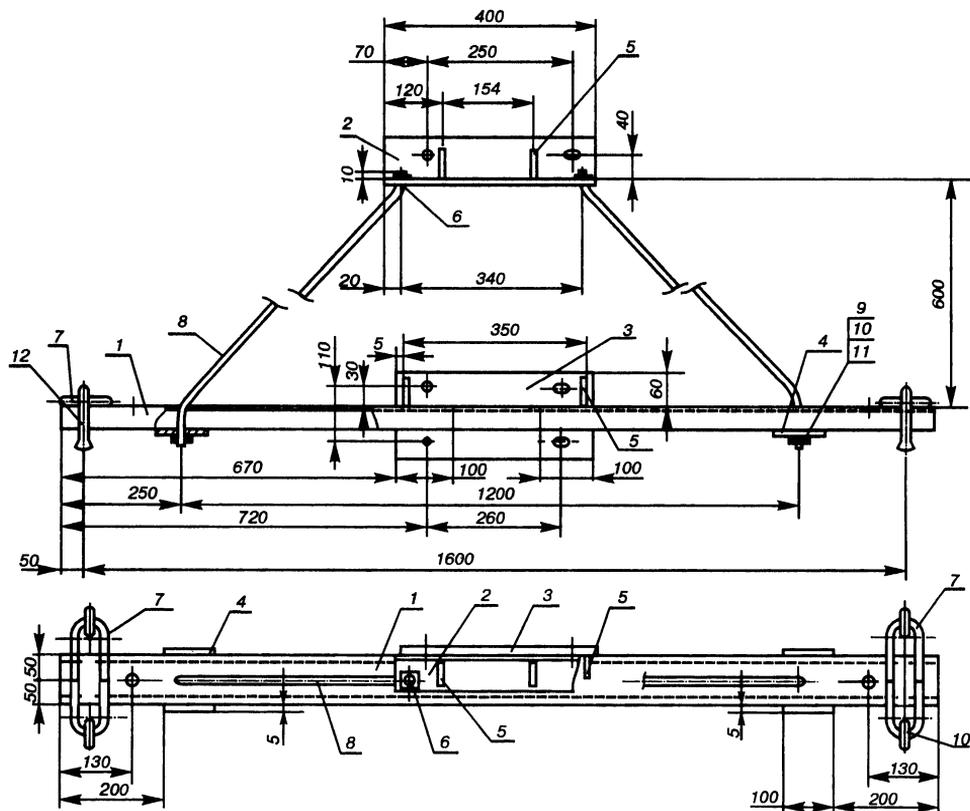
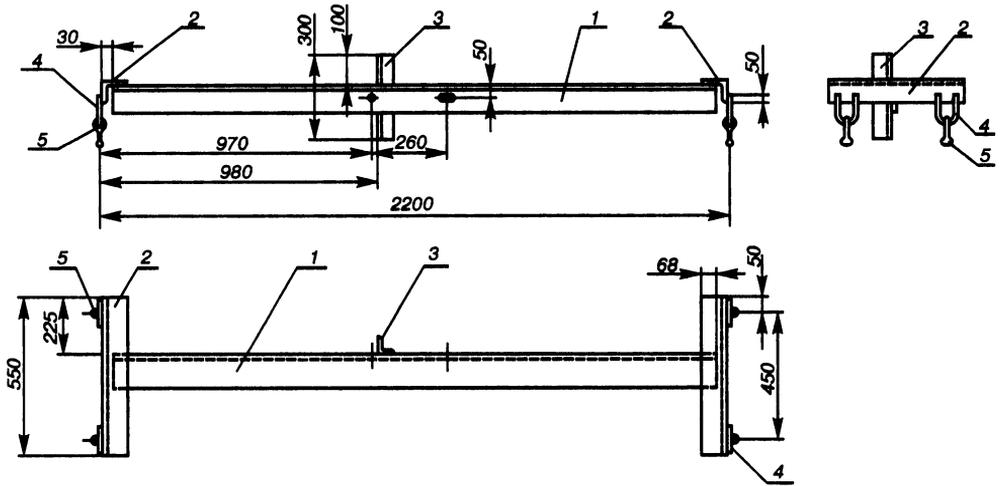


Рис. 2.4.69. Траверса ТМ14 (серия 3.407.1–143.8.14)

- 1 — уголок 50х50х5; 2 — уголок 100х100х8; 3 — полоса 6х70; 4 — полоса 6х50;
 5 — полоса 8х80; 6 — полоса 6х100; 7 — круг 14; 8 — петля (круг 16);
 9, 10 — болт и гайка М20; 11 — шайба; 12 — серьга СРС-7-16



Примечание.

Приварку петли поз. 4 производить после установки серьги поз. 5

Рис. 2.4.70. Траверса ТМ22 (серия 3.407.1-143.8.21)

1 — уголок 100x100x8; 2 — уголок 90x90x7; 3 — уголок 50x50x5; 4 — петля (круг 16); 5 — серьга CPC-7-16

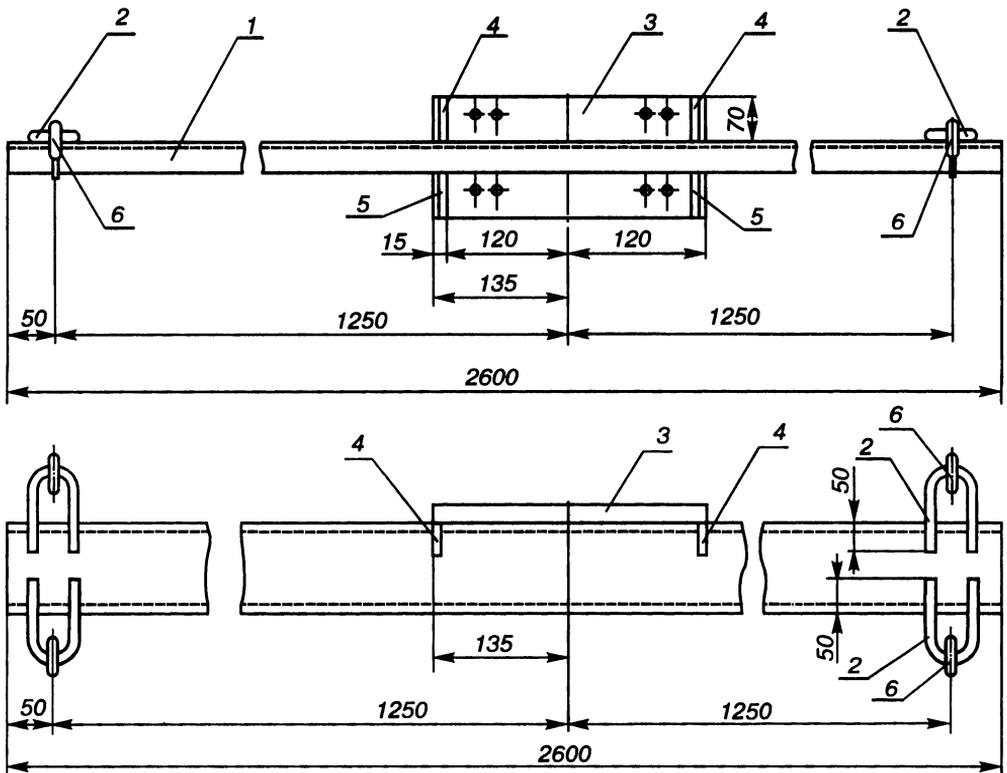


Рис. 2.4.71. Траверса ТМ20 (3.407.1-143.8.19)

1 — швеллер 16, L=2600 мм; 2 — петля (круг 16); 3 — полоса 6x180; 4 — полоса 6x50;
5 — полоса 6x100; 6 — серьга CPC-7-16

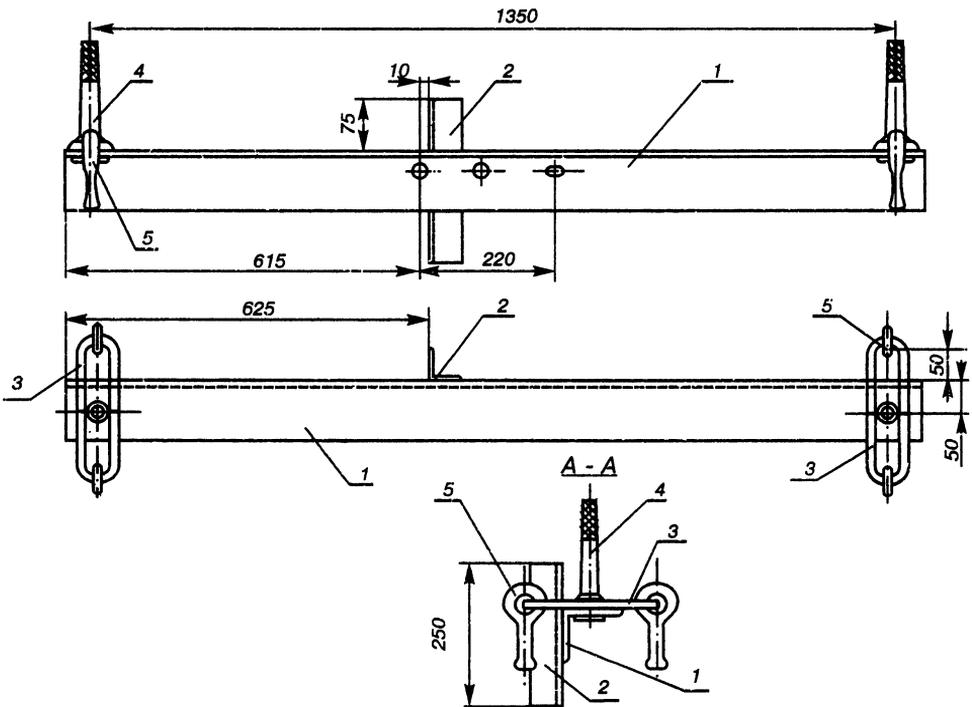


Рис. 2.4.72. Траверса ТМ11 (серия 3.407.1–143.8.18)
 1 — уголок 100x100x8; 2 — уголок 100x100x8; 3 — петля; 4 — штырь (круг 16);
 5 — серьга СРС-7-16

2.4.6. Траверсы для подвесных изоляторов угловых опор

Угловые опоры имеют многообразное применение. Поэтому траверсы, особенно с подвесными изоляторами, имеют различные конструкции в зависимости от назначения.

На рис. 2.4.73 приведена траверса ТМ20, которая может быть применена на переходах через инженерные сооружения.

На рис. 2.4.74 и 2.4.75 приведены траверсы ТМ21 и ТМ15, предназначенные для более тяжелых условий работы — поворот трассы ВЛ на значительный угол.

Траверса ТМ6 предназначена для верхней фазы ВЛ в сочетании с траверсами, приведенными на рис. 2.4.74 и 2.4.75.

На рис. 2.4.76 приведена траверса, позволяющая увеличить габарит провода верхней фазы, например, при переходе через естественные преграды: реки, водоемы, овраги и др.

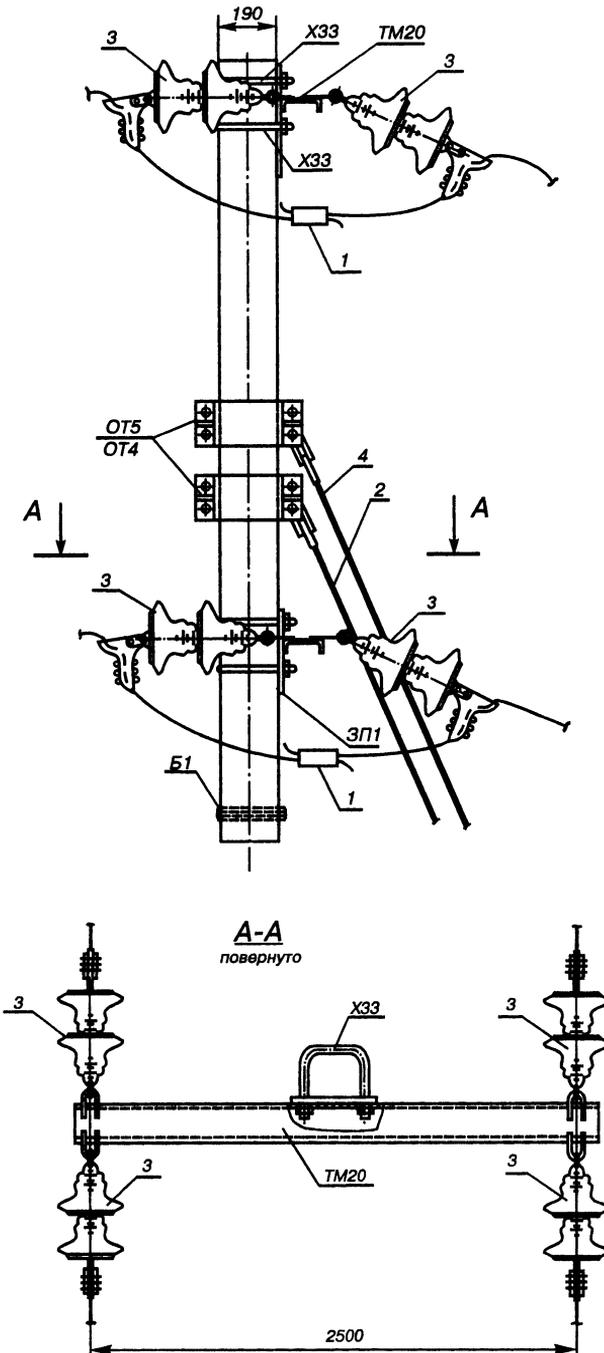
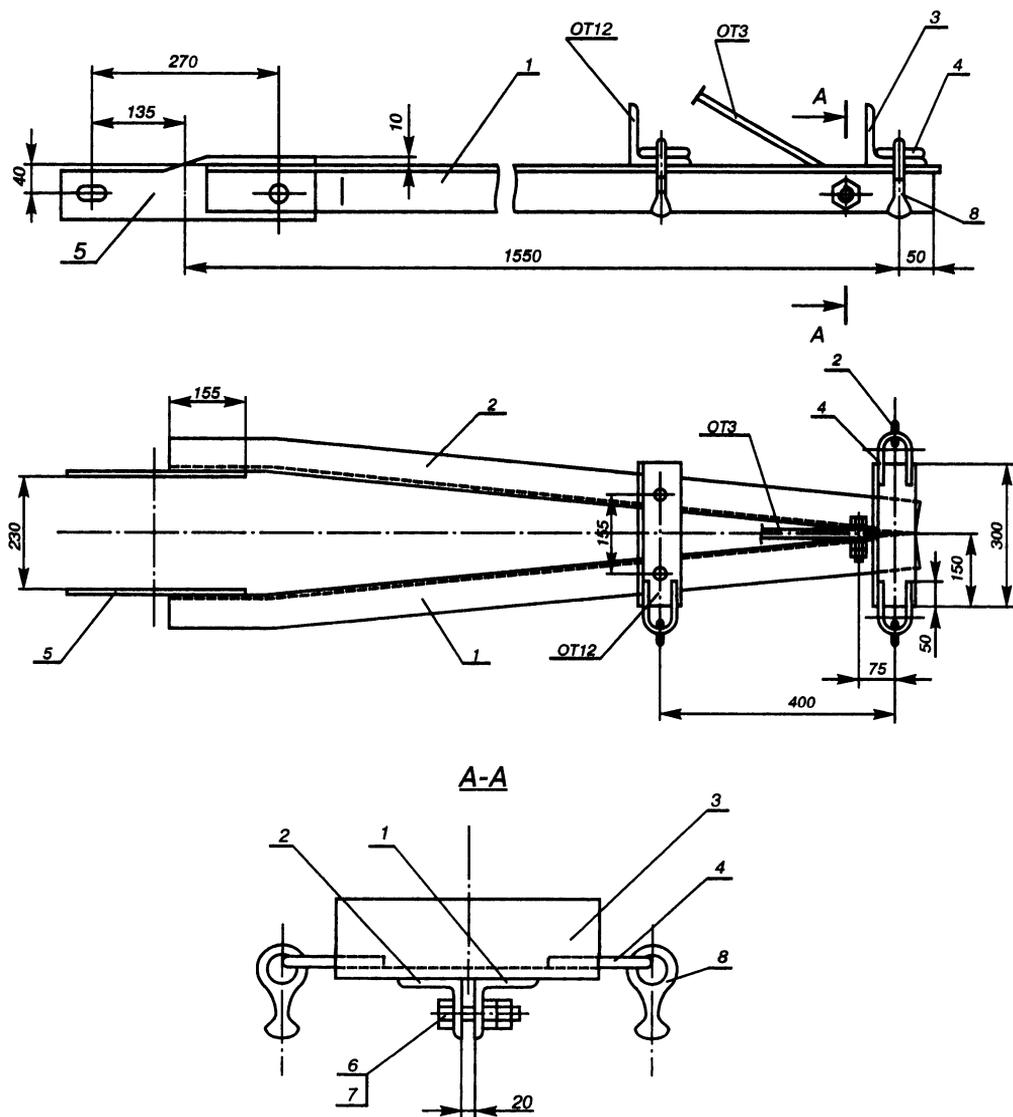


Рис. 2.4.73. Траверса ТМ20
 1 — зажим типа ПАБ; 2 — оттяжка ОТ4; 3 — натяжная гирлянда;
 4 — оттяжка типа ОТ5

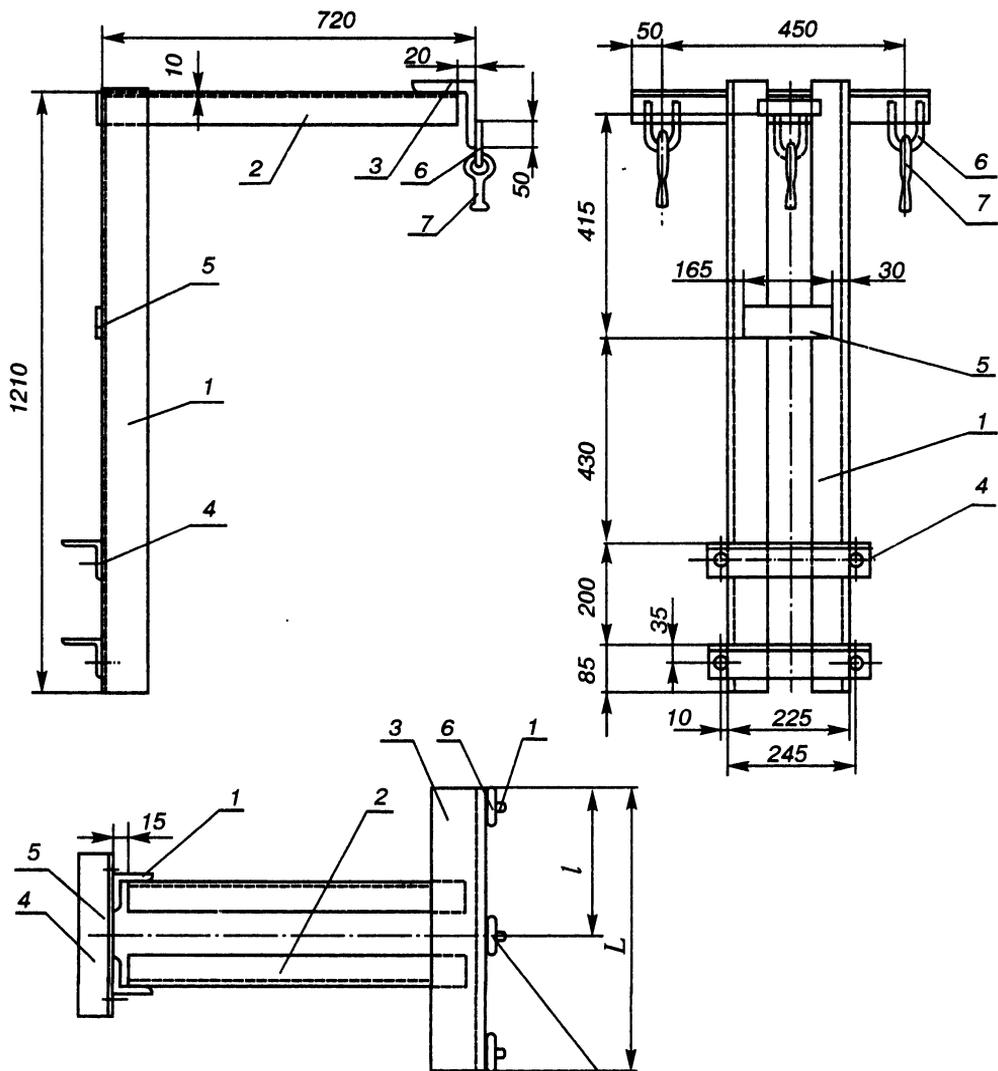


Примечания:

1. Приварку пегли поз. 4 производить после установки серьги поз. 6.
2. Марка ОТЗ устанавливается при сборке опоры.

Рис.2.4.74. Траверса ТМ21 (серия 3.407.1–143.8.20)

1,2 — уголок 70х70х5, L=1574 мм; 3 — уголок 90х90х7; 4 — петля (круг 16); 5 — полоса 6х100;
6, 7 — болт и гайка М20; 8 — серьга — СРС-7-16



Место приварки
петли поз. 6
для ТМ 31

Марка	Размер, мм		Уголок, поз. 3	Масса, кг
	L	l		
ТМ23	550	275	90x90x7	34,9
ТМ31	240	120	70x70x5	30,2

Рис. 2.4.76. Траверы ТМ23, ТМ31 (серия 3.407.1– 143.8.22)

1 — уголок 80x80x6; 2 — уголок 70x70x5; 3 — см. табл на чертеже; 4 — уголок 50x50x5; 5 — полоса 6x50; 6 — петля (круг 16); 7 — Серьга СРС-7-17

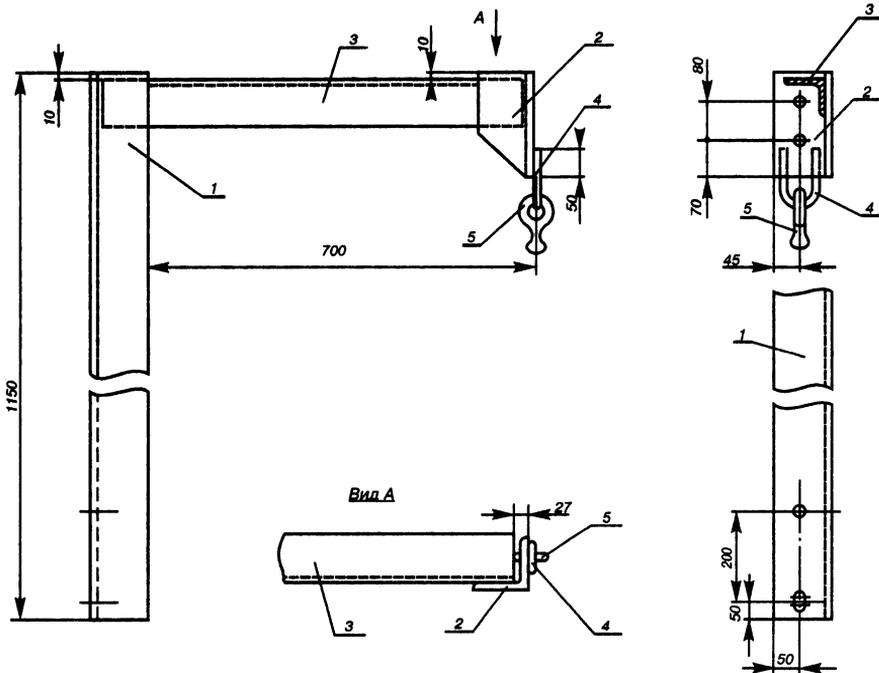


Рис. 2.4.77. Траверса ТМ6

1 — уголок 100x100x8; 2, 3 — уголок 50x50x5; 4 — штырь Ш-20-2-К-30; 5 — серьга СРС-7-16

2.4.7. Арматура для изолирующих траверс и стержневых изоляторов ВЛ 35 кВ

Траверса изолирующая ТИ-35 может быть установлена на железобетонной опоре ВЛ 35 кВ.

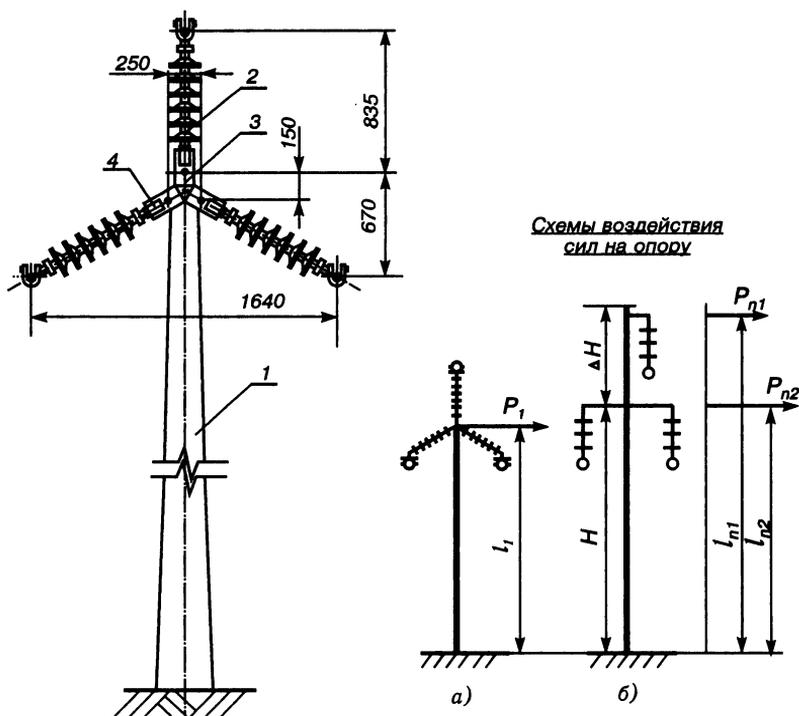
Применение траверсы ТИ-35 позволяет сократить расход ресурсов на изготовление, монтаж и эксплуатацию, а также упрощает технологию строительства ВЛ. (Рис. 2.4.78).

Изолирующие элементы, применяемые на траверсах, обладают следующими преимуществами:

— они имеют большую длину пути утечки тока и увеличенную строительную длину, что уменьшает вероятность перекрытий и отключений от грозных, коммутационных перенапряжений;

— эластичность стержней предохраняет от поломки стойку во время одностороннего обрыва проводов, т.к. снижается тяжение из-за изгиба стержней в сторону тяжения;

— имеют высокую механическую прочность.



Схемы воздействия сил на опору

Примечание.
а) — с траверсами, б) — с подвесными изоляторами, где P — сила, действующая на опору, l — расстояние до приложенной силы.

Рис.2.4.78. Траверса изолирующая ТИ-35

1 — железобетонная стойка; 2 — изолирующий элемент (состоит из стеклопластикового стержня с ребрами из силиконового эластомера); 3 — узел крепления изолирующих элементов; 4 — хомут для присоединения траверсы к стойке

2.4.8. Накладки, оголовки, кронштейны для крепления штыревых и подвесных изоляторов на железобетонных опорах ВЛ 6–10 кВ

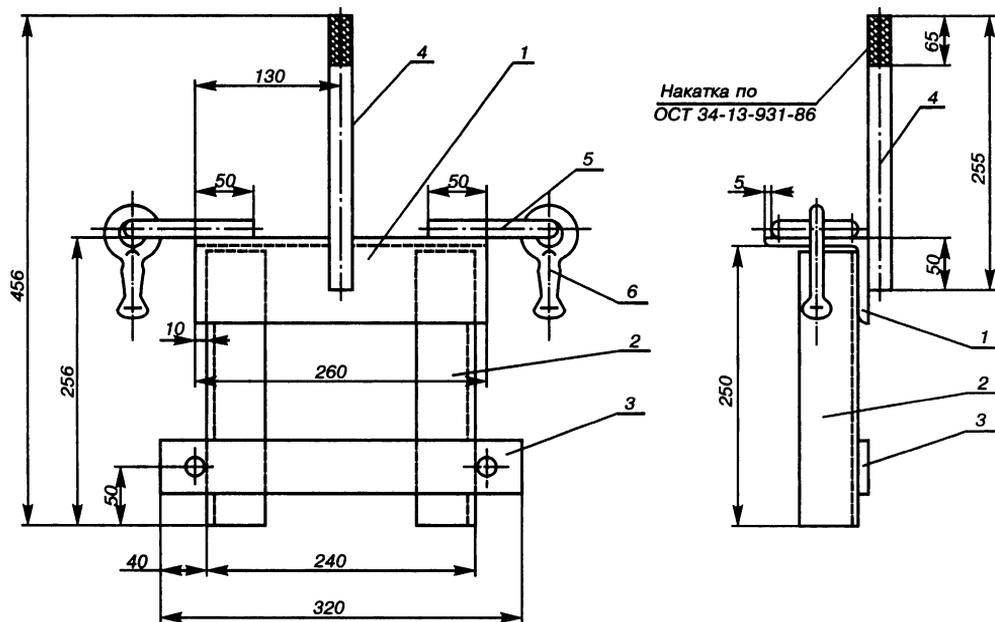
1. Накладки, оголовки, кронштейны для крепления подвесных изоляторов.

Ниже представлена вспомогательная линейная арматура, дополняющая основную (траверсы и др.).

Накладка ОГ2 (рис. 2.4.79), ОГ12 (рис. 2.4.80), ОГ6, ОГ5, ОГ14, соответственно рис. 2.4.81; 2.4.82; 2.4.85 предназначены для крепления подвесных изоляторов верхней фазы ВЛ в дополнение к выше перечисленным двухфазным траверсам.

На рис. 2.4.83 изображен узел крепления гирлянды, который может быть использован для крепления подвесных изоляторов одной фазы на угловых анкерных опорах ВЛ.

На рис. 2.4.84 кронштейн У2 применяется на деревянных анкерных угловых опорах. Крепят их болтами.



Примечание.

Приварку петли поз. 5 производить после установки серьги поз. 6

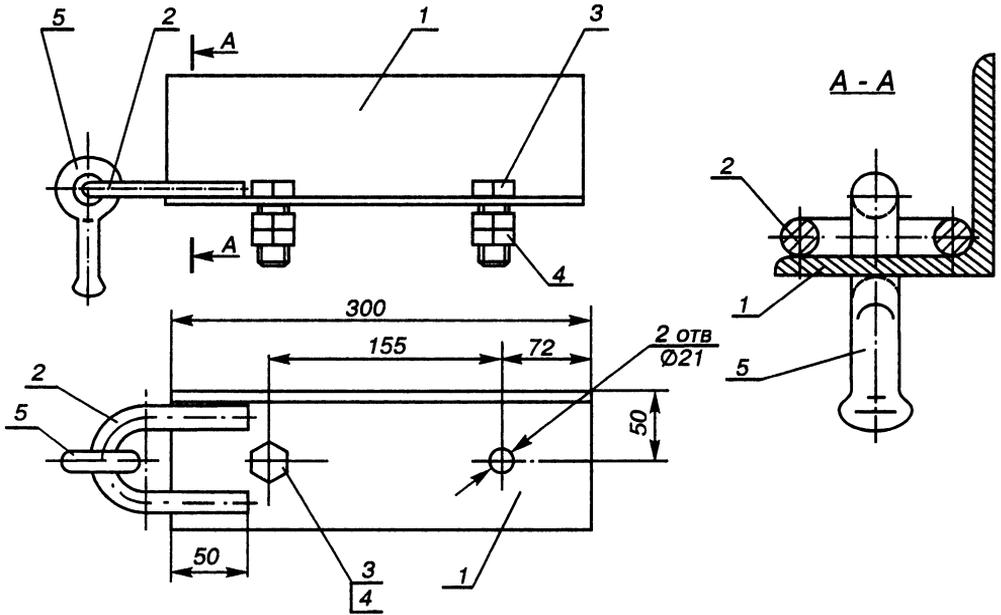
Рис. 2.4.79. Накладка ОГ2 (серия 3.407.1-143.8.33)

1 — уголок 60х60х5; 2 — уголок 50х50х5; 3 — полоса 6х50; 4 — круг 16; 5 — петля (круг 16); 6 — серьга СРС-7-16

2. Накладки, оголовки, кронштейны для крепления штыревых изоляторов на опорах ВЛ 6–10 кВ.

Оголовки ОГ7 (рис.2.4.86), ОГ1 (рис.2.4.87), кронштейн РА5 (рис. 2.4.89), накладка ОГ5 (рис.2.4.91), накладка ОГ9 (рис.2.4.92) предназначены для крепления штыревых изоляторов верхних фаз ВЛ в сочетании с двухфазными траверсами, приведенными выше.

Кронштейн ТМ33 (рис. 2.4.93) предназначен для промежуточных опор ВЛ, а кронштейн (рис.2.4.94) предназначен для крепления одной фазы ВЛ на угловых опорах.



Примечание.

Приварку петли поз. 2 производить после установки серьги поз. 5.

Рис. 2.4.80. Накладка ОГ12 (серия 3.407.1-143.8.35)

1 — уголок 90х90х7; 2 — петля (круг 16); 3, 4 — болт и гайка М20; 5 — серьга СРС-7-16

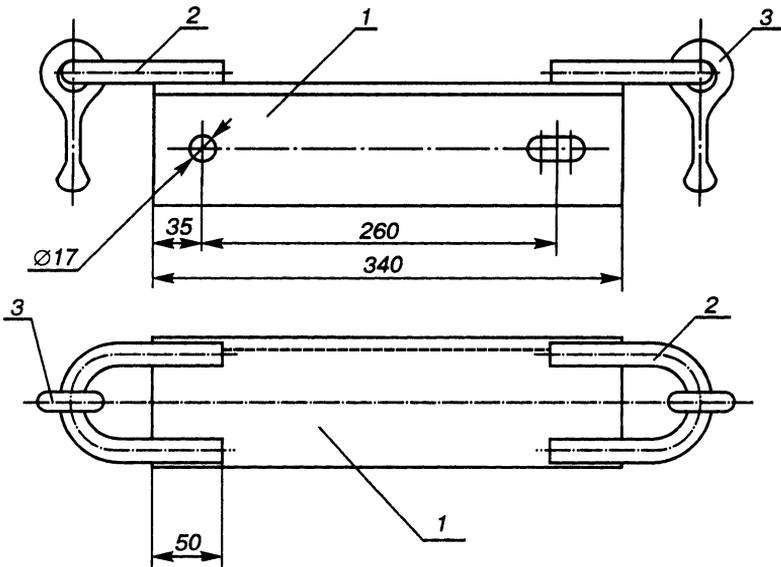


Рис. 2.4.81. Накладка ОГ6 (серия 3.407.1-143)

1 — уголок 90х90х7; 2 — петля (круг 16); 3 — серьга СРС-7-16

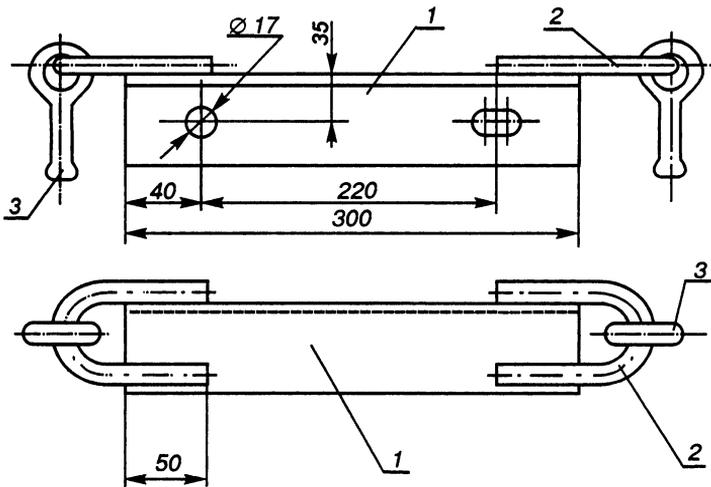
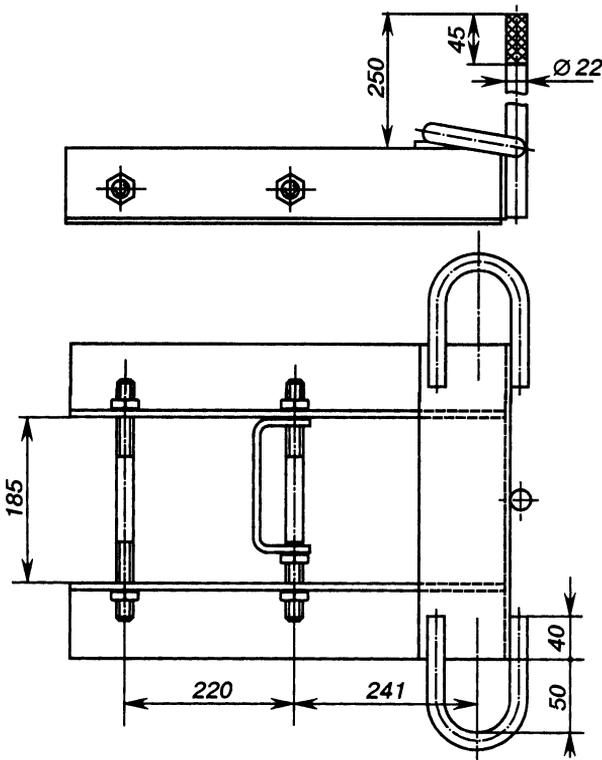


Рис. 2.4.82. Накладка ОГ5 (серия 3.407.1-143)
1 — уголок 90x90x7; 2 — петля (круг 16); 3 — серьга СРС-7-16



Примечание. Подвесные изоляторы крепят с помощью скобы СК-16.

Рис. 2.4.83. Узел крепления гирлянды из подвесных изоляторов
угловых опор ВЛ 6-10 кВ

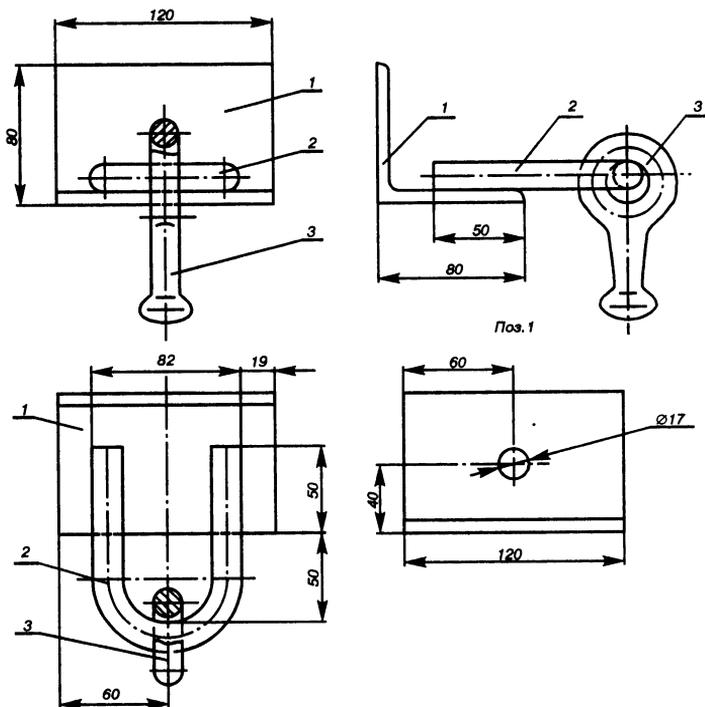


Рис. 2.4.84. Кронштейн У2

1 — уголок 80x80x6; 2 — петля (круг 16), $L=270$ мм; 3 — серьга СРС-7-16

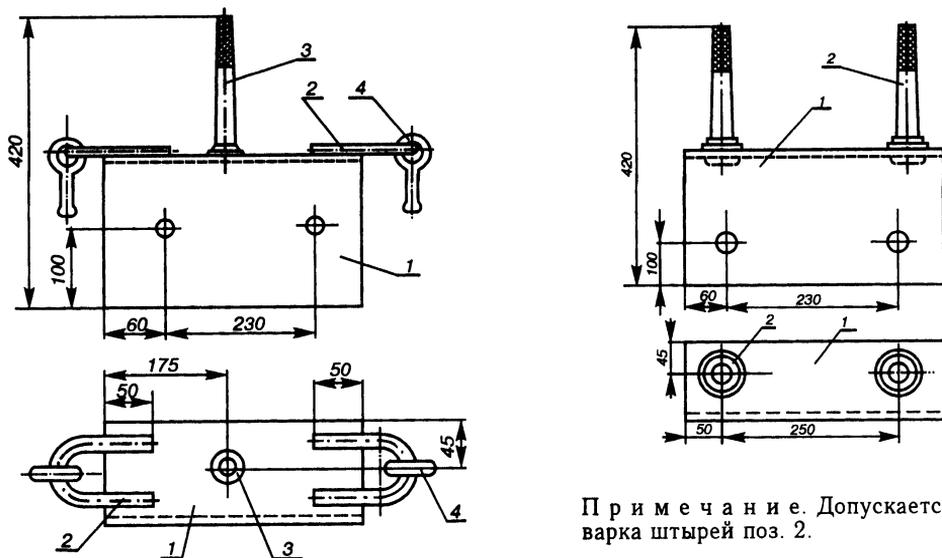


Рис. 2.4.85. Оголовок ОГ14

1 — лист 6 мм; 2 — петля (круг 16), $L=320$ мм;
3 — штырь Ш-20-2-К-30; 4 — серьга СРС-7-16

Рис. 2.4.86. Оголовок ОГ7
(серия 3.407.1-143.8.30)

1 — лист 6 мм; 2 — штырь Ш-20-2-К-30

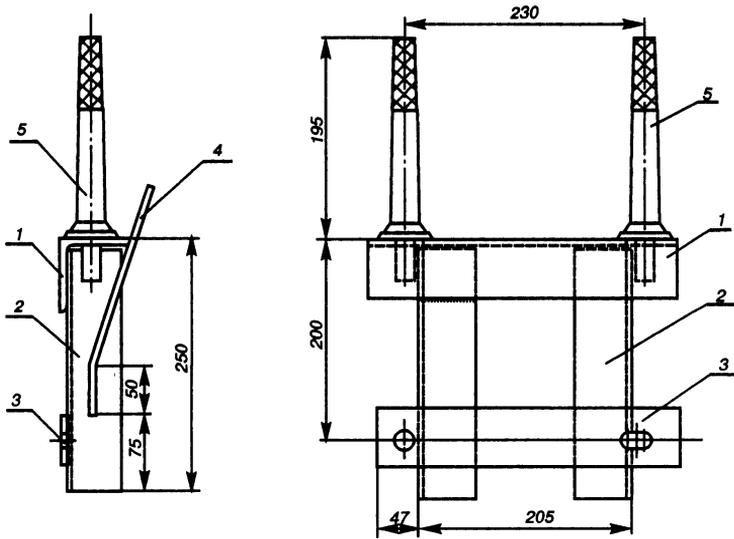


Рис. 2.4.87. Оголовок ОГ1 (серия 3.407.1-143.8.26)

1 — уголок 70х70х5; 2 — уголок 50х50х5;
3 — полоса 6х50; 4 — круг 10, $l=300$ мм; 5 — штырь Ш-24-С-55

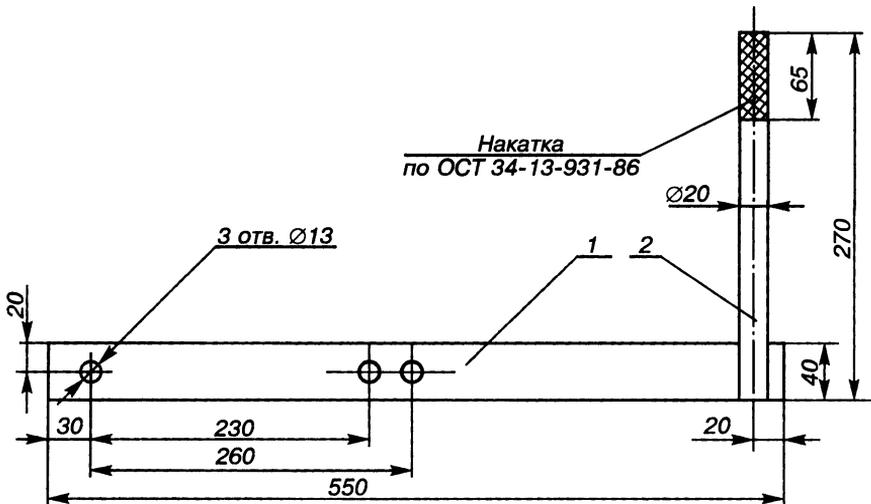


Рис. 2.4.88. Кронштейн РА4 (серия 3.407.1-143.8.66)

1 — полоса 5х40; 2 — круг 20

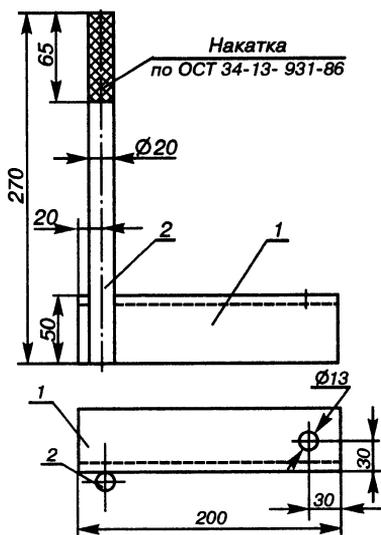


Рис. 2.4.89. Кронштейн РА5 (серия 3.407.1-143.8.67)
1 — уголок 50х50х5; 2 — круг 20

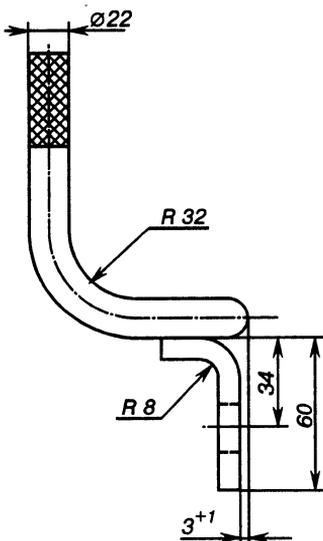


Рис. 2.4.90. Крюк для верхней фазы — к изолятору ШФ-20В

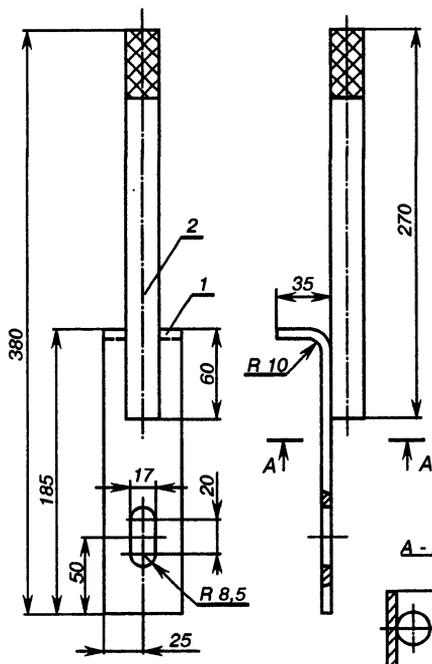


Рис. 2.4.91. Накладка ОГ5
1 — полоса 5х50; 2 — круг 20

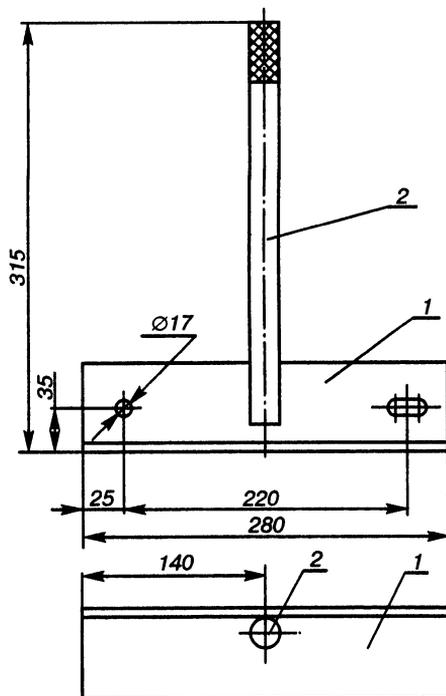
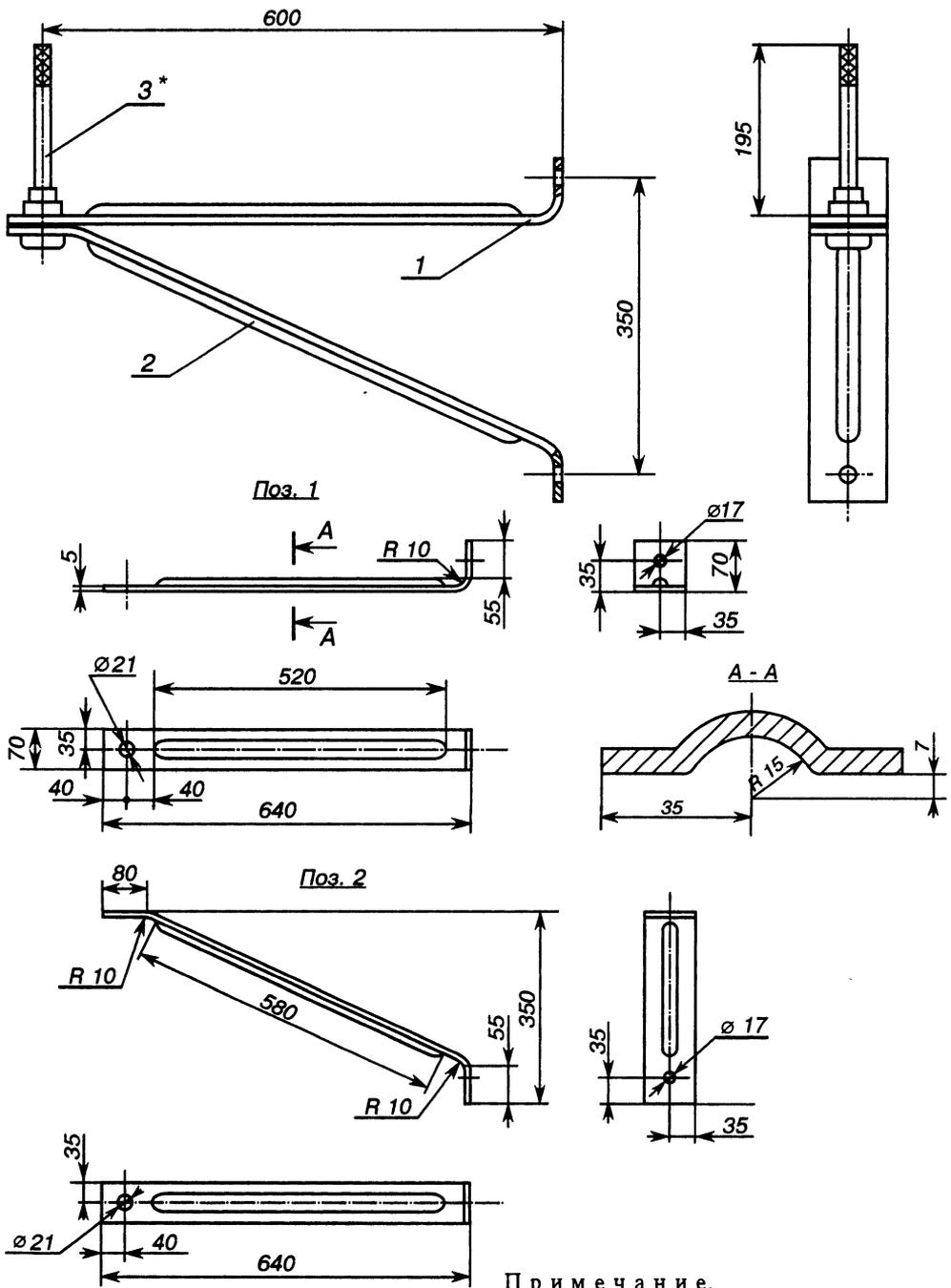


Рис. 2.4.92. Накладка ОГ9 (серия 3.407.1-143.8.32)
1 — уголок 70х70х5; 2 — круг 22



Примечание.
* Крепить способом холодной опрессовки.

Рис. 2.4.93. Кронштейн ТМ33 (серия 3.407.1-143. 17)
1 — полоса 5x70, $l=700$ мм; 2 — полоса 5x70, $l=770$ мм; 3 — штырь Ш-20-2-К-30

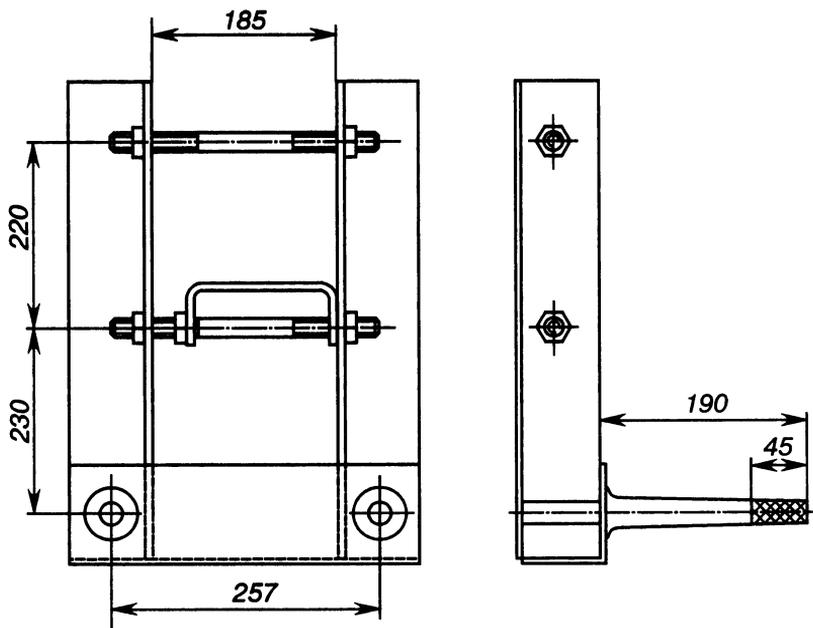
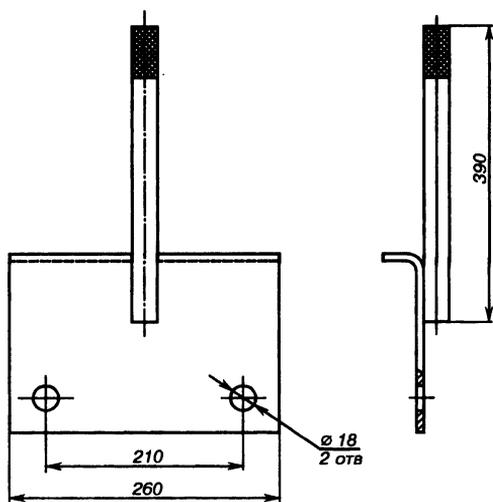


Рис. 2.4.94. Кронштейн двойного крепление фазы на угловой опоре ВЛ 6–10 кВ



Примечание.

Кронштейн может быть использован для двойного крепления провода верхней фазы ВЛ 6–10 кВ (при наличии у стойки опоры типового штыря).

Рис. 2.4.95. Кронштейн к ж.б. стойке, у которой нет штыря для изолятора верхней фазы ВЛ 6–10 кВ

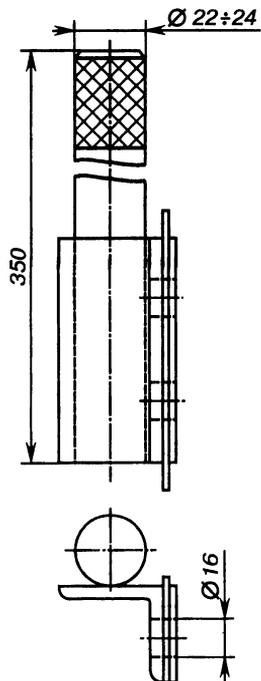


Рис. 2.4.96. Кронштейн верхней фазы ВЛ 6–10 кВ

2.4.9. Кронштейны для крепления подкосов железобетонных и деревянных опор ВЛ 0,4–10 кВ

1. Крепление подкосов опор ВЛ.

Для крепления подкосов опор применяют кронштейн У1 (рис. 2.4.97) подкосы для опор ВЛ 0,4 кВ, а У4 (рис. 2.4.98) — для подкосов ВЛ 6–10 кВ.

Кронштейн У2 (старой конструкции) — рис. 2.4.99 также применяют для крепления подкосов опор ВЛ 0,4–10 кВ.

На рис. 2.4.100 и 2.4.101 приведены новый и старый кронштейны для крепления подкосов. Эти конструкции изготавливает завод РЭТО Мосэнерго для энергосистем Европейской части России. При этом на рис. 2.4.100 размеры, приведенные в скобках, предназначены для кронштейнов к подкосам опор ВЛ 6–10 кВ.

На рис. 2.4.103 представлена конструкция для крепления на опоре ВЛ 6–10 кВ линейного разъединителя РЛНД–10, РЛНДА–10.

На рис. 2.4.104 и 2.4.105 представлены финские конструкции для крепления подкосов деревянных опор ВЛ 0,4–10 кВ.

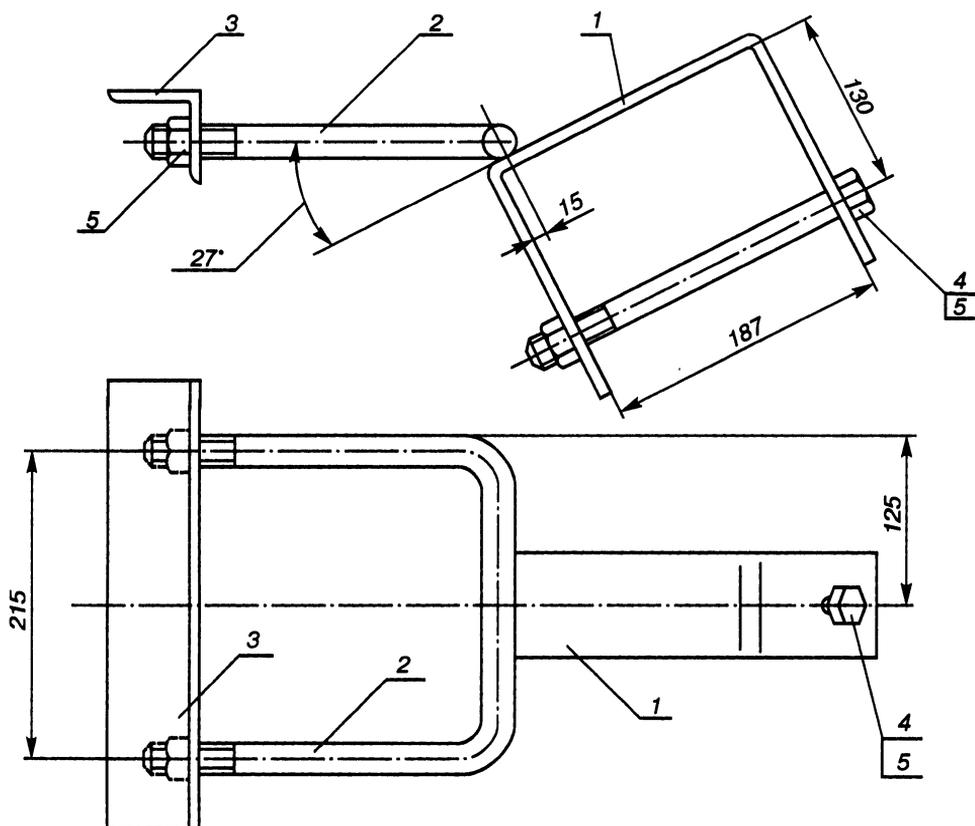


Рис. 2.4.97. Кронштейн У1 (серия 3.407.1–143.8.40)

1 — полоса 8х80, $l=550$ мм; 2 — круг 20, $l=705$ мм; 3 — уголок 70х70х5; 4, 5 — болт и гайка М20

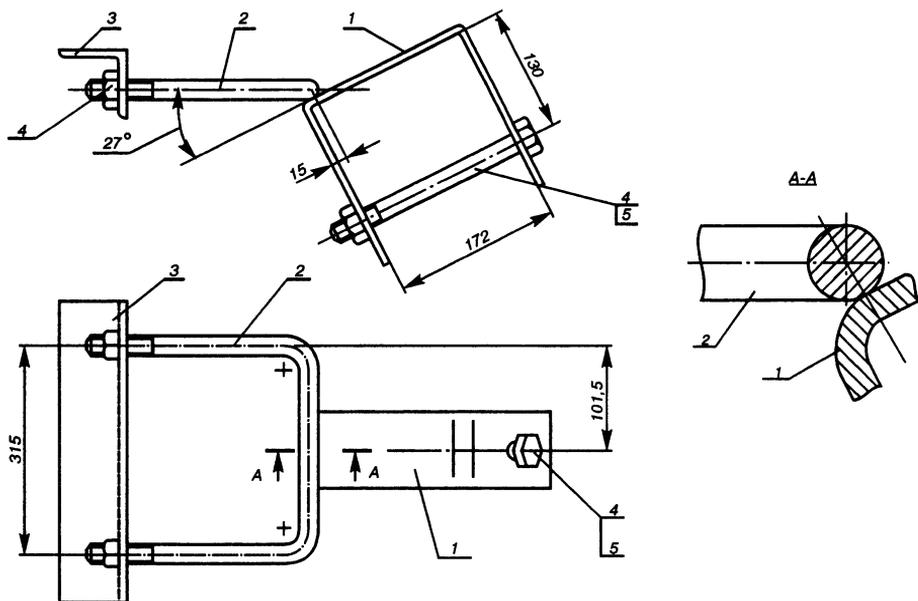


Рис. 2.4.98. Кронштейн У4 (серия 3.407.1–143.8.40)

1 — полоса 8x80, $l=540$ мм; 2 — круг 20, $l=649$ мм; 3 — уголок 70x70x5; 4, 5 — болт и гайка М20

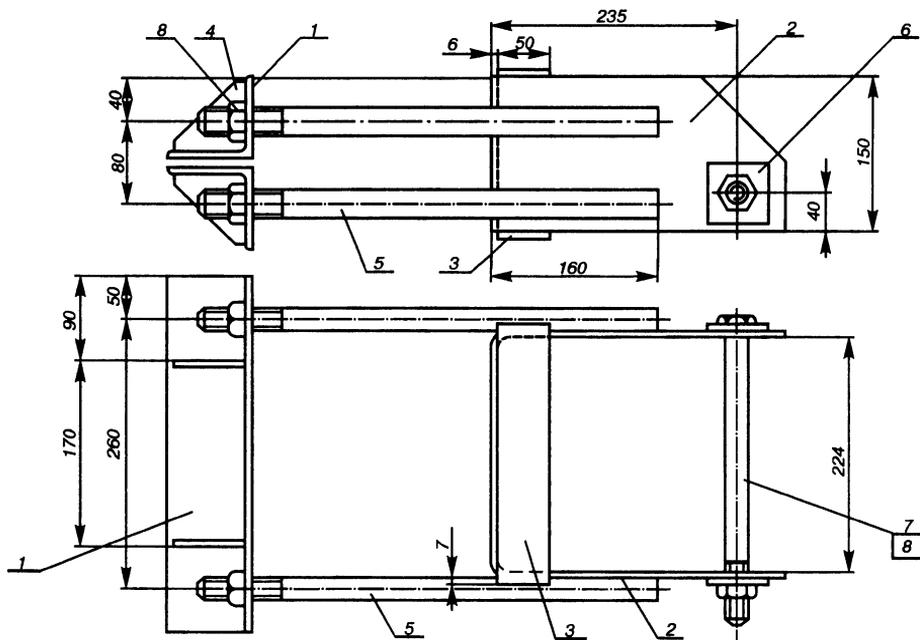
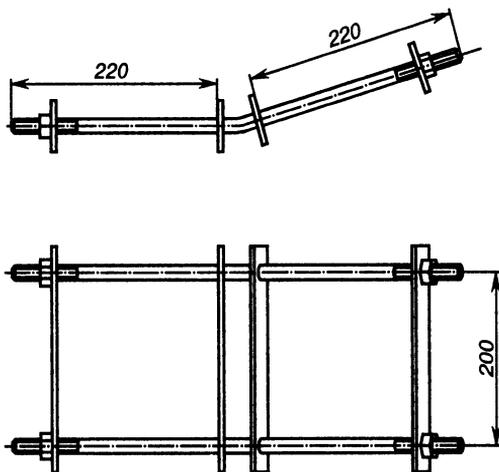
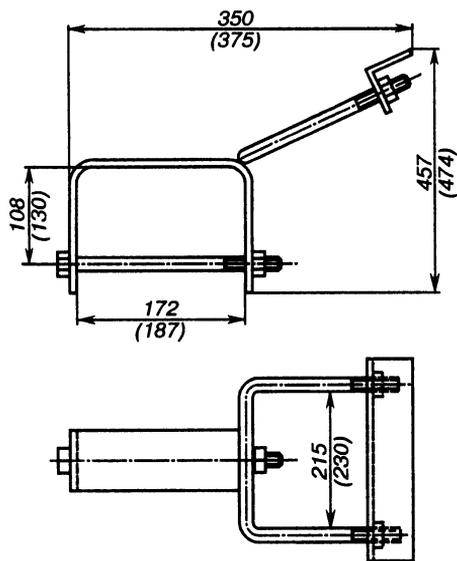


Рис. 2.4.99. Кронштейн У2 (серия 3.407.1–143.8.41)

1 — уголок 80x80x6; 2 — полоса 6x150, $l=813$ мм; 3, 4 — полоса 6x50; 5 — круг 24; 6 — полоса 6x50; 7, 8 — болт и гайка М24



Примечание.

В скобках указаны размеры узла крепления подкоса для опор ВЛ 6–10 кВ.

Рис. 2.4.101. Узел крепления подкоса (старой конструкции) — облегченный (для I и II районов по гололеду)

Рис. 2.4.100. Узел крепления подкоса железобетонных опор ВЛ 0,4–10 кВ

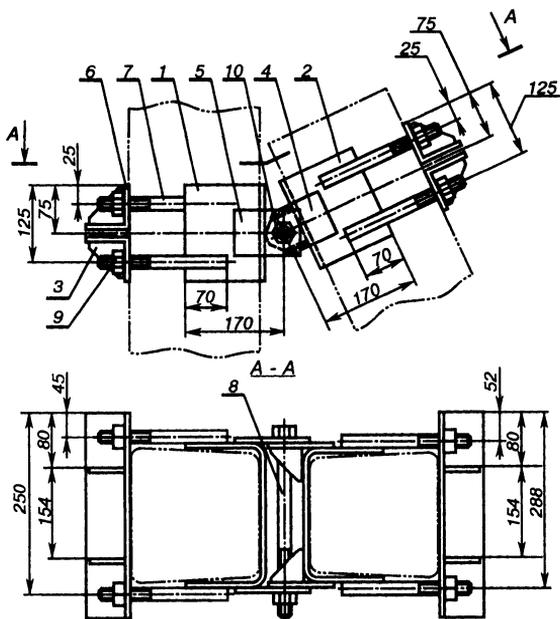


Рис. 2.4.102. Кронштейн У5 — усиленный для подкосов опор с углом поворота трассы ВЛ 6–10 кВ более 45°

1,2 — полоса 6x150; 3 — косынка усиленная из уголка 6x30; 4, 5 — полоса 6x100x90; 6 — уголок 80x80x6; 7 — круг 24; 8, 9, 10 — болт и гайка М24

2. Арматура для крепления линейных разъединителей на опорах ВЛ 6–10 кВ.

Линейные разъединители РЛНД–10, устанавливаемые на опорах ВЛ 6–10 кВ для секционирования линий, РЛНДА–10 (с заземляющими ножами), устанавливаемые на опорах мачтовых ТП или на ближайших опорах ВЛ рядов с МТП или КТП, монтируют на конструкции, приведенной на рис. 2.4.103, которая в отличие от деревянных траверс, используемых ранее, конструктивно и по материалам более долговечна и для ее монтажа требуется вдвое меньше затрат трудовых ресурсов.

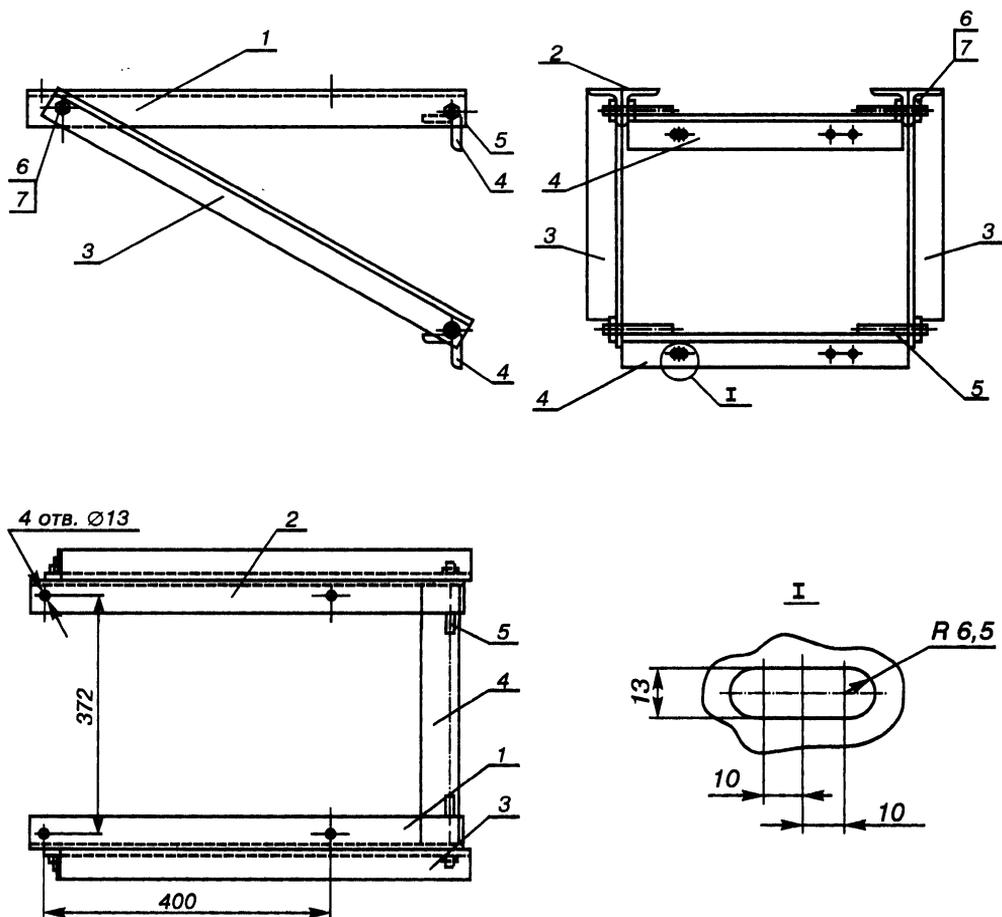


Рис. 2.4.103. Кронштейн РН1 для установки линейных разъединителей.
1, 2, 3, 4 — уголок 50х50х5; 5 — круг 12; 6, 7 — болт и гайка М12

3. Финские конструкции для крепления подкосов на деревянных опорах ВЛ 0,4–10 кВ.

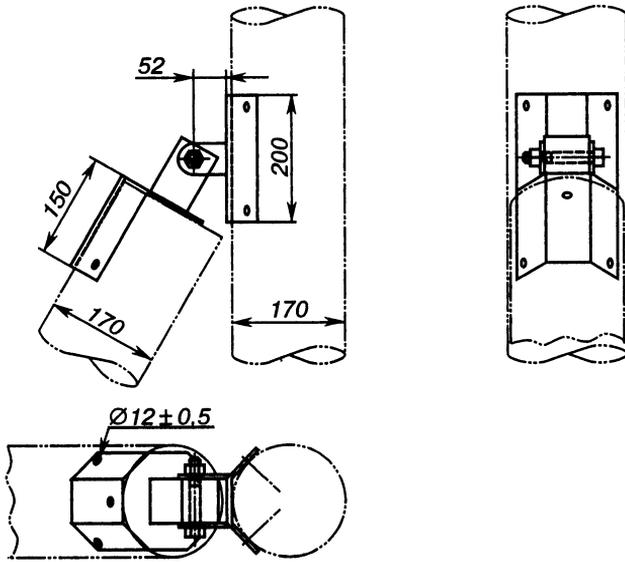


Рис. 2.4.104. SH 167 Шарнир для подкоса. Легкая модель

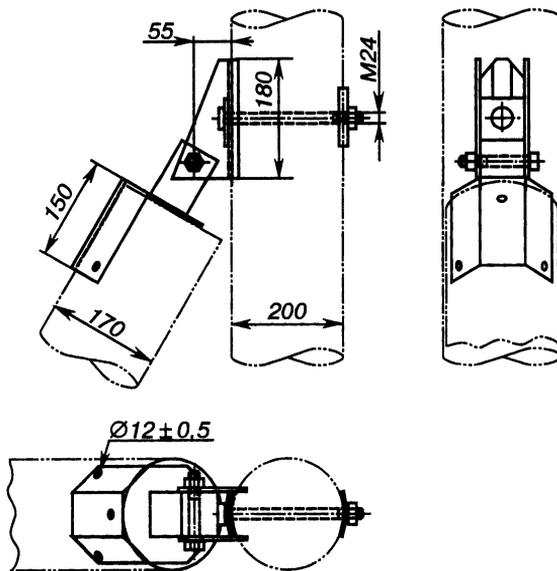


Рис. 2.4.105. SH 167.30 Шарнир для подкоса. Тяжелая модель

4. Об изготовлении траверс и вспомогательных изделий линейной арматуры по серии 3.407.1–143.8ПЗ.

Изготовление конструкций, защита их от коррозии, приемка готовых изделий, методы контроля за качеством изготовления, упаковка, транспортирование, хранение, комплектность поставки и требования к монтажу должны соответствовать ОСТ 34–72–645–83.

Технология изготовления деталей выбирается в зависимости от размера партии деталей и от возможностей предприятия.

Сварные соединения элементов конструкций осуществляются электродуговой сваркой. Тип электрода назначается в зависимости от расчетной температуры строительства и марок стали в соответствии с ОСТ 34–72–645–83.

Высота шва во всех сварных соединениях принята $h_{ш}=5$ мм, за исключением случаев, особо оговоренных на чертеже.

Разница между номинальным диаметром отверстия и стержнем в детали допускается до 2 мм в случаях, оговоренных на чертежах.

При изготовлении металлоконструкций для крепления подвесной и натяжной изолирующих подвесок в целях сокращения линейной арматуры серги СРС–7–16 закрепляются на элементах траверс при их изготовлении.

При монтаже конструкций момент затяжки болтов должен быть 100–150 Нм. Качество затяжки болтов должно контролироваться в соответствии с ОСТ 34–72–645–83.

Закрепление гаек от раскручивания производится путем забивки резьбы.

Не допускается изготовление траверс ТМ6, ТМ8, ТМ11, ТМ12, ТМ14 – ТМ23, ТМ30 и марок ОГ2, ОГ6 ... ОГ8, ОГ10, ОГ12 ... ОГ15 без приваренных петель.

В целях обеспечения требуемой механической прочности узлов и деталей линейной арматуры для подвесных и штыревых изоляторов (траверсы, кронштейны, хомуты и др.) необходимо обеспечивать достаточную конструктивную и механическую прочность сварных швов, т.е. обеспечивать оптимальную длину сварного шва изделий: для круга — не менее шести его диаметров, для плоских сопрягаемых поверхностей — не менее 60 мм.

Все детали линейной арматуры для подвесных изоляторов изготавливаются из черных металлов и оцинковываются, т.к. главной причиной их повреждений является коррозия. В качестве меры защиты арматуры от коррозии применяется покрытие ее защитной электротехнической смазкой (ЗЭС).

Однако другие детали траверс и узлов крепления подвесных изоляторов (уголок, круг, швеллер и др.) защищают от коррозии путем нанесения на них нескольких слоев краски. Для обеспечения лучшего качества защиты от коррозии краску наносят до установки траверс на опорах ВЛ.

Детали линейной арматуры должны иметь следующие запасы прочности: 2,5 — при максимальной нагрузке и 4,5 — при среднеэксплуатационной нагрузке.

2.4.10. Линейная арматура для крепления подвесных изоляторов на опорах ВЛ 6–35 кВ.

Линейная арматура для ВЛ напряжением 6–35 кВ в целях унификации изготавливается для ряда гарантированных механических нагрузок согласно ГОСТ 11359–75 «Арматура воздушных линий электропередач. Ряд гарантированных механических нагрузок и сопряжения деталей».

Линейная арматура, предназначенная для использования подвесных изоляторов, служит для соединения изоляторов в гирлянды, подвески гирлянд на опорах, крепления к ним проводов, соединения типовых деталей арматуры между собой и др.

Арматура должна обладать большой механической прочностью, хорошей шарнирностью и высокой коррозионной стойкостью. Ее изготавливают из ковкого чугуна и стали и оцинковывают.

В зависимости от назначения линейную арматуру разделяют на сцепную, поддерживающую, натяжную, соединительную, контактную (последние две, как тесно связанные с проводами, относятся также и к арматуре для штыревых изоляторов и их проводов) и защитную.

Сцепная арматура служит для соединения элементов подвесок и крепления их к опорам ВЛ (скобы, промежуточные звенья, коромысла, узлы крепления, серги, уши, двусторонние пестики).

Поддерживающая арматура используется для крепления проводов или молниезащитных тросов на промежуточных опорах (поддерживающие зажимы — глухие, с заделкой ограниченной прочности, скользящие и выпускающие).

Натяжная арматура предназначена для крепления проводов, молниезащитных тросов, оттяжек опор и восприятия нагрузки от их тяжения (болтовой натяжной, анкерный клиновой и клыковой зажимы).

Соединительная арматура предназначена для соединения проводов и тросов (овальный, прессуемый и плащечный соединительные, ремонтный и болтовой зажимы).

Контактная арматура применяется для облегченного токоведущего соединения, а также для присоединения проводов к электрооборудованию и их ответвлений (аппаратный, ответвительный и заземляющий зажимы).

Защитная арматура используется для защиты изолирующих подвесок, изоляторов, проводов, молниезащитных тросов от электрических и механических повреждений (балласт, гаситель вибрации, изолирующая распорка и др.).

Линейную арматуру, перечисленную выше, можно разделить по ее назначению и использованию еще на две группы.

К первой группе арматуры относятся: серги, уши, скобы, звенья промежуточные, коромысла, узлы крепления гирлянд. Они предназначены для соединения изоляторов в гирлянды и крепление гирлянд к траверсам опор ВЛ.

Ко второй группе арматуры относятся: поддерживающие и натяжные зажимы, соединительные зажимы, петлевые зажимы, ремонтные зажимы, балласты и гасители вибрации, изолирующие распорки проводов. Они обеспечи-

вают крепление проводов к гирляндам и др.

Конструктивное исполнение, материалы, прочностные характеристики и размеры этой группы арматуры определяются маркой и сечением провода или каната, на которых монтируется арматура. Номера чертежей арматуры (марки изделий) составляются из типоразмеров и цифры, обозначающей порядковый номер исполнения данного изделия. В обозначении типоразмеров буквенные индексы обозначают сокращенное наименование изделия, следующее цифровое — его механическую прочность в кН, сечение монтируемого провода или каната.

Например:

а) поддерживающий глухой зажим для проводов: марки М сечением 25 ... 50 мм²; марок А, АН, АЖ и ПС сечением 25 и 35 мм²; марки АС сечением 25/4,2 и 35/6,2 мм² пятого исполнения, типоразмер ПГ–1, номер чертежа (марка изделия) ПГ–1–5;

б) зажим соединительный овальный для проводов: марок А, АН, и АЖ сечением 35 мм² и марки АС–35/6,2, типоразмер СОАС–35, номер чертежа СОАС–35–2А;

в) ушко однолапчатое марки У1–6–16, типоразмер У1–6, исполнение 1; 6 — механическая прочность, кН; 16 — диаметр стержня серьги или изолятора комплектуемой гирлянды изоляторов, мм.

Линейная арматура, на которую не указан ГОСТ, изготавливается по техническим требованиям ГОСТ 13276–79. Для линий электропередачи, проходящих в районах промышленного загрязнения атмосферы с повышенной химической активностью среды, в районах солончаков и морского побережья, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III, но при условии содержания в атмосфере сернистого газа, превышающего 150 мг/м²·сутки (1,5 мг/м³), и хлористых солей, превышающих 2,0 мг/м²·сутки, следует применять линейную арматуру с повышенными механическими характеристиками (см. ниже).

2.4.11. Сцепная арматура подвесных изоляторов

Сцепная арматура для воздушных линий электропередачи по конструктивному исполнению подразделяется на следующие виды: серьги (рис. 2.4.106), скобы (рис. 2.4.108), ушки (рис. 2.4.107) и узлы крепления, которые служат для соединения изоляторов в гирлянды и для их крепления к траверсам опор.

Выбор сцепной арматуры производят по разрушающей нагрузке изоляторов в гирлянде. Например, в одноцепной гирлянде, составленной из изоляторов типа ПФ–70, применяются серьги, скобы, ушки и другая арматура, имеющая разрушающую нагрузку не менее 60 кН.

Для присоединения поддерживающих и натяжных зажимов к пестикю подвесного изолятора используются ушки и скобы. Ушки изготавливаются однолапчатыми и двухлапчатыми (рис. 2.4.108 2.4.109). Размеры деталей ушек согласуются с размерами деталей зажимов и изоляторов соответствующего ряда прочности.

Присоединение верхнего изолятора к опоре производится с помощью се-

рег (рис.2.4.106), скоб и узлов крепления. Серьги изготавливаются согласно ГОСТ на нагрузки от 70 до 400 кН. Для выравнивания длин подвесок, получения удлиненных подвесок, соединения элементов спаренных и многоцепных параллельных подвесок используется дополнительная арматура — промежуточные звенья и коромысла; узлы крепления показаны на рис. 2.4.110 ... 2.4.117. Все элементы линейной арматуры координируются по прочности с основными элементами — изоляторами и проводами.

Для предупреждения расщепления серег и изоляторов между собой деталь, заходящая в паз шапки изолятора, шплинтуется замком. При этом должна обеспечиваться шарнирность в сопряжениях арматуры и подвесных изоляторов.

1. Серьги (ТУ 3413.10272-88)

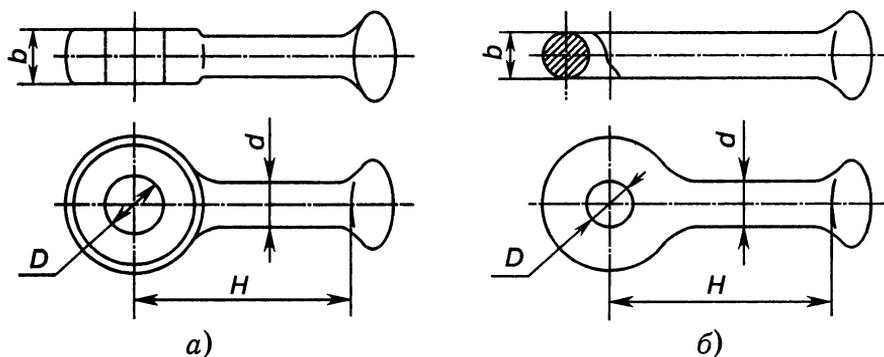


Рис. 2.4.106. Серьги

Таблица 2.4.13. Серьги

Марка серьги	Рис 2.4.106	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		d	D	b	H		
СР-4-11	а	11,9	15	14	50	40	0,12
СР-7-16		17	17	16	65	70	0,3
СР-12-16		17	23	22	65	120	0,41
СР-16-20		21	26	25	70	160	0,55
СР-21-20		21	29	28	80	210	0,65
СР-30-24		25	38	36	100	300	1,35
СР-40-28		29	42	40	120	400	1,73
СРС-4-11	б	11,9	17	11	46,5	40	0,12
СРС-7-16		17	23	17	65	70	0,32
СРС-7-16А		17	17	14	55,5	70	0,26

Серьги (рис.2.4.106) предназначены для составления изолирующих подвесок проводов и молниезащитных тросов воздушных линий электропередачи, для соединения гирлянд изоляторов с линейной арматурой: скобами, узлами крепления и ушками. Серьги комплектуются с изоляторами с учетом соответствия механических прочностных характеристик. При непосредственном креплении гирлянд изоляторов к деревянным траверсам опор серьгу заранее сопрягают со сварным болтом.

Серьги соединяются пестиком с шапкой изолятора или ушком. Размер гнезд шапок изоляторов и ушек должны соответствовать размерам пестиков серег по ГОСТ 27396–93. Соединяемые размеры проушин соответствуют требованиям ГОСТ 11359–75.

Серьги соответствуют требованиям ТУ 34 13.10272–88.

В табл. 2.4.13 приведены краткие сведения о серьгах.

Серьги комплектуются с изоляторами следующим образом: СР–7, СРС–7, СРП–7 с изоляторами шеститонного ряда, СР–12 — с изоляторами двенадцатитонного ряда. Сопрягаемые размеры головки серьги и стержня соответствуют ГОСТ 11619–82, сопрягаемые размеры проушины с цилиндрическим отверстием соответствуют ГОСТ 11359–75.

Проушина серьги марки СРС–7–16 с отверстием, имеющим скругленные края, сопрягается с U-образной скобой на металлической траверсе или со сварным болтом деревянной траверсы опоры.

2. Ушки

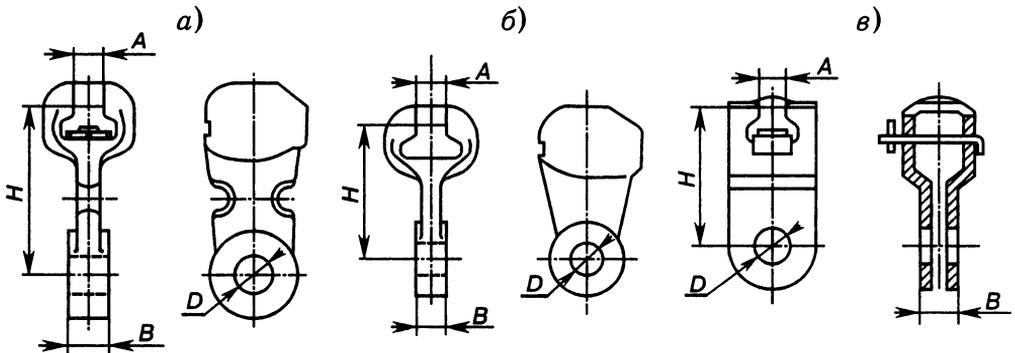


Рис. 2.4.107. Ушки

Таблица 2.4.14. Ушки

Марка ушка	Рис 2.4.107	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		H	A	B	D		
У1–4–11	a	80,5	12,5	14	15	40	0,53
У1–7–16	a	96,5	19,2	16	17	70	0,67
У1–12–16	a	102,5	19,2	22	23	120	1,05
У1К–7–16	б	77	19,2	16	17	70	0,62
У1–4/7–11/16	в	66	12,5	16	17	40	0,29

Ушки предназначены для крепления к подвесным изоляторам различных видов линейной арматуры. Каждый тип ушка по механической прочности и конструктивным размерам соответствует определенному типу изолятора.

Ушки однолапчатые предназначены для соединения стержня подвесного изолятора или серьги с другой линейной арматурой. Гнездо сферического шарнирного соединения ушек выполняется по ГОСТ 27396–93.

Соединяемые размеры проушин соответствуют требованиям ГОСТ 11359–75. Ушки комплектуются W-образными замками для запираения стержня изолятора или пестика серьги.

Ушки соответствуют требованиям ТУ 34 13.11309–88.

В табл. 2.4.14 приведены краткие сведения ушек.

Ушки изготавливаются следующих типов: У1 — однолапчатые; У2 — двухлапчатые; УС и УЦ — специальные; укороченные и переходные. Двухлапчатые ушки комплектуются пальцами с резьбовыми концами, гайками, шайбами и шплинтами.

Ушки комплектуются:

У1–6–16 и У2–6–16 с изоляторами шеститонного ряда со стержнем $\varnothing 16$ мм;

У1–12–16 и У2–12–16 с изоляторами двенадцатитонного ряда со стержнем $\varnothing 16$ мм;

У1–12–20 и У2–12–20 с изоляторами двенадцатитонного ряда со стержнем $\varnothing 20$ мм;

Сопрягаемые размеры гнезд сферического шарнира ушек выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 11619–85, а проушины по ГОСТ 11359–75.

Переходные ушки предназначены для перехода с одной нагрузки на другую.

Например:

У1–12/16–20 — ушко однолапчатое переходное с гарантированной механической нагрузкой 120 кН позволяет выполнять сопряжения с деталями, рассчитанными на нагрузку 160 кН для сопряжения с изолятором, имеющим стержень диаметром 20 мм.

3. Скобы (ТУ 34 13. 11420–89)

Скобы предназначены для шарнирного крепления гирлянд изоляторов и грозозащитных тросов к опорам воздушных линий передачи.

Скобы представляют собой промежуточные элементы подвесок, обеспечивающие поворот осей шарниров на 90° .

Скобы выпускаются трех типов:

а) СК, СКД — скоба с цепным шарниром (рис. 2.4.108, табл. 1.4.15);

б) 2СК — скоба двойная плоская;

в) СКТ — скоба трехлапчатая плоская (рис. 2.4.109, табл. 2.4.16).

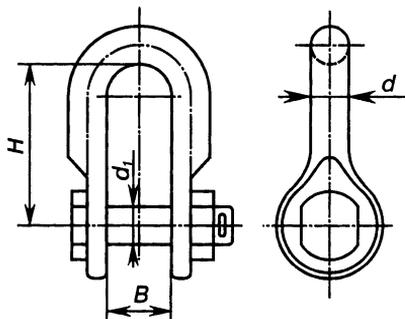


Рис. 2.4.108. Скобы типа СК и СКД

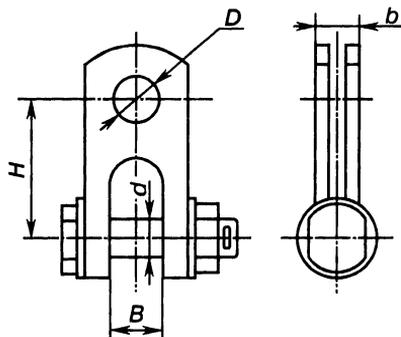


Рис. 2.4.109. Скобы типа SKT

Таблица 2.4.15. Скобы марок СК и СКД (рис. 2.4.108)

Марка скобы	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>d₁</i>		
СК-4-1	15	45	10	14	40	0,2
СК-7-1	17	50	14	16	70	0,38
СК-12-1	23	65	18	22	120	0,91
СК-16-1	26	70	20	25	160	1,22
СК-21-1А	29	75	24	28	210	1,82
СК-30-1А	38	100	28	36	300	2,97
СК-60-1А	47	125	38	45	600	6,44
СК-75-1А	52	125	40	50	750	10,91
СК-90-1А	58	150	48	56	900	12,22
СК-110-1А	62	150	53	60	1100	16,43
СК-120-1	67	180	60	65	1200	22,5
СК-135-1	72	180	60	70	1350	23,2
СК-180-1	82	220	70	80	1800	35,9
СК-270-1	110	270	85	108	2700	66,0
СКД-10-1	19	80	16	18	100	0,67
СКД-12-1	23	82	18	22	120	1,16
СКД-16-1	26	105	20	25	160	1,36
СКД-21-1	29	115	24	28	210	2
СКД-45-1	42	170	34	40	450	6,03

Таблица 2.4.16. Скобы марки СКТ (рис 2.4.109)

Марка скобы	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>d</i>		
СКТ-4-1	60	15	14	15	14	40	0,24
СКТ-7-1	60	17	16	17	16	70	0,46
СКТ-12-1	70	23	22	23	22	120	0,93
СКТ-16-1	80	26	25	26	25	160	1,52
СКТ-21-1А	90	29	28	29	28	210	1,96
СКТ-30-1А	110	38	36	38	36	300	3,53

Скобы типа СК и СКД предназначены для перехода с шарнирного цепного соединения на соединение типа «палец-проушина», изменения расположения оси шарнирности, сцепления арматуры, рассчитанной на разные нагрузки.

Скобы типа СК и СКД имеют с одной стороны двухлапчатую проушину по ГОСТ 11359-75, а с другой обеспечивают сопряжение цепного типа по тому же стандарту.

Скобы типа СК позволяют осуществить переход со скобы одного ряда нагрузок на скобы типа СК соседнего большего или меньшего ряда нагрузок через сопряжение цепного типа.

Скобы типа СКД имеют увеличенную строительную высоту. Применение их в подвесках рекомендуется только в исключительных случаях.

Скобы типа СКТ имеют с одной однолапчатую проушину с сопряжением по ГОСТ 11619-75, а с другой стороны двухлапчатую проушину по тому же стандарту и называются «трехлапчатыми». Скобы СК, 2СК, СКТ изготавливаются по ГОСТ 11359-75 и ТУ 34 13. 1142-89.

Скобы с разрушающей нагрузкой 70 кН комплектуются гладким пальцем, шайбой и шплинтом. Скобы с разрушающей нагрузкой более 70 кН комплектуются пальцем только с резьбовым концом, гайкой, шайбой и шплинтом. Скобы сопрягаются с другими элементами гирлянды данного ряда нагрузок.

4. Узлы крепления гирлянд изоляторов к опорам

Узлы крепления гирлянд изоляторов к опорам в процессе эксплуатации подвергаются не только растягивающим, но и изгибающим нагрузкам, а поэтому должны отвечать следующим требованиям:

— узлы крепления натяжных и поддерживающих гирлянд должны иметь две взаимоперпендикулярные плоскости шарнирности с минимальными расстояниями между осями шарниров и плоскостью заделки узла крепления для снижения изгибающих моментов в конструкции;

— по механической прочности узлы крепления гирлянд должны удовлетворять условиям приложения как растягивающих, так и изгибающих нагрузок;

— узлы крепления должны быть удобны в монтаже.

Узлы крепления предназначены для шарнирного крепления с подвижностью в двух взаимно перпендикулярных плоскостях изолирующей подвески элементов крепления грозозащитного троса к опоре.

По механической прочности узлы крепления рассчитаны как на растягивающие, так и на изгибающие нагрузки, одновременно они отвечают требованиям удобства монтажа.

Узлы крепления к опорам поддерживающих подвесок типа КГП (рис. 2.4.110) имеют механическую прочность, гарантирующую их номинальную разрушающую нагрузку при углах отклонения подвески до 45° в направлениях вдоль и поперек линии электропередачи.

Узлы крепления типа КГП для поддерживающих подвесок изоляторов имеют размеры, соответствующие привязочным размерам унифицированных промежуточных опор, разработанных институтом Энергосетьпроект при различных типах изоляторов в подвесках, крепящихся к этим опорам.

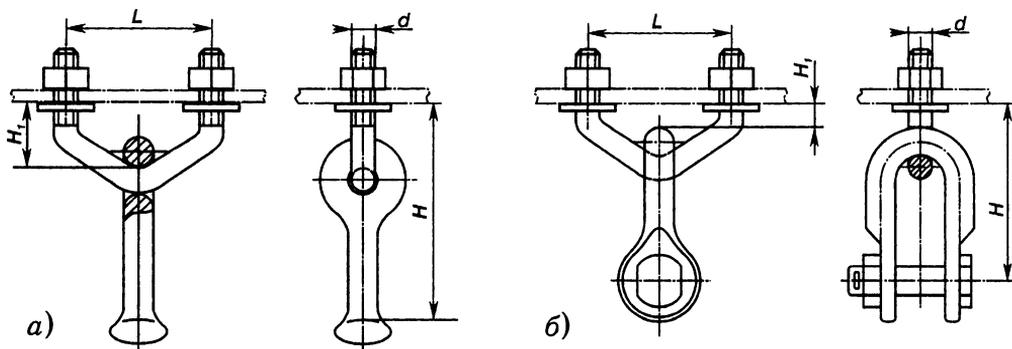


Рис. 2.4.110. Узел крепления типа КГП
 а) — комплектуется серьгой; б) — комплектуется скобой

Таблица 2.4.17. Узлы крепления КГП

Марка узла	Рис 2.4.110	Размеры, мм				Комплектуется	Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		L	H	H ₁	d			
КГП-7-2Б	a	80	116	39	20	серьгой	70	1,12
КГП-7-3	a	80	—	32	16	—	70	0,44
КГП-16-3	a	80	—	39	20	—	160	0,81
КГП-21-3	a	100	—	38	24	—	210	1,22
КГП-4-1	б	80	77	22	16	скобой	40	0,6
КГП-7-1	б	80	82	18	16	скобой	70	0,8
КГП-12-1	б	80	104	21	20	скобой	120	2,0
КГП-16-1	б	100	113	18	24	скобой	160	2,43
КГП-16-2	б	80	109	19	20	скобой	160	2,0
КГП-21-2	б	100	118	14	24	скобой	210	3,0

Узел крепления КГТ-9/12-20 (рис. 2.4.111) предназначен для крепления натяжной подвески с гарантированной разрушающей нагрузкой 9 тс при углах отклонения до 30° в плоскости U-образного болта и до 20° в плоскости ей перпендикулярной.

В режиме работы поддерживающей подвески узел имеет гарантированную прочность 120 кН.

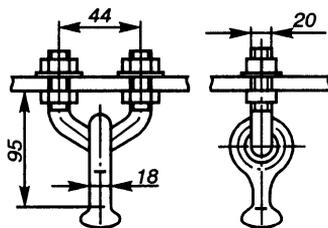


Рис. 2.4.111. Узел крепления подвесок изоляторов КГТ-9/12-20

Узел крепления КГТ-7-1 предназначен для крепления поддерживающих подвесок молнезащитных тросов к деревянным опорам.

Минимальная разрушающая нагрузка — 70 кН, масса — 3,7 кг.

Узел крепления КГТ-7-1 соответствует требованиям ТУ 34 13.11421-89.

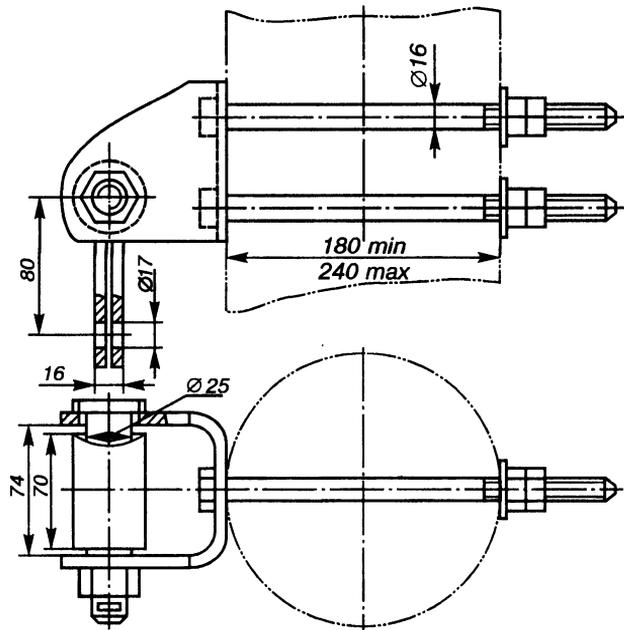
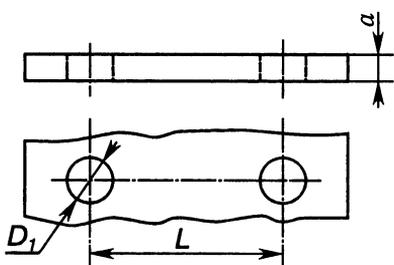


Рис. 2.4.112. Узел крепления КГТ-7-1



Марка узла крепления	Размеры, мм			
	a		$D_1^{+0,5}$	$L \pm 0,5$
	мин.	макс.		
КГП-7-1	6	8	17	80
КГП-7_2Б	12	16	21,5	80
КГП-12-1	12	16	21,5	80
КГП-16-2	12	16	21,5	80
КГП-16-1	12	16	25,0	100
КГП-21-2	12	16	25,0	100
КГП-21-1	12	16	28,5	100
КГП-30-1	12	16	28,5	100
КГТ-9/12-2С	12	18	21,5	44

Рис. 2.4.113. Привязочные размеры узлов крепления типа КГП и КГТ

Узлы крепления типа КГ (рис. 2.4.114, табл. 2.4.18) представляют собой усиленный вариант крепления натяжных и поддерживающих подвесок. Они показали себя как высоко надежные конструкции при работе в условиях динамических и пульсирующих горизонтальных и вертикальных нагрузок.

Эти узлы крепления разработаны для диапазона нагрузок от 12 до 30 тс.

Узел крепления типа КГ крепится к опоре через четыре отверстия путем затяжки четырех гаек. После затяжки гайки фиксируются от самоотвинчивания раскерниванием. Изготавливаются узлы КГ по ГОСТ 14122-92.

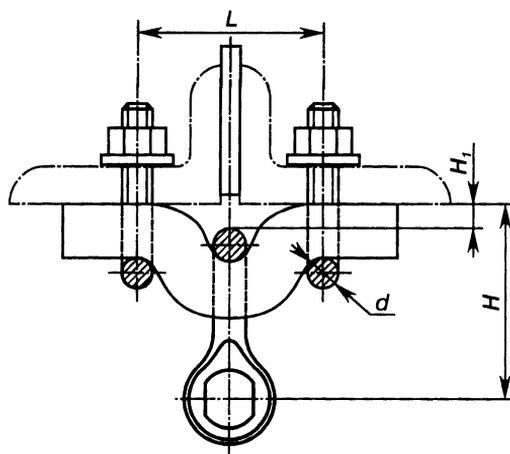
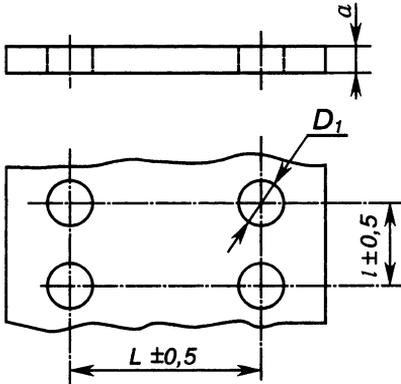


Рис. 2.4.114. Узел типа КГ для крепления подвесок изоляторов

Таблица 2.4.18. Узлы крепления марки КГ

Марка узла	Размеры, мм				Комплектуется	Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	L	H	H_1	d			
КГ-16-1	97	99	9	20	скобой СК-12-1	160	3,22
КГ-12-3	85	—	—	16	скобой СК-7-1	120	1,2
КГ-21-3	95	—	—	20	скобой СК-12-1	210	2,0



Марка узла крепления	Размеры, мм				
	a		$D_1^{+0,5}$	l	L
	мин.	макс.			
КГ-12-1	7	20	17,0	41	85
КГ-16-1	16	26	21,5	48	95
КГ-21-1	16	26	21,5	48	95
КГ-25-1	16	20	25,0	55	100
КГ-30-1	16	30	25,0	60	118

Рис. 2.4.115. Привязочные размеры узлов крепления типа КГ

Для крепления подвесок на специальных переходах с большими механическими нагрузками разработаны специальные конструкции вертлюгов типа КГН (рис. 2.4.117), позволяющих осуществить привязку к опорам трубчатых и других конструкций. Узлы крепления устанавливаются между щек, приваренных к опоре, и могут иметь исполнение с пальцем и одной гайкой, а также с пальцем и двумя гайками (с индексом А).

Узел крепления КГТ6 предназначен для крепления грозозащитных тросов в поддерживающих зажимах к деревянным опорам.

Информация по привязке узлов крепления подвесок типов КГП, КГ, КГН и КГТ к опорам приведена на рис. 2.4.110 ... 2.4.114, табл.2.4.14 ... 2.4.19.

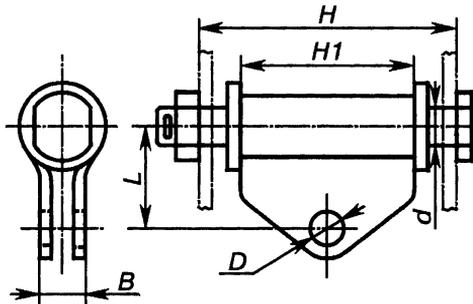
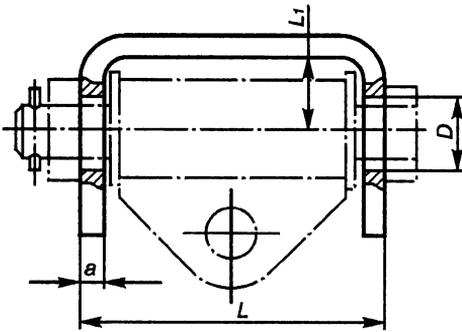


Рис.2.4.116. Узлы типа КГН для крепления подвесок изоляторов к опорам больших переходов

Таблица 2.4.19. Узел крепления марки КГН

Марка узла	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	B	L	H	H_1	D	d		
КГН-7-5	16	60	120	105	17	32	70	3,07
КГН-16-5	25	70	160	140	26	40	160	5,22
КГН-30-5	36	100	200	180	38	56	300	15?6



Марка узла крепления	Размеры, мм			
	a	D	L	L_1 не менее
КГН-7-5	12	34	144	30
КГН-12-5	14	42	188	39
КГН-16-5	14	47	188	42
КГН-21-5	14	52	208	48
КГН-25-5	14	55	208	50
КГН-30-5	14	58	228	55
КГН-35-5	20	62	240	57
КГН-45-5	20	72	260	62
КГН-53-5	20	72	260	64
КГН-60-5	20	77	260	67
КГН-75-5	25	87	300	74
КГН-90-5	25	92	300	76
КГН-110-5	25	112	300	86
КГН-120-5	30	112	360	86
КГН-135-5	30	112	360	86
КГН-160-5	30	127	410	92
КГН-180-5	30	127	410	92

Рис. 2.4.117. Привязочные размеры узлов крепления подвесок к опорам больших переходов

5. Промежуточные звенья

Промежуточные звенья для воздушных линий электропередачи представляют собой одинарные или двойные удлиняющие элементы гирлянды, которые позволяют осуществлять:

- удлинение гирлянд (звенья типа ПР, 2ПР и ПРД);
- переход от одного ряда сопряжения к другому (звенья типа ПРС, ПРТ и ПРП);

- изменение плоскости шарнирности (звенья типа ПРВ и ПРС);
- регулировку длин гирлянд (звенья типа ПРР и ПТР).

Сопряжения звеньев выполняются по ГОСТ 11359-75.

Регулирующие звенья типа ПРР дают возможность изменять строительную длину гирлянды путем перестановки регулирующей планки на различные отверстия.

Звенья типа ПРВ отличаются от других тем, что состоят из круглого стержня, имеющего на концах однолапчатые проушины, повернутые на 90° относительно друг друга.

Звенья типа ПР (рис.2.4.118, табл. 2.4.20) представляют собой пластину с двумя отверстиями.

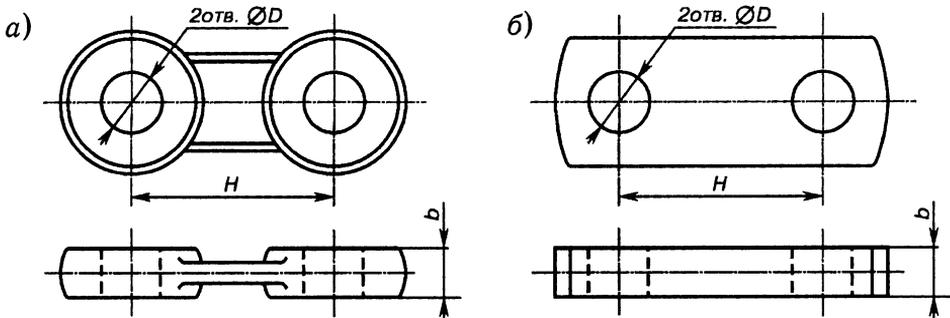


Рис. 2.4.118. Звено промежуточное типа ПР

Таблица 2.4.20. Звенья промежуточные типа ПР

Марка звена	Рис 2.4.118	Размеры, мм			Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		D	b	H		
ПР-4-1	<i>a</i>	15	14	85	40	0,14
ПР-7-6	<i>a, б</i>	17	16	70	70	0,44
ПР-12-6	<i>a</i>	23	22	85	120	0,65
ПР-16-6	<i>a</i>	26	25	100	160	0,89
ПР-45-6	<i>б</i>	42	40	150	450	5,3
ПР-53-6	<i>б</i>	44	42	165	530	6,38
ПР-60-6	<i>б</i>	47	45	185	600	8,9
ПР-75-6	<i>б</i>	52	50	195	750	11,6
ПР-90-6	<i>б</i>	56	56	215	900	14,87
ПР-110-6	<i>б</i>	60	60	240	1100	20,0
ПР-120-6	<i>б</i>	65	65	260	1200	29,6
ПР-135-6	<i>a</i>	69	69	350	1350	20,4

Звенья промежуточные типа 2ПР (рис. 2.4.119, табл. 2.4.21) состоят из двух одинаковых плоских щек с двумя отверстиями на концах. Звенья комплектуются пальцами с резьбовым концом, гайками и шплинтами.

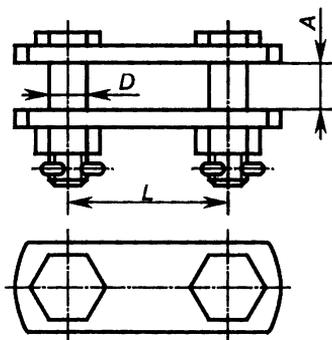


Рис. 2.4.119. Звенья промежуточные типа 2ПР

Таблица 2.4.21. Звенья промежуточные типа 2ПР

Марка звена	Размеры, мм			Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	D	l	A		
2ПР-7-1	16	70	17	70	0,5
2ПР-12-1	22	85	23	120	1,3
2ПР-16-1	25	100	26	160	1,9
2ПР-21-1	28	105	29	210	2,7
2ПР-25-1	32	110	34	250	3,7
2ПР-30-1	36	130	38	300	5,3
2ПР-35-1	38	140	40	350	6,3
2ПР-45-1	40	150	42	450	7,7
2ПР-53-1	42	165	44	530	9,2
2ПР-60-1	45	185	47	600	11,9
2ПР-75-1	50	195	52	750	16,4
2ПР-90-1	56	215	58	900	21,0
2ПР-110-1	60	240	62	1100	27,6

Звенья типа ПРС (рис. 2.4.120, табл. 2.4.22) отличаются от звеньев типа ПР тем, что одна из проушин звена имеет овальное отверстие, предназначенное для сопряжения со скобами типа СК соответствующего ряда нагрузок.

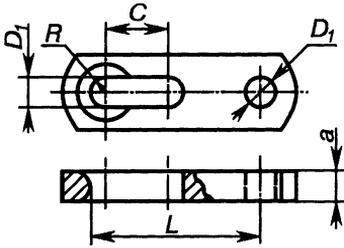


Рис. 2.4.120. Звенья промежуточные специальные типа ПРС

Таблица 2.4.22. Звенья промежуточные специальные типа ПРС

Марка звена	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	D_1	R	a	c	h		
ПРС-7-1	17	8,5	16	40	150	70	0,7
ПРС-12-1	23	11,5	22	50	150	120	1,3
ПРС-16-1	26	13,0	25	55	150	160	1,6
ПРС-21-1	29	14,5	28	55	150	210	2,0
ПРС-25-1	34	17,0	32	60	150	250	2,4
ПРС-30-1	38	19,0	36	60	200	300	3,9
ПРС-35-1	40	20,0	38	65	200	350	4,6
ПРС-45-1	42	21,0	40	85	200	450	5,2
ПРС-53-1	44	22,0	42	90	200	530	5,7
ПРС-60-1	47	23,5	45	100	250	600	9,5
ПРС-75-1	52	26,0	50	105	250	750	10,3
ПРС-90-1	58	29,0	56	110	250	900	11,5
ПРС-110-1	62	31,0	60	120	300	1100	19,0
ПРС-120-1	67	33,5	65	150	300	1200	24,0
ПРС-135-1	72	36,0	70	150	386	1350	38,0
ПРС-180-1	82	41,0	80	160	350	1800	40,5

00

Конструкция звеньев ПРВ (рис. 2.4.121, табл. 2.4.23) отличается от всех других звеньев тем, что они состоят из круглого стержня, имеющего на концах однолапчатые проушины, которые повернуты на 90° относительно друг друга.

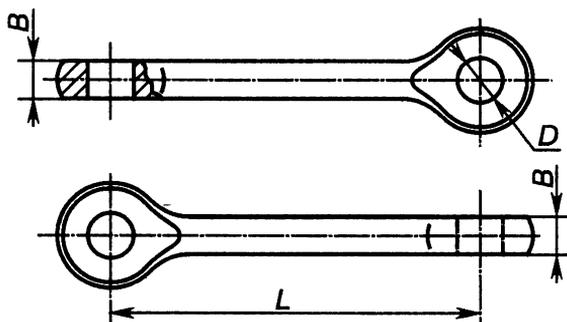


Рис. 2.4.121. Звено промежуточное типа ПРВ

Таблица 2.4.23. Звено промежуточное типа ПРВ

Марка звена	Размеры, мм			Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	L	D	B		
ПРВ-4-1	85	15	14	40	0,14
ПРВ-7-1	130	17	16	70	0,43
ПРВ-12-1	140	23	22	120	0,74
ПРВ-16-1	150	26	25	160	0,91
ПРВ-21-1	150	29	28	210	1,3
ПРВ-53-1	250	44	42	530	5,4
ПРВ-60-1	250	47	45	600	6,5
ПРВ-75-1	250	52	50	750	8,2
ПРВ-90-1	300	58	56	900	11,2
ПРВ-110-1	300	62	60	1100	15
ПРВ-135-1	350	72	69	1350	23,0

Звенья ПРТ (рис. 2.4.122, табл. 2.4.24) состоят из двух пластин, имеющих перегиб. Ввиду этого, при симметричном расположении пластин с одной стороны звена образуется однолапчатая проушина, а с другой стороны пластины, соединенные пальцем с гайкой и шплинтом, образуют двухлапчатую проушину.

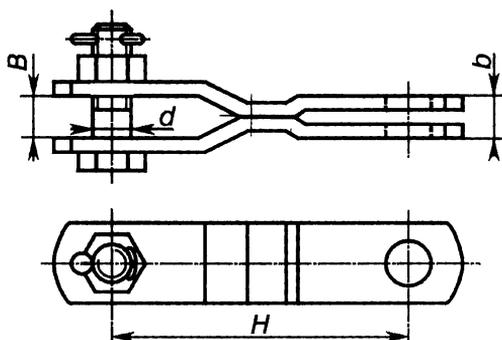


Рис. 2.4.122. Звено промежуточное типа ПРТ

Таблица 2.4.24. Звено промежуточное типа ПРТ

Марка звена	Размеры, мм					Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>d</i>		
ПРТ-4-1	15	14	75	15	14	40	0,3
ПРТ-7-1	17	16	70	17	16	70	0,462
ПРТ-12-1	23	22	100	22	23	120	1,145
ПРТ-16-1	26	25	110	26	25	160	1,43
ПРТ-7/4-1	15	16	85	17	14	40	0,35
ПРТ-12/4-1	15	22	90	23	14	40	0,41
ПРТ-7/12-2	23	16	95	17	22	70	0,9
ПРТ-7/16-2	26	16	95	17	25	70	0,96
ПРТ-7/21-2	29	16	105	17	28	70	1,1
ПРТ-12/7-2	17	22	95	23	16	70	0,7
ПРТ-16/12-2	23	25	110	26	22	120	1,5
ПРТ-12/16-2	26	22	110	23	25	120	1,6
ПРТ-12/21-2	29	22	110	23	28	120	1,7
ПРТ-25/12-2	23	32	135	34	22	120	1,74
ПРТ-12/45-2	42	22	150	23	40	120	3,43
ПРТ-21/12-2	23	28	110	29	22	120	1,5
ПРТ-21/16-2	26	28	115	29	25	160	1,8
ПРТ-16/25-2	34	23	125	26	32	160	2,17
ПРТ-25/16-2	26	32	125	34	25	160	1,71
ПРТ-16/21-2	29	25	115	26	28	160	1,9
ПРТ-30/12-2	23	36	140	38	22	120	1,9
ПРТ-16/30-2	38	25	125	26	36	160	2,63
ПРТ-16/45-2	42	25	145	26	40	160	3,94
ПРТ-45/12-2	23	40	150	42	22	120	2,1
ПРТ-30/21-2	29	36	140	38	28	210	3,1
ПРТ-45/30-2	38	40	160	42	36	300	5,78
ПРТ-45/7-1	40	17	72	17	40	70	2,42

Регулирующие звенья типа ПРТ (рис. 2.4.123, табл. 2.4.25) состоят из четырех щек, которые попарно образуют двухлапчатую и однолапчатую части звена. В щеках на различном расстоянии выполнены отверстия, что позволяет с помощью перестановки пальцев в отверстиях изменять длину звена и за счет этого менять длину подвески.

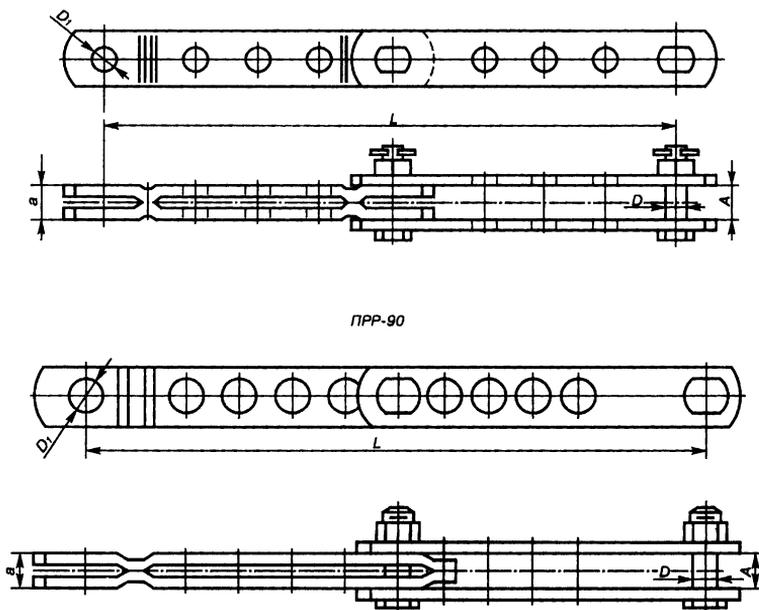


Рис. 2.4.123. Звенья промежуточные регулируемые типа ПРР

Таблица 2.4.25. Звенья промежуточные регулируемые типа ПРР

Марка звена	Размеры, мм						Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	D	D ₁	A	a	регулируемая длина L			
					мин.	макс.		
ПРР-7-1	16	17	17	16	350	550	70	2,1
ПРР-12-1	22	23	23	22	350	550	120	4,1
ПРР-16-1	25	26	26	25	350	550	160	5,0
ПРР-21-1	28	29	29	28	475	750	210	8,8
ПРР-25-1	32	34	34	32	475	750	250	10,9
ПРР-30-1	36	38	38	36	475	750	300	14,7
ПРР-35-1	38	40	40	38	600	950	350	20,5
ПРР-45-1	40	42	42	40	600	950	450	23,9
ПРР-53-1	42	44	44	42	600	950	530	26,7
ПРР-60-1	45	47	47	45	600	950	600	31,7
ПРР-75-1	50	52	52	50	700	1150	750	48,2
ПРР-90-1	56	58	58	56	835	1400	900	65,6
ПРР-135-1	70	72	72	70	900	1450	1350	123,7

На щеках, образующих однолапчатую часть звена, выполнены перегибы, позволяющие обеспечить нормируемые по толщине размеры сопряжений однолапчатых проушин.

Звено комплектуется двумя пальцами с резьбовыми концами, гайками и шплинтами.

Звенья типа ПТР (рис.2.4.124) имеют плавную регулировку длины за счет винтовой нарезки на подвижных деталях. Эти звенья называются талрепами.

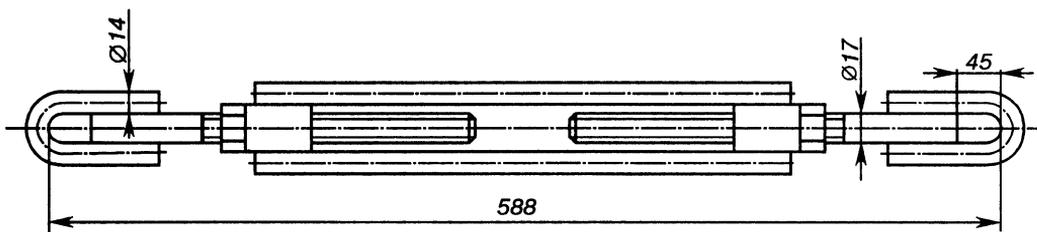


Рис. 2.4.124. Звено промежуточное регулируемое ПТР-7-1

Регулировка длины изолирующей подвески производится плавно с помощью ломика, который вставляется между тягами корпуса-рамы. В зависимости от направления вращения происходит удлинение или укорачивание изолирующей подвески. После доведения длины подвески до нужного размера винты талрепа фиксируются от поворота контргайками.

2.4.12. Поддерживающая арматура проводов ВЛ 6-35 кВ

Для крепления проводов к поддерживающим подвескам изоляторов применяются глухие зажимы ПГН1—ПГН5 (рис.2.4.126, табл.2.4.27) применительно к различным диаметрам проводов согласно ГОСТ 2735-78*. Прочность заделки проводов в зажимах обеспечивается в размере 10-30% разрывного усилия проводов.

Поддерживающие зажимы предназначены для крепления проводов и грозозащитных тросов к подвескам изоляторов, а также для крепления грозозащитных тросов непосредственно к промежуточным опорам.

Поддерживающие зажимы состоят из лодочки, зажимного устройства и подвески, через которую зажим соединяется с гирляндой изоляторов.

В зависимости от величины усилия зажатия провода в лодочке (прочности заделки провода) зажимы бывают «глухие» (типа ПГН).

Прочность заделки провода или троса в глухих зажимах составляет: для медных и алюминиевых проводов — не менее 30% прочности провода; сталеалюминиевых проводов АС и АСО — не менее 20%; сталеалюминиевых проводов АСУ и стальных тросов — не менее 15%.

Усилие трогания провода в зажимах ограниченной прочности заделки — 600 кгс ± 10%, но может быть изменено по заданию проектировщиков.

Поддерживающие зажимы разделяются по своему назначению по группам:

1. Зажимы для одного провода в фазе;
2. Зажимы поддерживающие для районов частых гололедов;
3. Зажимы для промежуточно-угловых опор;
4. Зажимы для изолированного крепления проводов;
5. Зажимы для грозозащитных тросов;

Кроме этих основных групп поддерживающих зажимов на линиях электропередачи и подстанциях применяется ряд других поддерживающих зажимов и устройств более узкого назначения.

Для линий электропередачи 35 кВ с одним проводом в фазе применяются поддерживающие зажимы глухого типа четырех типоразмеров: ПГН–1... ПГН–3 (см. табл.2.4.27).

Зажимы ПГН–1, ПГН–2, ПГН–3 имеют штампованную из стального листа лодочку и две плашки из алюминиевого сплава, стягиваемые U-образными болтами.

На промежуточных угловых опорах провод в месте крепления к подвеске получает большой изгиб за счет угла поворота. Для уменьшения радиуса изгиба разработаны зажимы с двумя роликами, сглаживающими углы схода провода с зажима. Ролики также облегчают монтажные и ремонтные работы на линии. Глухая заделка провода обеспечивается боковым сжатием плашек. Согласно ГОСТ такие зажимы изготавливаются для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов и обеспечивают прочность заделки провода такую же, как и при заделке глухим зажимом.

При обрыве провода глухой зажим должен удерживать провод в пролете, где провод не оборван, если усилие по необорванному проводу не превышает прочность заделки провода в зажиме. При больших усилиях провод проскользнет в зажиме, как правило, с повреждением алюминиевых повивов проволок.

Поддерживающие зажимы для промежуточно-угловых опор существенно упрощают монтаж проводов, т.к. позволяют исключить сложную операцию по перекладке проводов из раскаточных роликов в зажимы с опусканием их на землю и подъем на опоры с помощью тяговых устройств.

Поддерживающие зажимы типов ПГУ позволяют упростить монтаж проводов на промежуточно-угловых опорах, т.к. они снабжены роликами, по которым производится раскатка и визирование проводов при монтаже.

Зажимы поддерживающие типа ПГ (рис.2.4.125, табл.2.4.26) применяются для подвески грозозащитных тросов на промежуточных опорах линий электропередачи.

Зажимы поддерживающие соответствуют требованиям ТУ 34 13.10117–88.

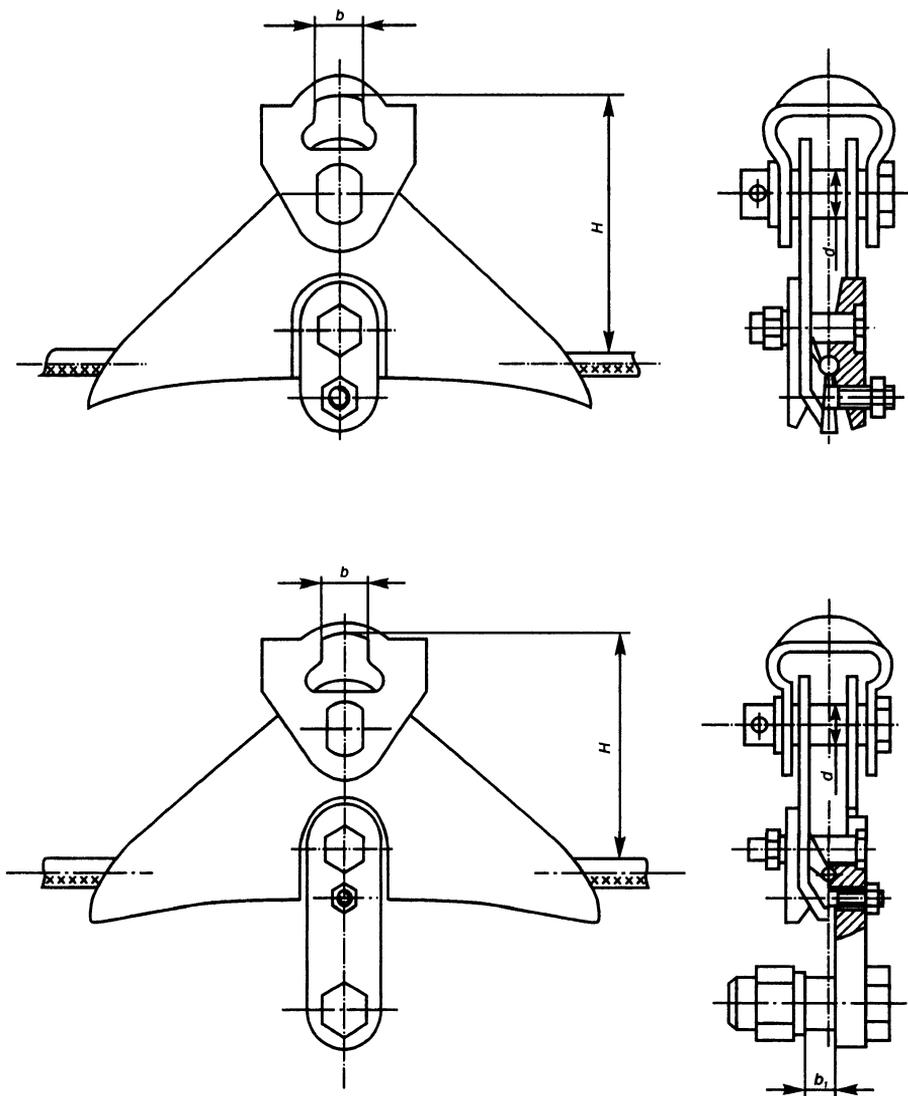


Рис. 2.4.125. Зажимы поддерживающие типа ПГ

Таблица 2.4.26. Зажимы поддерживающие типа ПГ

Марка зажима	Рис. 24.125	Диаметр провода, мм	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
			H	b	b_1	d		
ПГ-2-11А	а	6,9 ... 9,0	8,9	19,2	—	16	25	0,9
ПГ-2-11Б		9,2 ... 12,6			10			0,9
ПГ-2-11Д	б	8,0 ... 10,5			10			0,94

Зажимы поддерживающие глухие типа ПГН (рис.2.4.126, табл.2.4.27) предназначены для крепления одного провода к изолирующим подвескам линий электропередачи 35, 110, 220 кВ.

Зажимы поддерживающие соответствуют требованиям ТУ34 27.10949–85.

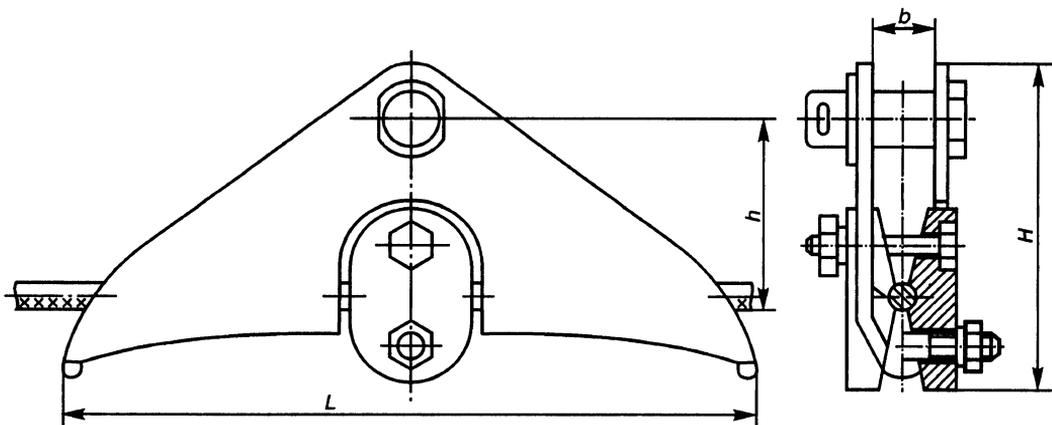


Рис.2.4.7.126. Зажимы поддерживающие типа ПГН

Таблица 2.4.27. Зажимы поддерживающие типа ПГН

Марка зажима	Диаметр провода, мм	Размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		L	H	h	b		
ПГН-1-5	6,4 ... 9,0	192	93	55	17	25	0,7
ПГН-2-6	9,2 ... 12,6	192	93	55	17		0,7
ПГН-2-6А	9,2 ... 11,5	190	136	55	17		0,94
ПГН-3-5	13,5 ... 19,8	220	—	66	20		1,1

Зажим поддерживающий ПГН-5-3 (рис.2.4.127) предназначен для крепления одного провода диаметром 21,6 мм ... 33,2 мм к изолирующим подвескам линий электропередачи 35, 110, 220 кВ.

Гнездо сферического шарнирного соединения зажима имеет условный размер 16 мм.

Минимальная разрушающая нагрузка — 60 кН.

Масса зажима — 5,5 кг.

Зажим ПГН-5-3 соответствует ГОСТ 11359-75.

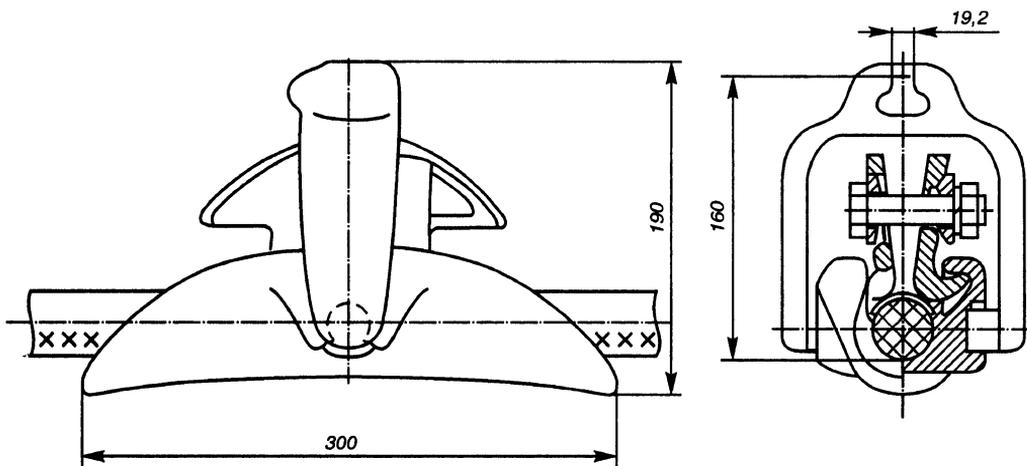


Рис.2.4.127. Зажим поддерживающий ПГН-5-3

Зажимы поддерживающие для промежуточно-угловых опор.

Поддерживающие зажимы для промежуточно-угловых опор существенно упрощают монтаж проводов, т.к. позволяют исключить сложную операцию по перекладке проводов из раскаточных роликов в зажимы с опусканием их на землю и подъемом на опоры с помощью тяговых устройств.

Поддерживающие зажимы типов ПГУ и ПОУ позволяют упростить монтаж проводов на промежуточно-угловых опорах, т.к. они снабжены роликами, по которым производится раскатка и визирование проводов при монтаже.

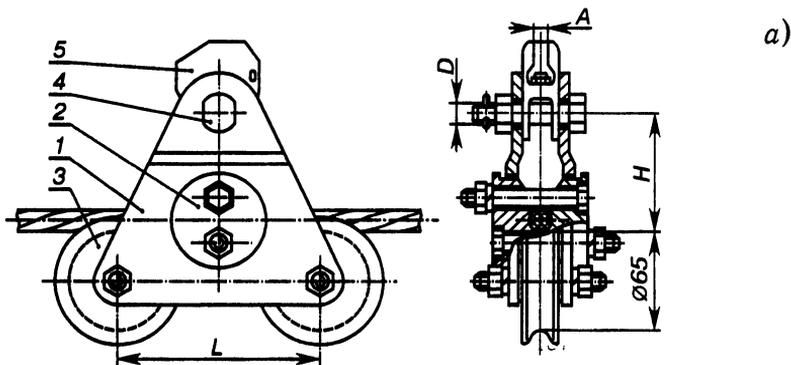


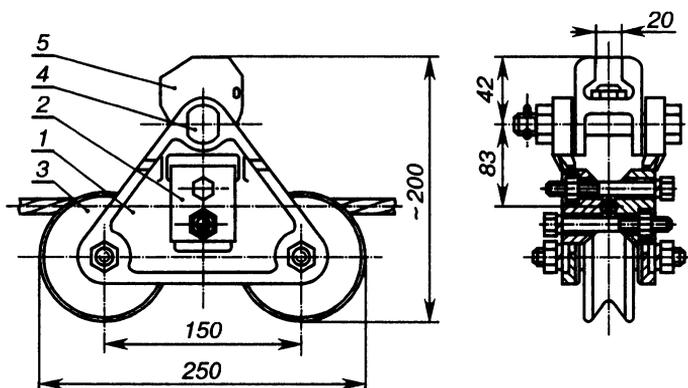
Рис.2.4.128. Зажим поддерживающий типа ПГУ для угловых промежуточных опор ВЛ 6-35 кВ

1 — щека; 2 — плашка; 3 — ролик; 4 — палец с гайкой и шплинтом; 5 — ушко.

Таблица 2.4.28. Зажим поддерживающий типа ПГУ для угловых промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ (к рис. 2.4.128, а)

Марка зажима	Для одного провода		Размеры, мм				Минимальная разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
	Марка	диаметр, мм	L	H	A	D		
ПГУ-2-2	АС-35; АС-50	8,4 ... 9,6	135	74	17	16	60	3,5
ПГУ-2-3	АСУС-70	15,4	135	77	23	22	120	3,0

б)



в)

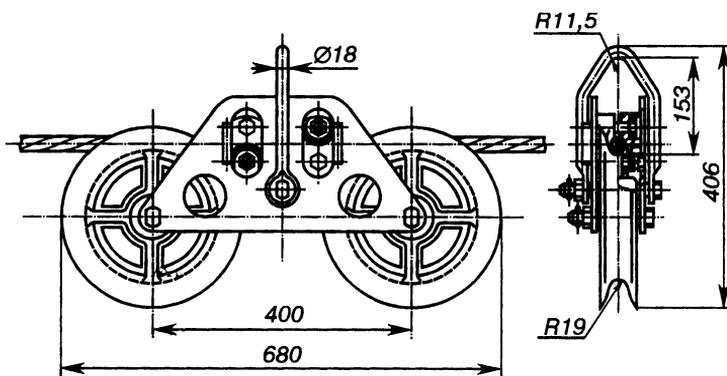


Рис. 2.4.128. Продолжение

Таблица 2.4.29. (к рис.2.4.128, б и в)

Марка зажима	Рис. 2.4.128	Для одного провода марки			Минимальная разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		АС	АСО	АСУ		
ПГУ-2-1	б	35-240	150-240	120-185	50	3,8
ПГУ-5-2	в	185-400	185-600	185-400	100	13,8

Зажим типа ПГУ для одного провода состоит из корпуса с двумя роликами, подвески и зажимного устройства.

Для обеспечения требуемых габаритов на ВЛ 6–10 кВ зажимы поддерживающие «глухие» используют попарно на коромысле для крепления провода одной фазы на переходах через автодороги I и II категорий.

2.4.13. Натяжная арматура проводов ВЛ 6–35 кВ

Основные сведения.

На анкерных опорах провода закрепляют наглухо при помощи натяжных зажимов. Провода одной фазы здесь электрически соединены друг с другом отрезком провода в виде петли или шлейфа, свободно висящего под гирляндами или закрепленного на стержневом или штыревом изоляторе, когда невозможно этот провод оставить свободным. Натяжные зажимы бывают: клиновые, болтовые. Соответственно закрепление проводов и тросов в натяжных зажимах осуществляется с помощью нажимных плашек и болтов, опрессованием части зажима на проводе, а также заклиниванием троса между телом зажима и его клином под действием тяжения по тросу. Болтовые зажимы состоят из корпуса, плашек, натяжных болтов с гайками и прокладок из алюминия. Прессуемые зажимы состоят из стального анкера, в котором по длине, заданной в зависимости от усилия в зажиме, опрессовывается стальной сердечник провода и алюминиевого корпуса, в котором на длине опрессовывается алюминиевая часть провода со стороны пролета.

Натяжные зажимы для проводов и тросов линий электропередачи предназначены для удержания и захвата проводов и тросов с целью закрепления их к натяжным подвескам на анкерно-угловых опорах.

Натяжные зажимы должны обеспечивать в соответствии с нормами Правил устройства электроустановок (ПУЭ) прочность заделки провода в зажиме не менее 90% его прочности. Конструкция зажимов обеспечивает надежность электрического контакта, удобство монтажа зажима, а также возможность контроля качества монтажа.

В зависимости от назначения и конструкции зажимов, а также способа монтажа, зажимы подразделяются на группы:

- зажимы клиновые;
- болтовые зажимы;
- зажимы прессуемого типа;

— зажимы других конструкций.

Натяжные зажимы выполняются болтовыми, марок НБ–2, НБ–3 для закрепления проводов средних сечений (от 95 до 240 мм²). В болтовом зажиме провод удерживается за счет трения о поверхность зажима, создаваемого силой затяжки U-образных болтов. Прочность заделки провода в болтовых зажимах лежит в пределах от 11,7 до 90 кН в зависимости от типа и марки провода.

Для стальных канатов, а также для алюминиевых, медных и сталеалюминиевых проводов сечением до 95 мм² применяются клиновые НК и клиновые-коушные НКК зажимы. Для крепления к анкерным опорам стальных канатов диаметром 9 – 27 мм используются также прессуемые зажимы НС. Прочность заделки канатов в зажимах должна быть не менее 90% разрывного усилия каната.

2. Клиновые зажимы.

Зажим клиновой типа НК–1–1 (рис.2.4.129, табл.2.4.30) предназначен для монтажа медных и алюминиевых проводов сечением от 16 до 95 мм².

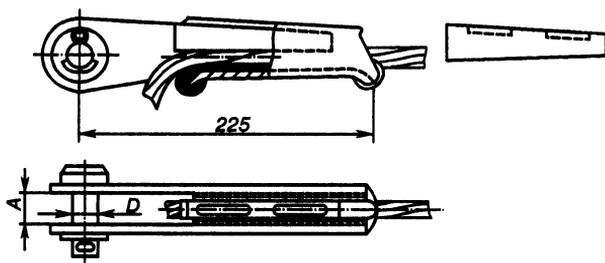


Рис.2.4.129. Натяжные клиновые зажимы типа НК–1

Таблица 2.4.30. Натяжные клиновые зажимы типа НК–1 для алюминиевых проводов

Марка зажима	Марка монтируемого провода	Размеры, мм		Прочность заделки провода, кгс	Масса, кг
		A	D		
НК–1–1 с клином № 1	A–16	21	16	230	1,2
	A–25			350	
НК–1–1 с клином № 2	A–35				
	A–50			650	
НК–1–1 с клином № 3	A–70			950	
	A–95			1250	

Зажимы типа НКК (рис.2.4.130), выпускаются двух типоразмеров и предназначены для сталеалюминиевых проводов сечением от 10 до 50 мм² и стальных тросов от 25 до 90 мм².

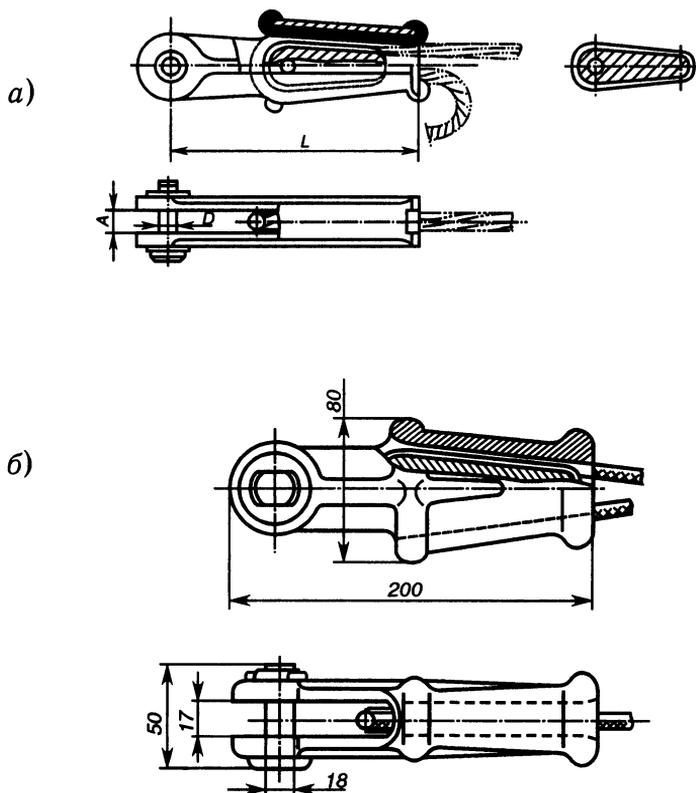


Рис. 2.4.130. Зажимы натяжные клиновые типа НКК для стальных канатов и сталеалюминиевых проводов

а) для проводов и тросов сечением до 50 мм²; б) для проводов и тросов сечением 70–90 мм²

Зажимы НКК-1-1 и НК-1-1 комплектуются при поставках одним из клиньев, номер которого следует указывать в зависимости от сечения проводов и тросов, применяемых на линии. Монтаж зажимов клинового типа не требует разрезания проводов.

Натяжные клиновые зажимы изготавливаются по ТУ 34 13.10294-90. Корпуса зажимов изготавливаются из стали или ковкого чугуна, клинья — из алюминия, ковкого чугуна или латуни (для медных проводов к зажиму НК-1-1).

Зажим клиновой коушный НКК-1-1Б применяется на линиях электропередачи для крепления сталеалюминиевых проводов диаметром 4,5 ... 9,6 мм и стальных канатов диаметром 6,6 ... 9,2 мм.

Разрушающая нагрузка зажима — 60 кН.

Масса зажима — 0,9 кг.

3. Зажимы натяжные болтовые типа НБН

Зажимы предназначены для крепления алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, а также проводов из алюминиевого сплава АВ-Е. Зажимы выпускаются двух типоразмеров.

Зажимы устанавливаются на проводе короткой безболтовой частью в сторону пролета, а болтами закрепляется участок провода, идущий в анкерную петлю. Зажимы комплектуются плашками из немагнитного металла и болтами, позволяющими разомкнуть магнитный контур зажима.

Зажимы НБН-2-6 предназначены для комплектования с гирляндами изоляторов шеститонного ряда.

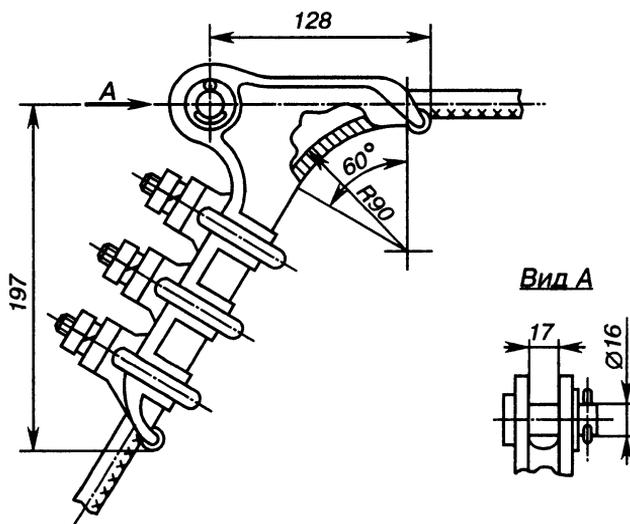


Рис.2.4.131. Натяжной болтовой зажим типа НБН-2-6.

Таблица 2.4.31. Зажим натяжной болтовой типа НБН

Марка зажима	Марка монтируемого провода	Прочность заделки провода, кН	Масса, кг
НБН-2-6	А-120	15	3,2
	АС-70	18	
	АС-90	25	
	АС-120	36	

4. Зажимы клыковые типа КС

Зажимы предназначены для крепления стальных канатов, применяемых на линиях электропередачи в качестве грозозащитных тросов и оттяжек опор.

Зажимы типа КС как натяжные используются в комплекте с коушами, блоками или специальными роликами.

В зависимости от требуемой прочности заделки, применяется различное количество клыковых зажимов в соответствии с указаниями монтажных инструкций.

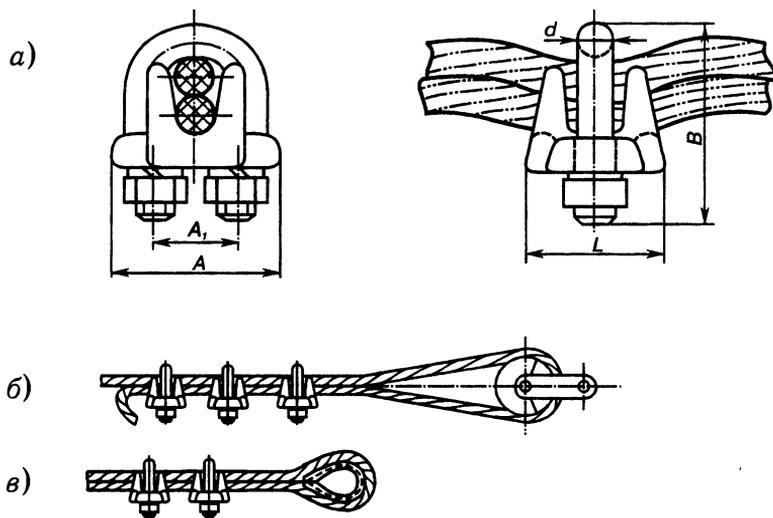


Рис. 2.4.132. Концевая заделка стальных канатов зажимами типа КС (а) б) — с роликом; в) — с коушем.

Таблица 2.4.32. Зажимы клыковые типа КС

Марка зажима	Стальные канаты		Размеры, мм						Масса, кг
	принятое обозначение	сечение, мм ²	A	A_1	L	B	R	d	
КС-100-1	С-100	101,72	64	32	47	70	6,5	12	0,4
КС-120-1	С-120	117,90	70	34	56	85	7,0	16	0,7
КС-170-1	С-170	173,60	76	40	56	90	8,5	16	0,7

Б. Зажим натяжной заклинивающийся

Зажим натяжной заклинивающийся НЗ–2–7 (рис.2.4.133) применяется на линиях электропередачи для крепления алюминиевых, сталеалюминиевых и медных проводов диаметром 11,4 мм ... 17,1 мм.

Разрушающая нагрузка зажима — 57 кН.

Масса зажима — 1,67 кг.

Зажим НЗ–2–7 соответствует требованиям ТУ 34 13.11310-88.

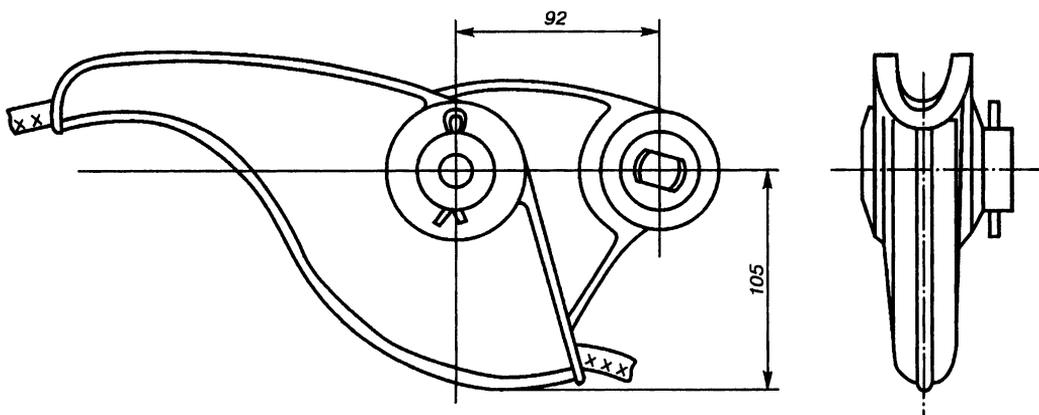


Рис. 2.4.133. Зажим натяжной заклинивающийся НЗ–2–7

Б. Арматура крепления одиночных изоляторов фазы.

На рис. 2.4.134 ... 2.4.135 представлены болты и шпильки с заварной серьгой, используемые для угловых и концевых анкерных опор.

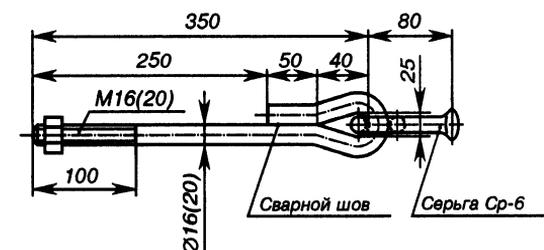
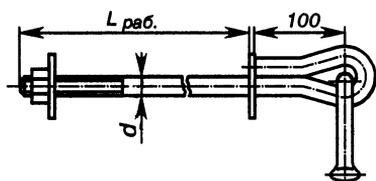


Рис. 2.4.134. Болт с заварной серьгой



d , мм	$l_{\text{раб}}$, мм	Масса, кг
16	300	1,7
16	550	2,1
20	300	2,4
20	550	3,0

Рис.2.4.135. Болт с заварной серьгой завода РЭТО Мосэнерго

На рис. 2.4.137 ... 2.4.138 изображены кронштейны для угловых промежуточных деревянных и железобетонных опор. Для промежуточных железобетонных опор такая конструкция не приведена, но из рис. 2.4.138 не представляет труда ее получить — надо повернуть часть крепления серьги на 90° к узлу крепления кронштейна на опоре и убрать одну скобу СР-7-16.

На рис. 2.4.139 изображен кронштейн для угловых железобетонных опор.

На угловых промежуточных железобетонных опорах ВЛ 6–10 кВ применяют на каждую из трех фаз кронштейн для подвесных изоляторов, используемых как натяжные гирлянды.

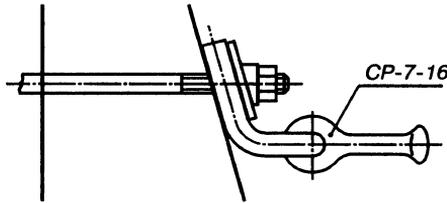


Рис.2.4.136. Арматура для крепления подвесных изоляторов верхней фазы ВЛ 6–10кВ

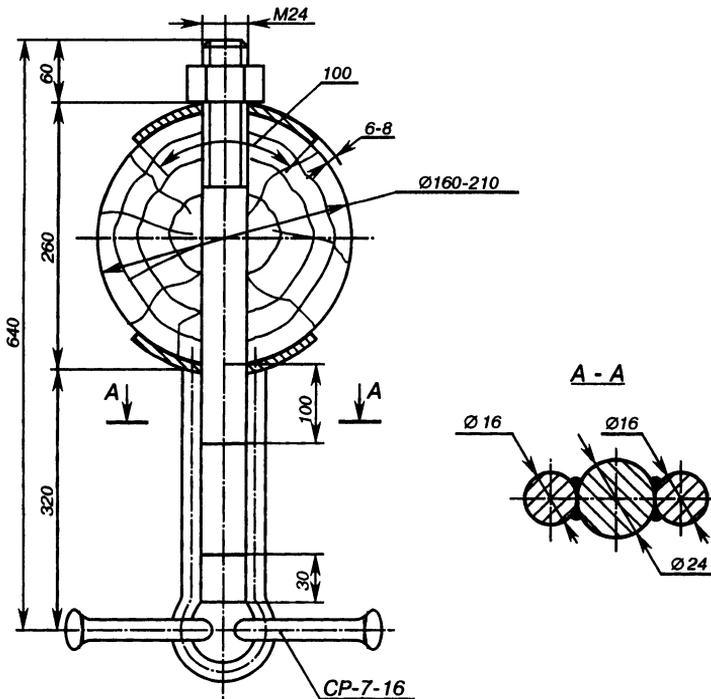


Рис. 2.4.137. Кронштейн для крепления подвесных изоляторов на угловых промежуточных деревянных опорах ВЛ 6–10 кВ

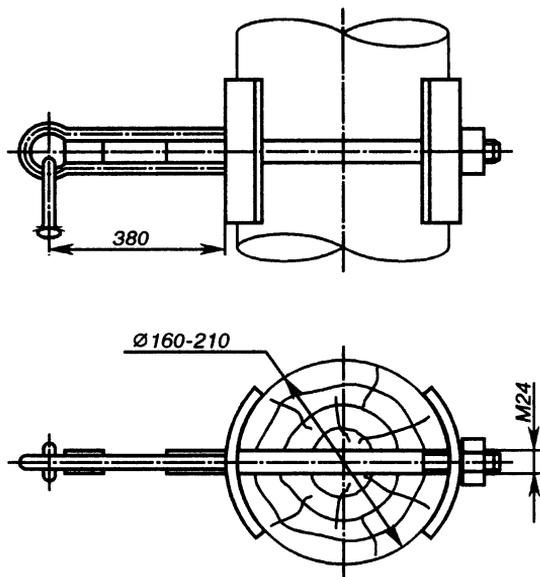
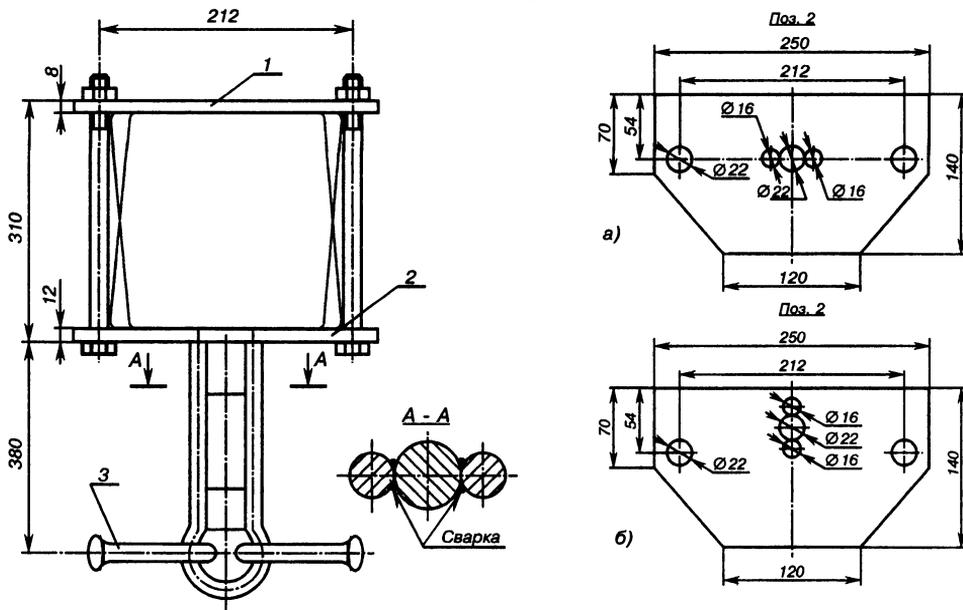


Рис.2.4.138. Крепление гирлянды подвесных изоляторов на деревянных промежуточных опорах ВЛ 6–10 кВ



Примечание. Направляющая планка поз.2 :

а) для угловых и переходных опор;

б) только для промежуточных опор — кронштейн с одной серьгой повернут на 90°.

Рис.2.4.139. Кронштейн для угловых и переходных железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ
1 — прижимная планка; 2 — направляющая планка; 3 — серьга.

На рис. 2.4.139 изображен кронштейн, используемый на угловой промежуточной железобетонной опоре ВЛ 6–10 кВ.

На ж.б. промежуточных опорах ВЛ 6–10 кВ возможно применение этого кронштейна. Его необходимо повернуть на 90° — направляющая планка для этого случая приведена на рис. 2.4.139, б.

2.4.14. Соединительная арматура для проводов и тросов ВЛ 6–35 кВ.

Для соединения неизолированных проводов ВЛ между собой применяются соединительные зажимы: овальные прессуемые (рис.2.4.142, а), овальные скручиваемые (рис.2.4.142, б, в и 2.4.143)

Овальные зажимы представляют собой алюминиевую трубку, в которую концы соединяемых проводов, вставленные внахлест друг к другу, закрепляются обжатием соединителя специальными клещами.

Овальные скручиваемые зажимы отличаются от овальных прессуемых (обжимных) тем, что после обжатия зажима производится дополнительное скручивание трубки на 4–4,5 оборота с помощью специального приспособления. При этом повышается прочность заделки провода в зажиме. Овальные скручиваемые зажимы применяются для проводов марки АС сечением от 10 до 95 мм².

Алюминиевые провода всех сечений и сталеалюминиевые провода сечением 35–185 мм² соединяются овальными соединителями.

Стальные провода марок ПС и тросы (канаты) сечением 35 мм² соединяются овальными соединителями (рис.2.4.143).

При необходимости обеспечить большую разрывную прочность эти овальные соединители скручивают на 3–3,5 оборота. Стальные канаты сечением 50 мм² и более соединяются прессуемыми соединителями, которые предназначены для соединения канатов с временным сопротивлением 1200 Мпа (1,2 кН) и более.

Канаты соединяются врасплет, а затем опрессовываются (см. рис. 2.4.143).

Для соединения проводов на линиях электропередачи сечением от 10 до 185 мм² в петлях анкерных опор и осуществления отпаек применяются болтовые зажимы плашечного типа.

Для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов применяются плашечные зажимы типов ПА и ПАБ (рис.2.4.140; табл.2.4.33 и 2.4.34). Зажимы типа ПАБ применяются также для крепления петли проводов при анкерном креплении на штыревых изоляторах.

Зажимы соединительные плашечные типа ПС применяются на линиях электропередачи 35 кВ для заземления молниезащитных тросов (рис.2.4.141; табл.2.4.34).

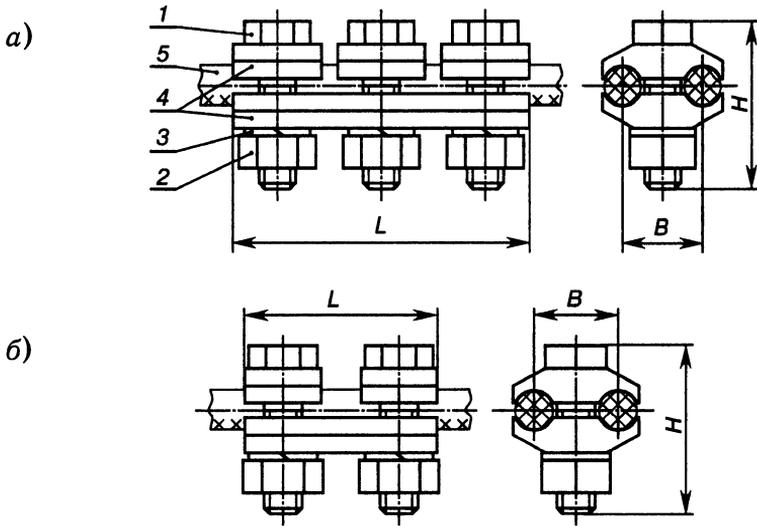


Рис.2.4.140. Зажимы петлевые типа ПА и ПАБ
 а) зажим ПАБ; б) зажим ПА

1 — болт; 2 — гайка; 3 — пружинная шайба; 4 — прижимная контактная планка; 5 — провод

Таблица 2.4.33. Зажимы петлевые типа ПАБ и ПА.

Марка зажима	Рис. 2.4.140	Марка провода (ГОСТ 839–59)		Размеры, мм			Масса, кг
		A	AC	L	H	B	
ПАБ-1-1В	б	25, 50	16, 35	52	36	20	0,12
ПА-2-1В	а	A-70	AC-50, AC-70	88	47	30	0,37
ПА-3-1В	а	A-95, A-120	AC-95	102	64	37	0,80
ПА-4-1Б	а	A-150, A-185	AC-120—AC-185	40	79	40	1,0

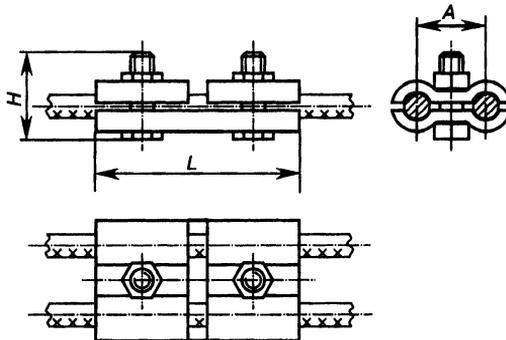


Рис.2.4.141. Зажим болтовой типа ПС для соединения стальных канатов.

Таблица 2.4.34. Зажимы типа ПС для стальных канатов и проводов

Марка зажима	Для канатов диаметром, мм	Размеры, мм			Разрушающая нагрузка, кН	Масса, кг
		A	L	H		
ПС-1-1	5,5 ... 8,6	28	70	36	25	0,373
ПС-2-1	9,1 ... 12,0	34	70	36		0,42
ПС-3-1	12,5 ... 14,0	34	92	42		0,75

1. Прессуемые и свариваемые зажимы

Соединительные зажимы предназначены для соединения проводов и тросов воздушных линий электропередачи.

По назначению соединительные зажимы подразделяются на две группы:

а) соединительные зажимы, воспринимающие токовую нагрузку и механическое тяжение по проводам;

б) соединительные зажимы контактные, воспринимающие только токовую нагрузку (петлевые, заземляющие и ремонтные).

По способу монтажа зажимы делятся на прессуемые, овальные, монтируемые обжатием и овальные, монтируемые скручиванием.

В соответствии с нормами Правил устройства электроустановок соединительные зажимы, предназначенные для сталеалюминиевых проводов и тросов, в пролете должны выдерживать нагрузку, равную не менее 90% прочности провода (троса), для которого они предназначены.

Электрическое сопротивление соединения не должно превышать сопротивления участка провода или троса длиной, равной длине соединительного зажима.

Сталеалюминиевые провода от АС-10 до АС-185 выпускаются с однопроволочным стальным сердечником. При соединении таких проводов овальными соединителями, монтируемыми обжатием (местным вдавливанием), не обеспечивается необходимая прочность соединения, нормируемая Правилами устройства электроустановок. Для соединения этих проводов применяются овальные соединители, монтируемые методом скручивания (рис.2.4.142, табл.2.4.35).

Монтаж соединителей осуществляется с помощью приспособлений МИ-189А (для проводов марок АС-10 ... АС-35) и МИ-230А (для проводов марок АС-50 ... АС-185).

Перед монтажом концы провода очищаются от грязи и окиси согласно инструкции по соединению проводов и вводятся в соединитель навстречу друг другу внахлестку.

Для обеспечения надежного соединения проводов необходимо сделать 4-4,5 оборота.

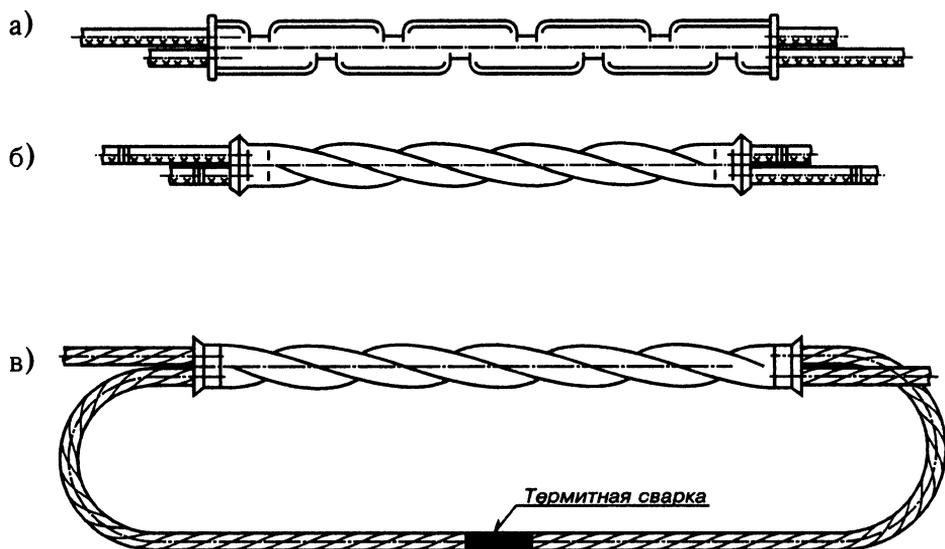


Рис.2.4.142. Соединение проводов:

а) обжатым овальным соединителем; б) скрученным овальным соединителем; в) скрученным овальным соединителем с соединением в петле термитной сваркой.

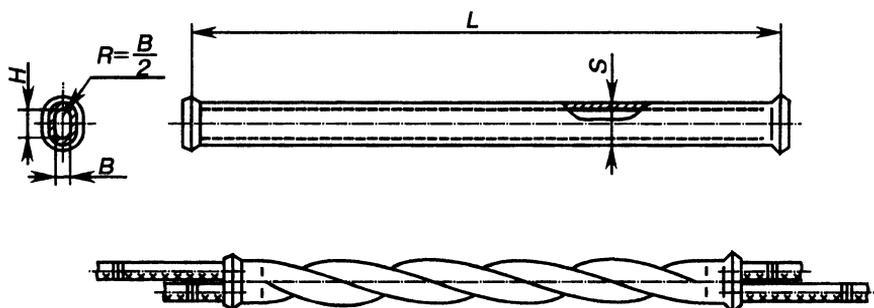


Рис.2.4.143. Овальные соединители типа СОАС, СОА и СОС

Для соединения стальных проводов марок ПС по ГОСТ 5800–51 предназначены соединительные овальные зажимы типа СОС (рис.2.4.143).

Зажим представляет собой стальную овальную трубку с развальцованными концами, в которую вводятся концы соединяемых проводов.

Зажим с проводами ПС монтируется скручиванием на 3–5,5 оборота в приспособлении МИ–230А.

Таблица 2.4.35. Овальные соединители типа СОАС и СОА

Марка соединителя	Марка провода	Размеры, мм				Прочность заделки провода кН	Масса, кг
		H	B	S	L		
СОАС-10-2А	АС-10	10,6	5,0	1,5	200	2,4	0,03
СОАС-16-2А	А-16; АС-16	12,0	6,0	1,7	200	2,3 4,0	0,03
СОАС-25-2А	А-25; АС-25	14,4	7,2	1,7	255	3,5 6,0	0,05
СОАС-35-2А	А-35; АС-35	19,0	9,0	2,1	330	5,0 9,5	0,10
СОАС-50-2А	А-50; АС-50	22,0	10,5	2,3	400	6,5 12,5	0,20
СОАС-70-2А	А-70; АС-70	26,0	12,5	2,6	450	9,5 18,0	0,20
СОАС-95-2А	А-95; АС-95	31,0	15,0	2,6	650	12,5 25,0	0,40
СОАС-120-2А	А-120; АС-120	35,0	17,0	3,1	904	36,0; 15,2	0,80
СОАС-150-2А	А-150; АС-150	39,0	19,0	3,1	932	45,0; 20,5	0,90
СОАС-185-2А	А-185; АС-185	43,0	21,0	3,4	1032	56,0; 25,5	1,40

Таблица 2.4.36. Овальные соединители типа СОС

Марка соединителя	Провода стальные		Размеры, мм				Прочность заделки провода кН	Масса, кг
	расчет. диаметр	марка	H	B	L	S		
СОС-25-1А	6,8	ПС-25	14,4	7,2	115	1,7	12,8	0,06
СОС-35-1А	7,5	ПС-35	17	8,5	130	1,7	18,1	0,08
СОС-50-1А	9,2	ПС-50	20	10	185	1,7	24,1	0,14

Для соединения сталеалюминиевых проводов особо усиленной конструкции марок АСУС применяются соединительные прессуемые зажимы типа САСУС (рис.2.4.144, табл.2.4.37).

Корпуса зажимов изготавливаются из труб специального профиля.

Сердечник, предназначенный для соединения стальной части проводов, имеет такой же профиль сечения.

Корпус соединителя и сердечник монтируются опрессованием матрицами тех же размеров, что и натяжные зажимы типа НАС того же назначения.

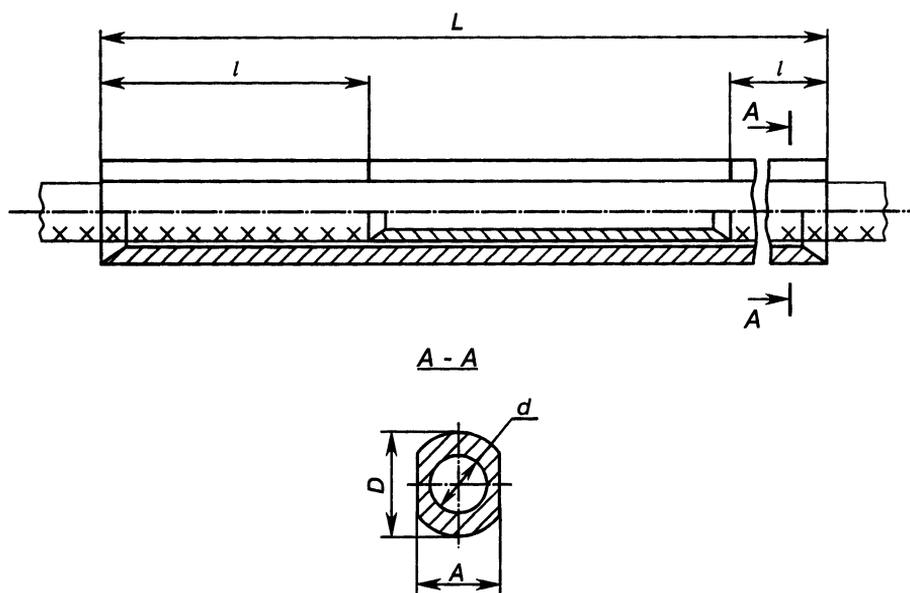


Рис.2.4.144. Зажим типа САСУС.

Таблица 2.4.37. Зажимы соединительные прессуемые типа САСУС

Марка соединителя	Марка провода	Детали зажима	Матрица пресса		Размеры, мм					Гарантируемая прочность заделки провода, кН	Масса, кг
			Ø, мм	марка комплекта	L	l	d	D	A		
САСУС-68/72-1	АСУС-70	корпус		S=39,8	460	120	23	48	A=D	81	2,1
		сердечник	21	С-21	180	—	11,5	26	20		
САСУС-100-1	АСУС-100	корпус	30	А-30	600	175	21	36	28,5	66,4	1,5
		сердечник	19	С-19	160	—	10	24	18,0		
САСУС-185-1	АСУС-185	корпус	35	А-35	650	115	27	42	35	137	2,4
		сердечник	26	С-26	300	—	16	32	24		

Зажимы соединительные типа СВС (рис.2.4.145, табл 2.4.38) применяются на линиях электропередачи для соединения стальных канатов.

Зажимы типа СВС обеспечивают прочность заделки провода не менее 90% разрывного усилия каната.

Зажимы типа СВС соответствуют требованиям ТУ 34 13.10295-90.

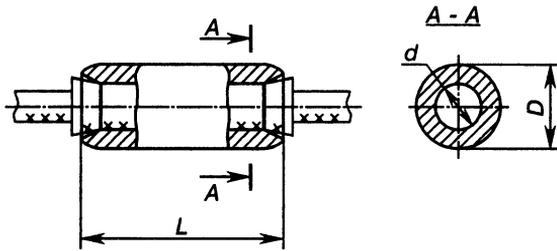


Рис. 2.4.145. Зажим марки СВС для соединения стальных канатов методом обжатия.

Таблица 2.4.38. Зажим СВС

Марка зажима	Для канатов диаметром, мм	Матрица опрессования	Размеры, мм			Масса, кг
			d	D	L	
СВС-50-3	9,1; 9,2	МШ-22,5	14,5	26	80	0,22
СВС-70-3	11	МШ-26	17,5	30	85	0,30
СВС-100-3	13	МШ-31,5	21	36	90	0,47
СВС-120-3	14	МШ-33,8	22,5	40	95	0,64
СВС-135-3	15	МШ-34,6	24	40	100	0,63
СВС-150-3	16	МШ-36,4	25,5	42	110	0,75
СВС-200-3	18	МШ-41,1	29,5	48	120	1,05
СВС-260-3	21	МШ-48	33,5	56	120	1,40
СВС-300-3	22,5	МШ-52	34	60	120	1,70

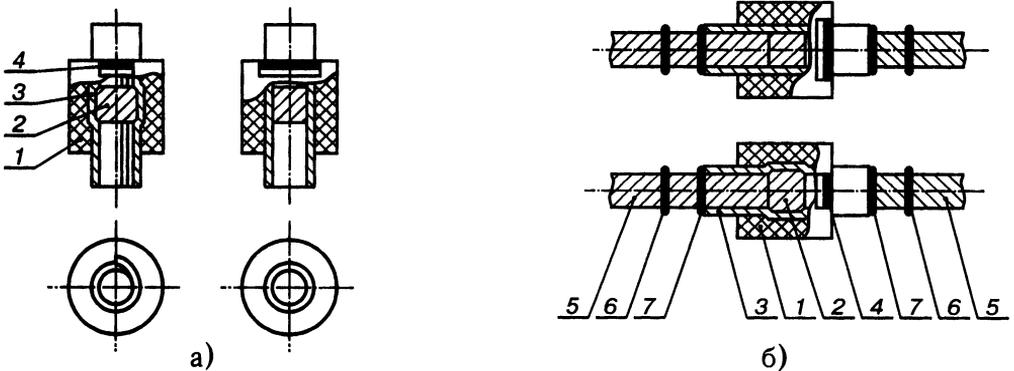


Рис. 2.4.146. Конструкция термитного патрона (а) и его положение на проводе перед сваркой (б):

1 — термитная масса; 2 — вкладыш; 3 — кокиль; 4 — наклейка; 5 — провод;
6 — ограничительный бандаж; 7 — асбестовое уплотнение

Таблица 2.4.39. Основные характеристики термитных патронов для сварки проводов

Марка патрона	Марка свариваемых проводов	Размеры, мм				Масса патрона, г
		Кокиль		Термитная масса		
		Длина	Диаметр	Длина	Диаметр	
ПАС-25	А-25, АС-25/4,2	60	7,0	16	25	24
ПАС-35	А-35, АС-35/6,2	60	8,7	28	25	32
ПАС-50	А-50, АС-50/8	60	10,2	28	35	65
ПАС-70	А-70, АС-70/11	65	12,5	29	38	80
ПАС-95	А-95, АС-95/15	65	14,8	35	43	118
ПАС-120	А-120, АС-120/19	65	16,2	35	43	140

2.4.15. Контактная арматура

1. Основные сведения

Для осуществления ответвлений от проводов и присоединения проводов к выводам аппаратов применяются контактные зажимы различных конструкций.

Контактные зажимы не рассчитаны на воздействие значительных механических нагрузок.

Усилие, обеспечивающее контакт провод-зажим, получается или за счет стяжки болтами (болтовые зажимы всех типов), или опрессованием (аппаратные и ответвительные прессуемые зажимы, рис. 2.4.147).

По назначению контактные зажимы разделяются на :

а) аппаратные, обеспечивающие присоединение провода к выводу аппарата. К этой группе относится большинство зажимов как болтовых, так и прессуемых, а также кабельные наконечники;

б) ответвительные, служащие для осуществления ответвления (отпайки) от провода к аппарату;

в) переходные, обеспечивающие переход от контакта цилиндрического к плоскому. К ним относятся штыревые зажимы.

При ошиновке открытых распределительных устройств следует стремиться иметь минимальное количество болтовых контактов, которые требуют периодического контроля и подтягивания болтов.

Следует особое внимание уделять вопросу обеспечения надежности контактов при переходе от алюминиевых проводов к медным выводам аппаратов.

В этих случаях алюминиевые лапки зажимов снабжены приваренными медными пластинами. Такое соединение позволяет избежать нарушения контакта вследствие электролитической коррозии, особенно при попадании влаги. Непосредственное болтовое соединение алюминиевых зажимов с медны-

ми выводами аппаратов недопустимы.

2. Зажимы петлевые.

При монтаже и замене проводов на анкерных опорах соединение проводов в петле (шлейфе) осуществляется обычно сваркой термитным патроном. В ряде случаев возникает необходимость выполнения разъемных соединений проводов в шлейфе анкерной опоры.

Такие соединения сталеалюминиевых проводов осуществляются разъемными прессуемыми зажимами типа ПАС для проводов сечением 240 мм^2 и более.

При переходе с одной марки проводов на другую в шлейфах анкерных опор устанавливаются петлевые переходные зажимы типа ПП (рис.2.4.147, табл.2.4.40).

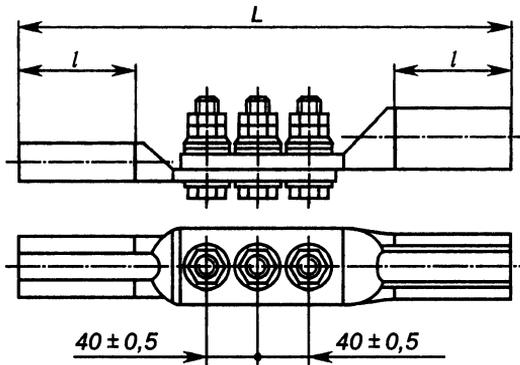


Рис.2.4.147. Зажимы петлевые переходные типа ПП

Таблица 2.4.40. Зажимы петлевые переходные типа ПП

Марка зажима	Марка лапки	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм		Масса, кг
			Ø, мм	марка комплекта	L	l	
ПП-51	ЛПА-120	A-120; AC-120; A-150	23	C-23	445	80	2,71
ПП-54	A2A-95-2	AC-95; A-95	21	C-21	320	70	1,36
ПП-56	A2M-95-2	C-100	19	C-19	288	70	0,95
	A2M-70-2	C-70	17	C-17			

Зажим состоит из двух контактных лапок, опрессовываемых на концах проводов. Контактные лапки соединяются тремя болтами. На контактной поверхности алюминиевого корпуса лапки зажима привариваются медные контактные пластины.

Через сутки после монтажа и периодически в процессе эксплуатации следует подтягивать болты зажимов.

Отвертывание болтов перед затяжкой не допускается. Если болты были отвернуты, необходимо зажим перемонтировать вновь с соблюдением всех требований инструкции по монтажу. Периодичность подтягивания болтов устанавливается инструкциями по эксплуатации подстанций.

Болты, гайки, шайбы и шайбы пружинные, идущие для комплектации зажимов, изготавливаются из стали, для защиты от коррозии оцинкованы гальваническим способом, кроме того, резьба болтов и гаек покрывается антикоррозийной смазкой.

Каждый зажим имеет маркировку, указывающую марку зажима, завод-изготовитель, год изготовления.

Электрическое сопротивление соединенных с помощью зажимов двух концов проводов не превышает электрического сопротивления проводов длиной, равной длине смонтированных зажимов.

Нагрев зажимов, смонтированных с проводом, при пропускании через них тока максимально допустимой для данного провода плотности, не превышает нагрева самого провода.

Нагрев зажимов, смонтированных с проводами разных марок и сечений, при пропускании тока максимально допустимой плотности, не превышает нагрева провода меньшего сечения.

Зажимы, предназначенные для работы в условиях тропического климата, выпускаются в специальном антикоррозийном исполнении. Каждый зажим имеет, указывающую марку завода-изготовителя, год изготовления, номер чертежа и марку провода, для которого предназначен зажим. Монтаж зажимов необходимо выполнять в строгом соответствии с требованиями инструкции по монтажу и указаниями на чертежах.

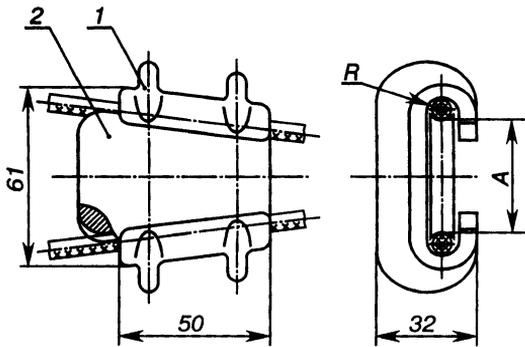


Рис.2.4.148. Зажим ответвительный клиновой типа ОК-2
1 — корпус; 2 — клин.

Зажимы типа ОК-2 (рис.2.4.148, табл.2.4.41) предназначены для осуществления ответвлений от воздушных магистральных линий напряжением 0,4; 6; 10 кВ, выполненных алюминиевыми и сталеалюминиевыми проводами.

Зажимы изготавливаются из алюминия. Монтаж зажима производится с помощью монтажного приспособления МИ-226.

Таблица 2.4.41. Зажимы петлевые клиновые

Марка зажима клина	Марка провода		Размеры, мм		Прочность заделки, кН, не менее	Масса, кг
	магистралли	ответвления	L	l		
ОК-2А 2А	А-25	А-16; А-25 АС-16/2,7; АС-25/4,2	40,0	4,8	6,00	0,155
	А-35; А-50 АС-25/4,2	А-16; АС-16/2,7 А-16; А-25 АС-16/2,7; АС-25/4,2				
	АС-35/6,2 АС-50/8,0	А-16; АС-16/2,7 А-16				
ОК-2Б 2Б	А-35	А-35; АС-35/6,2	37,0	5,7	6,00	0,150
	А-50	А-25; А-35, А-50; АС-25/4,2; АС-35/6,2				
	А-70	А-16; А-25; АС-16/2,7; АС-25/4,2				
	АС-35/4,2	А-25; А-35; АС-25/4,2; АС-35/6,2				
	АС-50/8,0	А-25; А-35; АС-16/2,7; АС-25/4,2; АС-35/6,2				
АС-70/11	А-16; А-25; АС-16/2,7					
ОК-2В 2В	А-70	А-35; А-50; А-70; АС-35/6,2; АС-50/8,0; АС-70/11	34	5,7	6,00	0,145
	АС-50/8,0 АС-70/11	А-50; АС-50/8,0 А-35; А-50; А-70; АС-25/4,2; АС-35/6,2; АС-50/8,0; АС-70/11				

Примечания: 1. Монтаж зажимов производится с помощью монтажного приспособления МИ-226.

2. Зажимы изготавливаются из алюминия.

3. Прессуемые и свариваемые зажимы

Зажимы типа ОАС предназначены для ответвлений от магистральной части ВЛ к ответвлениям от ВЛ или к вводам в здания (рис. 2.4.149). Зажим состоит из двух половин, соединяемых между собой. Соединение выполнено в виде ласточкиного хвоста. После ввода в соединение магистрального провода и провода ответвления зажим опрессовывают — получают неразъ-

емное соединение проводов. Марки соединяемых проводов приведены в таблице 2.4.42.

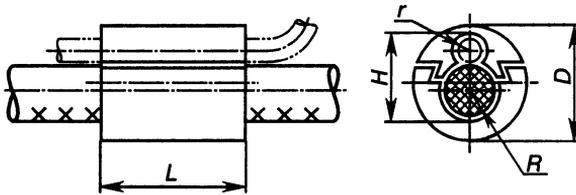


Рис.2.4.149. Зажим типа ОАС для ответвлений от ВЛ 0,4 кВ

Таблица 2.4.42. Зажимы прессуемые для ответвлений

Марка зажима клина	Марка провода		Размеры, мм					Масса, кг	Марка матрицы
	магистралей	ответвления	L	H	R	r	D		
ОАС-1	А-25 ... А-50	ПСО-3; ПСО-4	40	13,5	4,6	2,1	20	0,025	МШ-15,6
ОАС-2	ПСО-3 ПСО-4	Алюминиевый изолированный провод сечением 2,5 ... 10 мм ²	25	9,3	2,6	2,1	16	0,015	МШ-13

П р и м е ч а н и е. Монтаж производится путем опрессования корпуса зажима шестигранными матрицами приспособлением МИ-298 или гидравлическими прессами типов МГП-12А, МИ-2А и др.

Клиновой зажим типа ШДК (рис.2.4.150) предназначен также как и зажим ОАС для соединения проводов в шлейфах анкерных опор или же на ответвлениях от магистральной части ВЛ, или к вводам. При этом этот зажим позволяет получить соединение проводов, которое возможно при необходимости разъединить вновь. Марки и сечения проводов, соединяемых зажимом ШДК приведены в табл.2.4.43

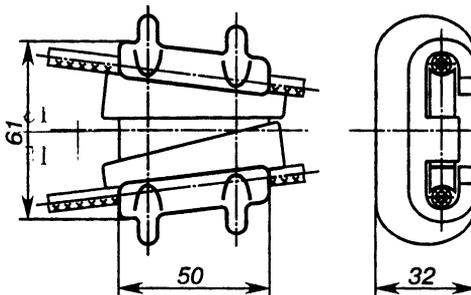


Рис.2.4.150. Зажим клиновой типа ШДК

Таблица 2.4.43. Клиновой зажим типа ШДК

Марка зажима	Марка провода	Марка клина	R , мм	Масса, кг
ШДК-2А	АС-16/2,7; А-16; А-25	2А	3,5	0,16
ШДК-2Б	АС-25/4,2; А-35	2Б	4,0	0,15
ШДК-2В	А-50; А-70; АС-70/11; АС-35/6,2; АС-50/8,6	2В	6,0	0,15

4. Аппаратные зажимы для присоединения вводов ВЛ 0,4–35 кВ к контактам электроаппаратов открытых РУ

Аппаратные зажимы типов ОА (рис.2.4.151 и 2.4.152) и типов А1А, А2А, А4А, (рис.2.4.153 и 2.4.154) для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов применяются при монтаже и ремонте распределительных устройств.

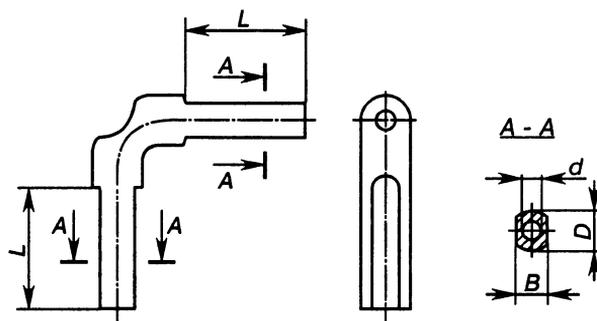


Рис.2.4.151 Ответвительный прессуемый зажим типа ОА-1

Таблица 2.4.44. Зажимы ответвительные прессуемые типа ОА для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм				Масса, кг
		\varnothing , мм	марка	D	d	B	L	
ОА-50-1	А-50; АС-50	17	С-17	20	11	16,5	60	0,10
ОА-70-1	А-70; АС-70	19	С-19	22	13	18,5	70	0,15
ОА-95-1	А-95; АС-95	21	С-21	25	15	20,5	70	0,17
ОА-120-1	А-120; АСУ-120 АС-120; А-150	23	С-23	28	16,5	23	80	0,24
ОА-150-1	А-185; АСУ-150 АС-150; АСО-150	26	А-26	30	18	25,5	80	0,28
ОА-185-1	А-240; АСУ-185 АС-185; АСО-185	28	А-28	34	20,5	27,5	90	0,41

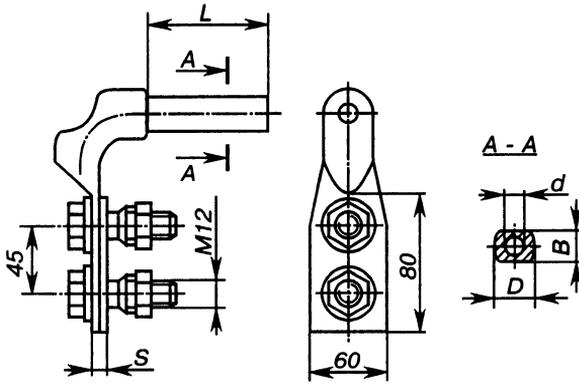


Рис.2.4.152. Зажим ответвительный прессуемый разъемный типа ОА-2

Таблица 2.4.45. Зажимы ответвительные разъемные типа ОА-2

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм					Масса, кг
		Ø, мм	марка	D	d	B	L	S	
ОА-50-2	А-50; АС-50	17	С-17	20	11	16,5	60	6	0,36
ОА-70-2	А-70; АС-70	19	С-19	22	13	18,5	70	7	0,4
ОА-95-2	А-95; АС-95	21	С-21	25	15	20,5	70	8	0,43
ОА-120-2	А-120; АСУ-120 АС-120; А-150	23	С-23	28	16,5	23	80	9	0,5
ОА-150-2	А-185; АСУ-150 АС-150; АСО-150	26	А-26	30	18	25,5	80	11	0,55
ОА-185-2	А-240; АСУ-185 АС-185; АСО-185	28	А-28	34	20,5	27,5	90	11	0,63

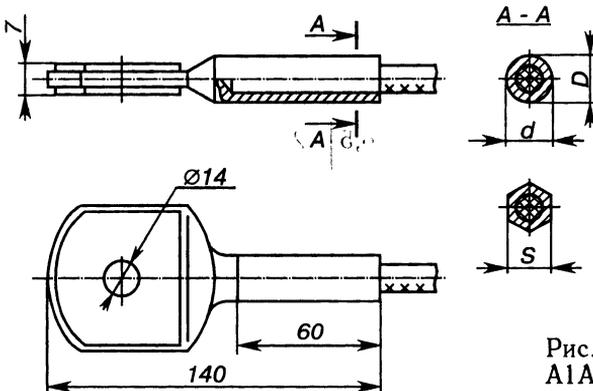
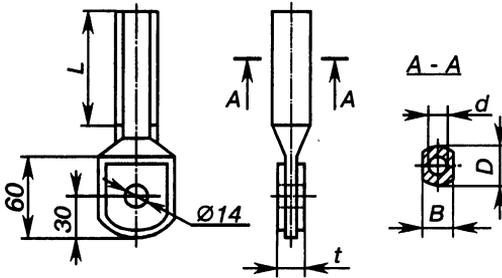


Рис.2.4.153. Аппаратный зажим марки А1А для проводов сечением до 35 мм²

Таблица 2.4.46. Зажимы аппаратные типа А1А для проводов сечением до 35 мм²

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм		Масса, кг
		марка	S	D	d	
A1A-10-1A	AC-10	МШ-13,9	13,9	16	5	0,085
A1A-16-1A	A-16; AC-16; БСА-16; БСА-10				6	
A1A-25-1A	A-25; AC-25; БСА-25				8	
A1A-35-1A	A-35; AC-35	МШ-15,6	15,6	18	9	0,085

Рис.2.4.154. Аппаратный зажим марки А1А для проводов сечением 50 мм² и болееТаблица 2.4.47. Аппаратный зажим типа А1А для проводов сечением 50 мм² и более

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм					Масса, кг
		Ø, мм	марка	D	d	B	L	t	
A1A-50-1	A-50; AC-50	17	C-17	20	11	16,5	60	7	0,15
A1A-70-1	A-70; AC-70	19	C-19	22	13	18,5	70	8	0,18
A1A-95-1	A-95; AC-95	21	C-21	25	15	20,5	70	9	0,20
A1A-120-1	A-120; АСУ-120 AC-120; A-150	23	C-23	28	16,5	23	80	10	0,24
A1A-150-1	A-185; АСУ-150 AC-150; АСО-150	26	A-26	30	18	25,5	80	12	0,28

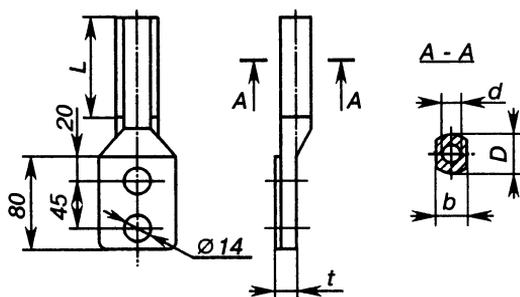


Рис. 2.4.155. Аппаратный зажим типа А2А для проводов сечением 50 мм² и более

Таблица 2.4.48. Аппаратный зажим типа А2А для проводов сечением 50мм² и более

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм					Масса, кг
		Ø, мм	марка	D	d	B	L	t	
A2A-50-2	A-50; AC-50	17	C-17	20	11	16,5	60	7	0,16
A2A-70-2	A-70; AC-70	19	C-19	22	13	18,5	70	8	0,17
A2A-95-2	A-95; AC-95	21	C-21	25	15	20,5	70	9	0,20
A2A-120-2	A-120; ACY-120 AC-120; A-150	23	C-23	28	16,5	23	80	9	0,24

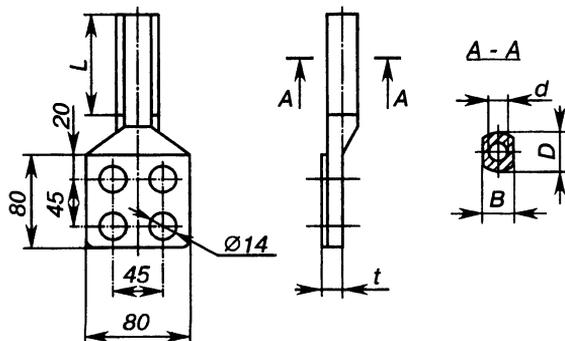


Рис.2.4.156. Зажимы аппаратные прессуемые типа А4А для присоединения алюминиевых проводов сечением 70–120 мм².

Таблица 2.4.49. Зажимы аппаратные прессуемые типа А4А

Марка зажима	Марка провода	Матрицы пресса		Размеры, мм					Масса, кг
		Ø, мм	марка	D	d	B	L	t	
A4A-70-2	A-70; AC-70	19	C-19	22	13	18,5	70	5,5	0,18
A4A-95-2	A-95; AC-95	21	C-21	25	15	20,5	70	7	0,23
A4A-120-2	A-120; ACY-120 AC-120; A-150	23	C-23	28	16,5	23	80	8,5	0,29

В качестве аппаратных зажимов (при отсутствии зажимов заводского изготовления) в районах Мосэнерго применяют изготавливаемую заводом РЭТО Мосэнерго контактную накладку, которая может быть применена для присоединения вводных проводов и кабелей к контактам проходных изоляторов оборудования КТП, КРУ, КРН, концевых кабельных муфт, к контактам линейных разъединителей наружной установки, предохранителям ПК мачтовых ТП 6-10/0,4кВ. Одну из ее разновидностей применяют для проходных изоляторов силовых трансформаторов МТП и КТП.

5. Зажимы для заземляющих проводников ВЛ 0,4–35кВ

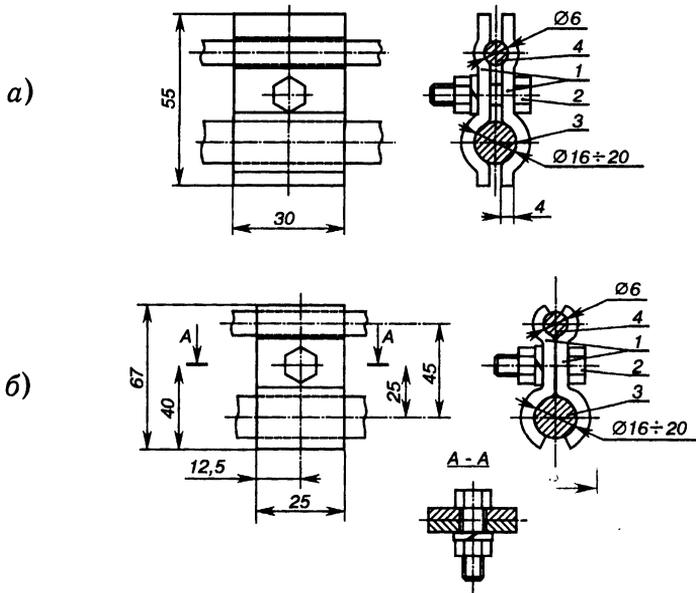


Рис.2.4.157. Зажимы заземляющие болтовые

а) типа ЭЗК; б) выполненные по проекту

Э-178 Главсельэлектросетьстроя Минтопэнерго РФ;

1 — шайхи; 2 — болт М8х40 мм с гайкой; 3 — крюк КН-18, КВ-20, КВ-22;
4 — заземляющие проводники.

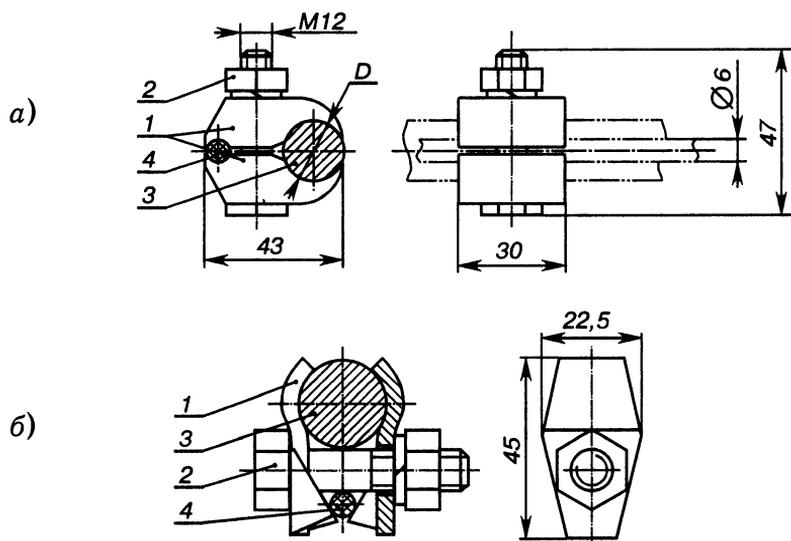


Рис.2.4.158. Зажим заземляющий ЗБ-1:
 а) ЗБ-1А (для крюка КН-20); б) ЗБ-1В (для крюков КН-16 и КН-18)
 1 — пласка; 2 — болт М12; 3 — крюк; 4 — заземляющий проводник

6. Зажимы опорные

Опорные зажимы типов АА (для одного провода в фазе) устанавливаются на колонках изоляторов типов ОНШ и ОС, используемых в качестве шинных опор, открытых распределительных устройств.

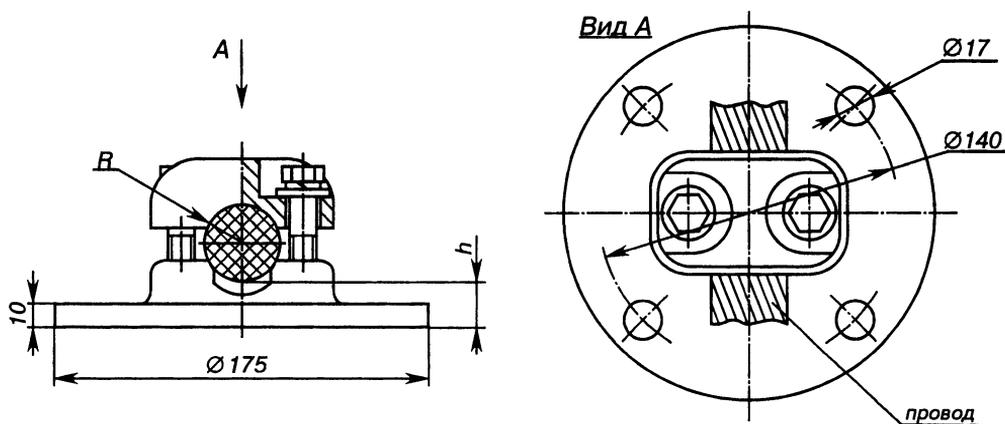


Рис.2.4.159. Опорные зажимы типа АА

Таблица 2.4.50. Опорные зажимы типа АА

Марка зажима	Взамен зажима	Марка провода					Размеры, мм		Масса, кг
		АП	МП	А	АС	АСО	R	h	
АА-3-1	АА-184	—	—	185-240	185	185	10,0	20	1,93
АА-4-1	АА-185	—	—	300-400	240-300	240-300	12,5	20	1,95
АА-5-1	АА-202	—	240	500	400	500	15,0	20	2,10
АА-6-1	АА-206	—	300	600		600-700	18,0	20	2,11
АА-8-1	АА-207	500	труба диаметром 45 мм				22,5	20	2,47

При монтаже шинных опор ошиновки с одним проводом в фазе при установке колонок изоляторов с зажимами типа АА (рис.2.4.159, табл.2.4.50) следует учитывать, что четыре крепежных отверстия изоляторов и зажима должны быть расположены попарно, симметрично относительно оси провода.

2.4.15. Защитная арматура ВЛ

Дополнительными элементами на ВЛ, относящимися к линейной защитной арматуре, служат балласты, гасители вибрации проводов, защитная арматура, распорки проводов.

1. Балласты.

В некоторых случаях, когда линия электропередачи проходит по пересеченной местности, на промежуточных опорах возникает «подтягивание» провода. Это явление возникает обычно на промежуточной опоре, расположенной во впадине, при уменьшении весовой нагрузки за счет ее перераспределения на соседние опоры, расположенные по уровню несколько выше на местности. Это приводит к изменению соотношения ветровых и весовых нагрузок на гирлянду.

Увеличивается отклонение гирлянды под действием ветра и возникает опасность нарушения допустимых по электрической прочности воздушного промежутка минимальных расстояний до ствола опоры, и даже подъема гирлянды с проводом в направлении траверсы опоры.

Для предотвращения этого к поддерживающему зажиму подвешиваются компенсирующие грузы-балласты, необходимый вес которых определяется расчетом.

Балласты и зажимы с одним проводом в фазе показаны на рис. 2.4.160, а их характеристики приведены в таблице 2.4.51.

В отличие от ранее применявшихся балластов новые конструкции компактных балластов имеют подвеску с расположением грузов вдоль проводов, что позволяет избежать опасного приближения грузов на подвеске при раскачивании гирлянды к элементам опоры без существенного увеличения веса балластов.

Вес балластов регулируется в соответствии с расчетными данными путем снятия двух грузов балласта с обеих сторон от центра.

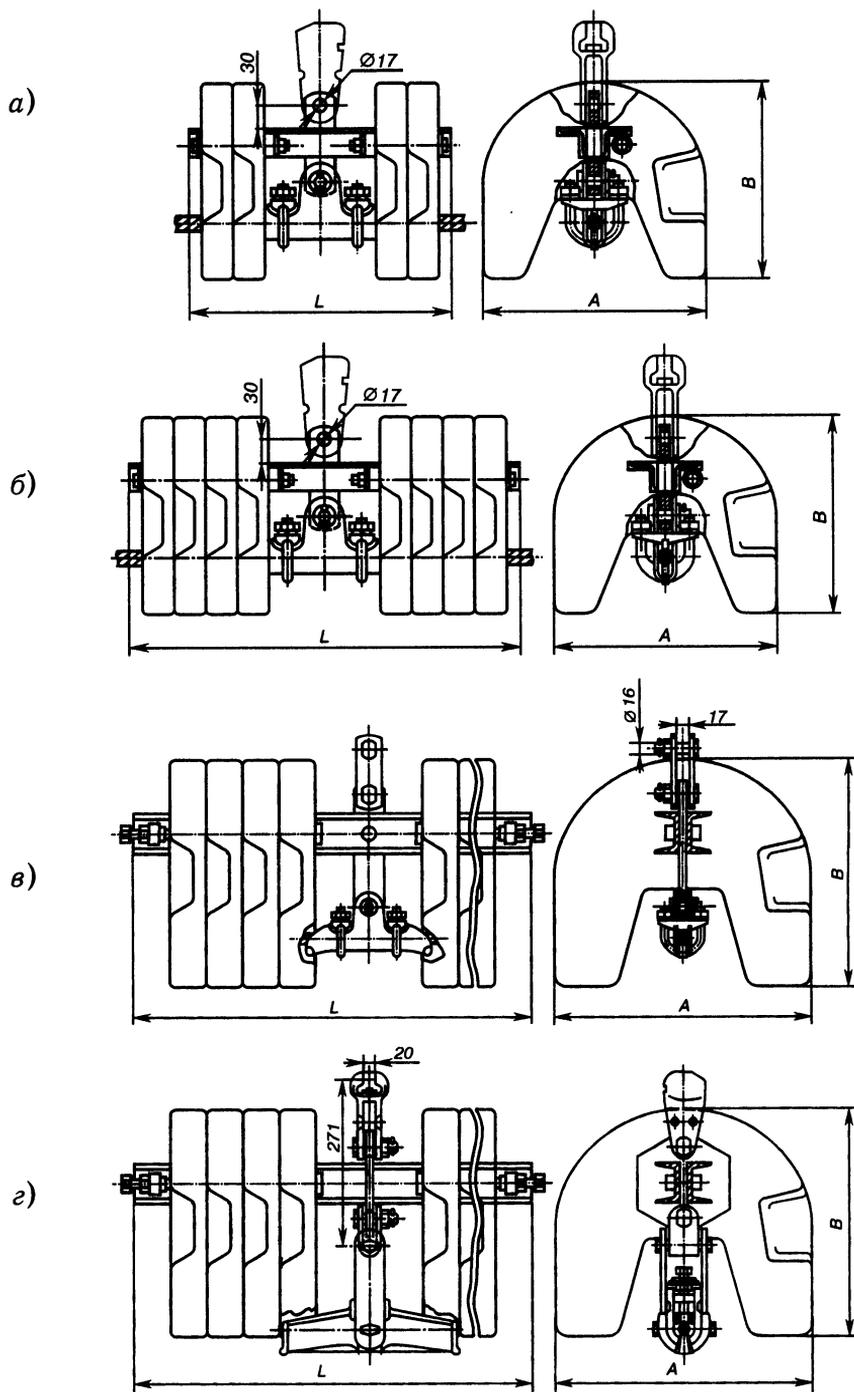


Рис.2.4.160. Балласты к поддерживающим гирляндам для одного провода в фазе

Таблица 2.4.51. Балласты

Марка балласта	Рис. 2.4.160	Основные размеры, мм			Максимальная масса балласта** и ступени возможной ее регулировки, кг	Применение к зажимам марок
		A	B	L		
БЛ-100-1	<i>a</i>	400	310	320	100, 50	ПГН-1-5
БЛ-200-1	<i>б</i>	400	310	480	200, 150, 100, 50	ПГН-2-6 ПГН-3-5
БЛ-400-1	<i>в</i>	425	378	732	400, 300, 200, 100	ПГН-1-11
БЛ-400-4	<i>г</i>	425	378	732	400, 300, 200, 100	ПГН-5-4
БЛ-400-5	<i>г</i>	425	378	732	400, 300, 200, 100	ПГН-5-3
БЛ-400-2	<i>г</i>	425	378	732	400, 300, 200, 100	ПО-5-5* ПГ-5-26 ПГН-4-4В

Примечания.

Балласт БЛ-400-4 комплектуется ушком марки У2-12-22.

Балласт БЛ-400-5 комплектуется ушком марки У2-12-16.

Балласт БЛ-400-2 комплектуется ушком марки У2-7-16.

* Зажимы сняты с производства, но имеются на ЛЭП.

** Масса балласта соответствует общей массе грузов.

Балласты подвешиваются к поддерживающим зажимам. Они представляют собой стальные диски или фигурные шайбы, изготавливаемые по ГОСТ 13276-79*. Масса стандартных балластов равна 100-400 кг для одиночных проводов в фазе, что соответствует рассматриваемым в справочнике условиям.

Поддерживающие изолирующие подвески не допускают отрицательных усилий, сжимающих подвеску.

Это связано с конструкцией сочленений изоляторов между собой и цепной арматуры, рассчитанных лишь на растягивающую силу. Кроме того, при отрицательных усилиях углы между проводом и горизонтальной осью поддерживающих зажимов также становятся отрицательными, что недопустимо по работе провода в зажиме. При устойчивых отрицательных усилиях возможно размещение поддерживающей подвески выше узла крепления опоры, однако такое расположение провода требует усложненной технологии монтажа провода, а также проверки опоры на вертикальные усилия, направленные вверх.

Усложняющие обстоятельства при отрицательных усилиях на подвеску вынуждают искать другие технические решения, исключая задиры подвесок: изменение расстановки опор, установку опор анкерного типа и др.

При незначительных отрицательных усилиях иногда прибегают к увеличению весовых усилий с помощью искусственных грузов, называемых балла-

стами. В качестве балластов используют стальные элементы, подвешиваемые к зажиму или непосредственно к проводу по обе стороны от зажима. Во всех случаях вес балластов должен компенсировать вертикальную отрицательную составляющую тяжения провода. Расчет веса балласта выполняется из условия

$$\sigma_{kz}A + G_6 \geq 0 \text{ или } p_z l_{\text{вес}} + G_6 \geq 0 \quad (2.4.1)$$

где G_6 — вес балласта, Н; σ_{kz} — результирующее вертикальное напряжение в узле подвески провода, МПа; A — поперечное сечение провода, мм²; p_z — весовая линейная нагрузка провода, Н/м; $l_{\text{вес}}$ — весовой пролет, м.

$$l_{\text{вес}} = \sigma_{kz} / \gamma_z$$

Из (2.4.1) следует, что вес балласта положителен лишь при отрицательном σ_{kz} или $l_{\text{вес}}$.

Отклонения поддерживающих подвесок при ветре. С целью проверки расстояний между проводом и элементами опоры рассчитываются углы отклонения подвесок в условиях, соответствующих рабочему напряжению, внутренним и атмосферным перенапряжениям. Точнее, должны определяться координаты конца изолирующей подвески. Однако расчет координат конца подвески с учетом прогиба подвески показывает, что практически во всех случаях для поддерживающих подвесок результаты получаются весьма близкими, что, объясняется малой разницей между дугой и хордой, образуемыми точками начала и конца подвески. Различие начинает ощущаться по мере заметного отклонения от вертикали весьма длинных подвесок, что характерно только для линий напряжением 110 кВ и выше (см. приложение 1).

2. Распорки проводов

В настоящее время все более широко начинают применяться распорки проводов ВЛ, (особенно на ВЛ 6–35 кВ), за которыми большое будущее.

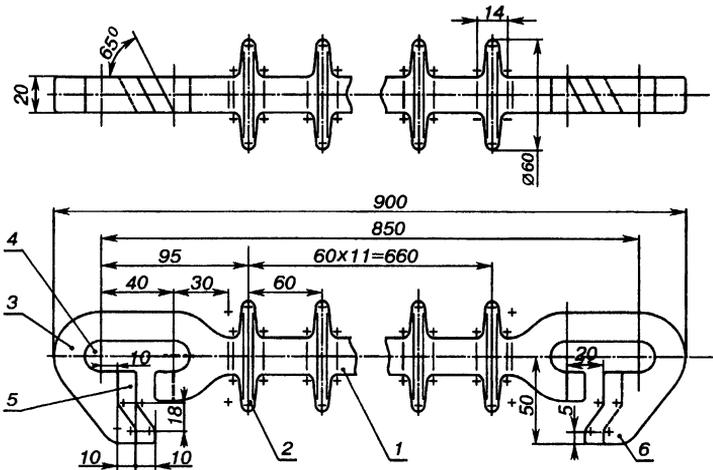


Рис.2.4.161.Изолирующая распорка 10 кВ из прессматериалов (ИР–10)

- 1 — стержень с ребрами; 2,3 — захват; 4 — паз для провода;
- 5 — наклонное отверстие в захвате для прохода провода при установке ИР–10;
- 6 — уловитель провода для удобства установки ИР–10 без отключения ВЛ 10 кВ.

На рис.2.4.161 и 2.4.162 (последняя для ВЛ 0,4 кВ) приведен общий вид распорки типа ИР-10 и ИР-1 соответственно.

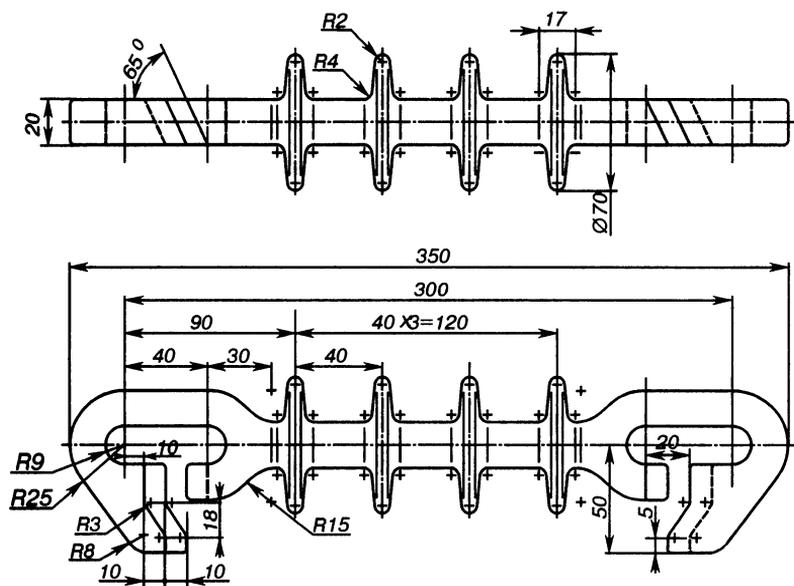


Рис. 2.4.162. Изолирующая распорка ИР-1

Расстояние между проводами принято 600–800 мм, т.е. предполагается их стяжка в середине пролета, чем достигается уменьшение расстояния между проводами на 50–60% против проектной величины. Такое сокращение расстояния между проводами обеспечивает фиксированное положение провода в крайних точках паза распорки. Для того, чтобы исключить выпадание провода из паза распорки при динамике, отверстие выполнено наклонным по отношению к проводу под углом 30 градусов. Стяжка проводов обеспечивает улучшение параметров линии ввиду уменьшения индуктивного сопротивления, падения напряжения и повышения КПД линии. При стяжке проводов с 110 до 60 см габариты ВЛ увеличиваются. В статическом состоянии тяжение в распорке составляет 0,2 кН. Прочность распорки по испытаниям аналогов из прессматериалов не менее 5 кН, что считается достаточным. Масса ИР-10 около 1 кг, при этом, малые трудовые и финансовые затраты на их установку позволяют практически предотвратить пляску проводов или значительно снизить амплитуду и усилия на провод и другие элементы опоры.

Для установки ИР-10 удобно использовать штангу 10 кВ. Монтаж выполняется таким образом: ИР-10 укрепляется на штанге, которая закрепляется на середине распорки, затем электромонтер поднимает распорку и зацепляет одним захватом за провод. В некоторых случаях требуется небольшой поворот в отношении оси провода до посадки провода в канале захвата. Далее монтер подтягивает закрепленный провод к другому проводу и цепляет свободный захват за него до посадки в прорезь, затем освобождает штангу.

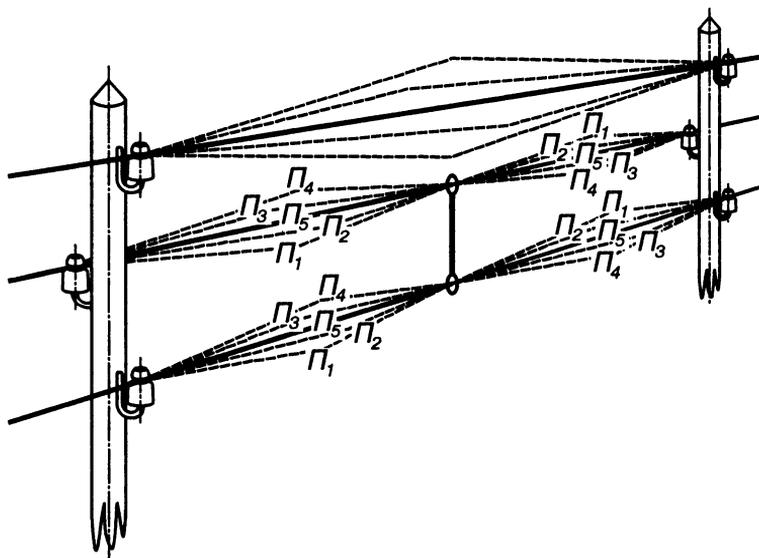


Рис.2.4.163. Динамика пляски проводов в пролете с деревянными опорами ВЛ 10 кВ с изолирующей распоркой

Применение изолирующих межфазовых распорок позволяет решить ряд задач, повышающих надежность работы электрических линий: предотвращать схлестывание проводов; снижать амплитуду и количество циклов вибрации проводов, что повышает надежность электроснабжения потребителей. Например, наиболее эффективным способом предотвращения схлестывания проводов является установка одной изолирующей межфазовой распорки в середине пролета. Для большей части ВЛ достаточно одной распорки между двумя нижними фазами проводов. На ВЛ с деревянными опорами их устанавливают вертикально и на железобетонных опорах при треугольном расположении проводов горизонтально. Кроме данной задачи изолирующие распорки обладают следующими преимуществами: их применение обеспечивает экономию материалов (железобетона), трудозатрат при строительстве и эксплуатации. Применение ИР–10 даст экономический эффект, так как допускается увеличение пролета и повышение надежности; с применением распорок практически предотвращается пляска проводов; снижается воздействие вибрации на провод из-за того, что уменьшается амплитуда и частота. ИР как бы служит виброгасителем.

Приложение

Расчеты для определения работоспособности отдельных узлов и элементов опор ВЛ 0,4–35 кВ [Л68]

1. Расчет ветровых нагрузок, действующих на провода угловой опоры.

Данный расчет выполнен при условии провисания провода в вертикальной плоскости при вертикальном направлении результирующей нагрузки γ_y , например $\gamma_y = \gamma_1$ или $\gamma_y = \gamma_3$ и др.

При действии ветровой нагрузки, когда провод выходит из вертикальной плоскости и результирующая нагрузка направлена под углом ϕ к вертикали, структура формул не изменяется, но в формулы должны быть подставлены расчетные величины, определяемые в плоскости действия результирующей нагрузки γ_ϕ , например $\gamma_\phi = \gamma_6$ или $\gamma_\phi = \gamma_7$ и др. Произведение γh остается без изменения, так как

$$\gamma_\phi h' = \gamma_y h = \gamma_y l \operatorname{tg} \theta = \text{const.} \quad (\text{П1-1})$$

Поэтому, например, напряжение в верхней точке подвеса провода при ветре и гололеде может быть вычислено по формуле:

$$\sigma_A = \sigma_c + \gamma_7 l_c + \gamma_3 h / 2, \quad (\text{П1-2})$$

где l_c определяется при γ_7 .

Составляющие опорных реакций от весовых и ветровых нагрузок для расчета опор определяются при длине пролета l_θ . Длина провода в ветровом режиме при положении в наклонной плоскости

$$L'_\theta = l_\theta \left[1 + \frac{1}{6} \left(\frac{\gamma_\phi l'}{2\sigma_c} \right)^2 \right] = l_\sigma \left[1 + \frac{1}{6} \left(\frac{\gamma_\phi l k_\phi}{2\sigma} \cos \theta \right)^2 \right], \quad (\text{П1-3})$$

где

$$k_\phi = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \theta \sin^2 \phi}; \quad (\text{П1-4})$$

$$\sigma = \sigma_c \cos \theta = \frac{\sigma'}{k_\phi} < \sigma'. \quad (\text{П1-5})$$

Напряжение σ является проекцией напряжения σ_c или σ' на горизонтальную ось и связано с горизонтальным распором формулой $H = \sigma F$. Напряжение σ можно также отнести к условной нулевой точке кривой провисания провода, приведенной к вертикальной плоскости, т.е. к проекции кривой провисания на вертикальную плоскость.

Если точки подвеса провода на трех опорах, средняя из которых угловая, находятся на одинаковом уровне, то нагрузки (или реакции) в точках подве-

са на угловой опоре при разной длине пролетов l_1 и l_2 определяются, согласно рис. П1–1, по формуле:

$$P = p_4 l \cos^2 \frac{\alpha_T}{2} = p_4 \frac{l_1 + l_2}{2} \cos^2 \frac{\alpha_T}{2}. \quad (\text{П1-6})$$

Суммарная нагрузка от ветра и тяжения

$$N = P + S = p_4 \frac{l_1 + l_2}{2} \cos^2 \frac{\alpha_T}{2} + 2H \sin \frac{\alpha_T}{2}, \quad (\text{П1-7})$$

где α_T — угол поворота трассы линии; H — горизонтальная составляющая тяжения провода (распор); p_4 — погонная нагрузка от ветра.

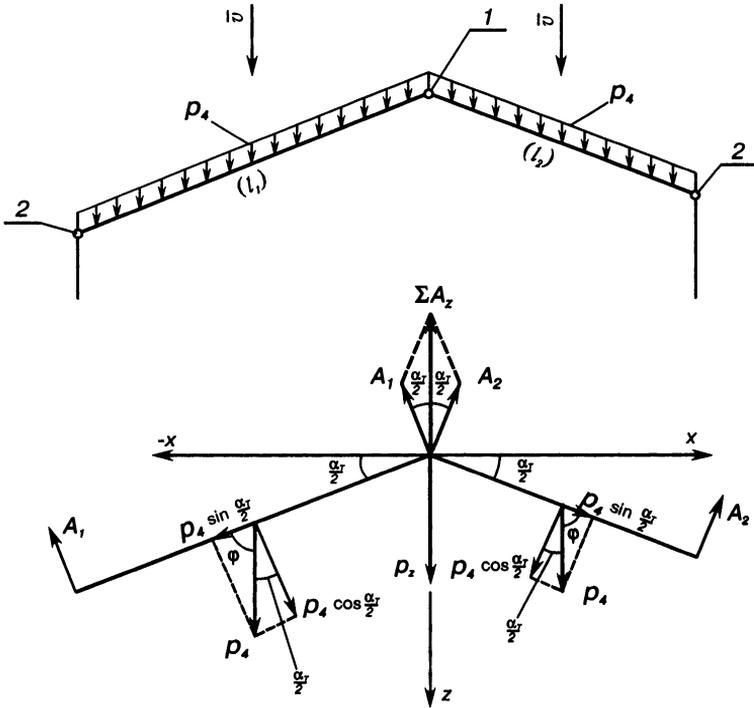


Рис. П1–1. Схема нагрузок на угловую опору от давления ветра на провода при одинаковой высоте точек подвеса

1 — угловая опора; 2 — промежуточная опора, l_1 и l_2 — смежные пролеты проводов; \vec{U} — направление ветра.

Если точки подвеса провода на трех опорах, средняя из которых угловая, расположена выше соседних, то для определения нагрузки на нее необходимы дополнительные построения (рис. П1–2)

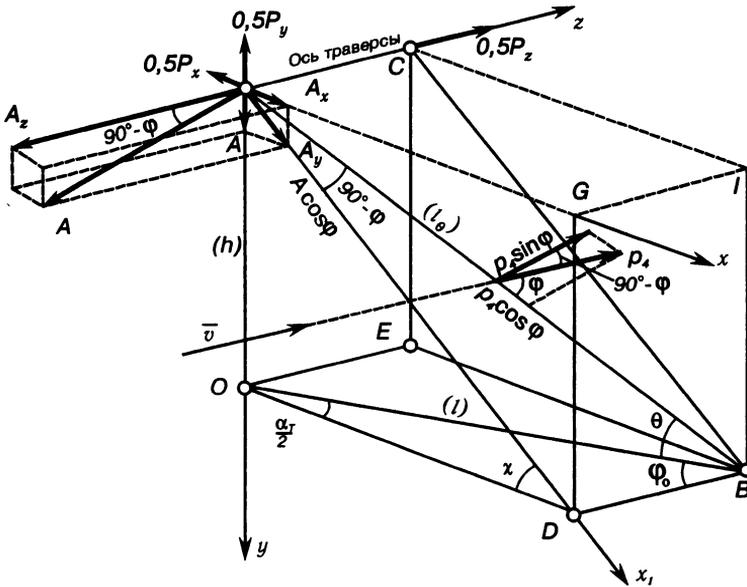


Рис. П1-2. Схема нагрузок от давления ветра на провода, передающихся на угловую опору, расположенную выше соседних опор

Примем длину l_0 за диагональ прямоугольника, стороны которого параллельны осям y и z . Далее, проведя параллельные линии AD и CB , получим пространственную фигуру — треугольную призму. В наклонной плоскости $ACBD$ диагональ AB будет равна пролету l_0 . Ось z совпадает с осью траверсы опоры.

При отсутствии ветра провод будет провисать в вертикальной плоскости OAB . Так как направление ветра принимается перпендикулярным к плоскости OAD , т.е. параллельным траверсе, то по отношению к пролету l ветер будет направлен под углом $90^\circ - 0,5 \alpha_T$, а по отношению к пролету l_0 под углом ψ ; угол ψ пока не известен.

Составляющая погонной ветровой нагрузки, нормальная к пролету l_0 , равна $p_4 \sin \psi$; касательная $p_4 \cos \psi$ не воспринимается проводом.

«Балочные» реакции в точках A и B в наклонной плоскости $ACBD$ будут одинаковыми $A = B = 0,5 p_4 l_0 \sin \psi$. Если разложить «балочные» реакции по осям координат, то получим следующие формулы для составляющих реакций в точке A (для ясности можно дополнить фигуру до параллелограмма, как показано штриховыми линиями): $A_x = A \cos \psi \cos \chi$; $A_y = A \cos \psi \sin \chi$; $A_z = A \sin \psi$.

Тригонометрические функции углов ψ и χ определяются из чертежа:

$$\cos \psi = \frac{BD}{AB} = \cos \theta \sin \frac{\alpha_T}{2}; \quad \sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \theta \sin^2 \frac{\alpha_T}{2}}$$

$$\cos\chi = \frac{OD}{AD} = \frac{\cos\theta \cos \frac{\alpha_T}{2}}{\sin\psi}; \quad \sin\chi = \sqrt{1 - \cos^2\chi} = \frac{\sin\theta}{\sin\psi}.$$

Таким образом составляющие «балочной» реакции по осям координат: горизонтальная, направленная по нормали к траверсе (по AG),

$$A_x = 0,5 p_4 l_0 \cos^2\theta \sin \frac{\alpha_T}{2} \cos \frac{\alpha_T}{2}; \quad (\text{П1-8})$$

вертикальная вниз

$$A_y = 0,5 p_4 l_0 \cos\theta \sin\theta \sin \frac{\alpha_T}{2}; \quad (\text{П1-9})$$

горизонтальная вдоль оси траверсы

$$A_z = 0,5 p_4 l_0 \left(1 - \cos^2\theta \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right). \quad (\text{П1-10})$$

Направление составляющих реакции A показано на чертеже.

Направление внешних активных сил, действующих на траверсу (тросостойку) по координатным осям, будет обратным направлению реактивных сил.

Когда с двух сторон опоры имеются разные пролеты и разные по величине и направлению уклоны, то на опору в точке подвеса провода или троса будут действовать следующие силы от ветра на провод или трос:

горизонтальная, направленная нормально к оси траверсы (положительная или отрицательная),

$$\begin{aligned} P_x &= 0,5 (P_{1x} - P_{2x}) = 0,5 (P_1 \cos^2\theta_1 - P_2 \cos^2\theta_2) \sin \frac{\alpha_T}{2} \cos \frac{\alpha_T}{2} = \\ &= 0,25 p_4 (l_1 \cos\theta_1 - l_2 \cos\theta_2) \sin\alpha_T; \end{aligned} \quad (\text{П1-11})$$

$$\begin{aligned} P_y &= 0,5 (P_{1y} + P_{2y}) = 0,5 (P_1 \cos\theta_1 \sin\theta_1 + P_2 \cos\theta_2 \sin\theta_2) \sin \frac{\alpha_T}{2} = \\ &= 0,5 p_4 (l_1 \sin\theta_1 + l_2 \sin\theta_2) \sin \frac{\alpha_T}{2}; \end{aligned} \quad (\text{П1-12})$$

Проведем через вершину угла поворота трассы вертикаль, на которой отложим отрезок OA , равный разности высот точек подвеса провода. Точку A примем за начало координат и направим координатные оси так, как показано на рис. П1-2. Из точки O проведем горизонтальную прямую под углом $0,5 \alpha_T$ к вертикальной плоскости xy и отложим отрезок OB , равный длине пролета.

Горизонтальная сила, направленная вдоль или параллельно оси траверсы (положительная), равна

$$\begin{aligned}
 P_z &= 0,5 (P_{1z} + P_{2z}) = 0,5 \left[P_1 \left(1 - \cos^2 \theta_1 \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right) + \right. \\
 &\quad \left. + P_2 \left(1 - \cos^2 \theta_2 \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right) \right] = \\
 &= 0,5 p_4 \left[l_{1\theta} \left(1 - \cos^2 \theta_1 \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right) + l_{2\theta} \left(1 - \cos^2 \theta_2 \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right) \right]. \quad (\text{П1-13})
 \end{aligned}$$

Кроме того, вдоль траверсы в каждой точке подвеса будет действовать угловая составляющая горизонтального распора $S = 2H \sin \frac{\alpha_T}{2}$. Поэтому суммарная горизонтальная сила вдоль траверсы в каждой точке подвеса или в месте крепления троса

$$\begin{aligned}
 N = P_z + S &= 0,5 p_4 \left[(l_{1\theta} + l_{2\theta}) - (l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2) \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right] + \\
 &\quad + 2H \sin \frac{\alpha_T}{2}. \quad (\text{П1-14})
 \end{aligned}$$

При заданном тяжении H_{1c} и H_{2c}

$$S = (H_{1c} \cos \theta_1 + H_{2c} \cos \theta_2) \sin \frac{\alpha_T}{2}. \quad (\text{П1-15})$$

При $l_1 = l_2$ и $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ получим:

$$\begin{aligned}
 P_x &= 0; \quad P_y = p_4 l \sin \theta \sin \frac{\alpha_T}{2}; \\
 N &= p_4 l_{1\theta} \left(1 - \cos^2 \theta \sin^2 \frac{\alpha_T}{2} \right) + 2H \sin \frac{\alpha_T}{2}.
 \end{aligned}$$

2. Расчет вырывающих нагрузок, действующих на штыревые изоляторы при разных высотах точек подвески провода [Л68]

При разных высотах точек подвески провода на нижнюю подвеску возможно воздействие вырывающей нагрузки, направленной вертикально вверх. С ростом числа пересечений воздушных линий с инженерными сооружениями возрастает число устанавливаемых опор повышенного габарита и соответственно число случаев, приводящих к возникновению вырывающей нагрузки.

Значительные вырывающие нагрузки могут срывать изоляторы с крюков и штырей, а иногда и деформировать крюки, поэтому проверка подвески провода на штыревых изоляторах на воздействие вырывающей нагрузки весьма актуальна.

Вырывающая нагрузка определяется при низшей температуре воздуха t_- . Вертикальная нагрузка, действующая на подвеску при t_- , численно равна нагрузке от массы провода на участке между опорой (подвеской) и наинизшей точкой провода.

Наинизшая точка провода с одинаковыми высотами находится в середине пролета.

Рассмотрим определение положения наинизшей точки при разных высотах точек подвески (рис. П1–3).

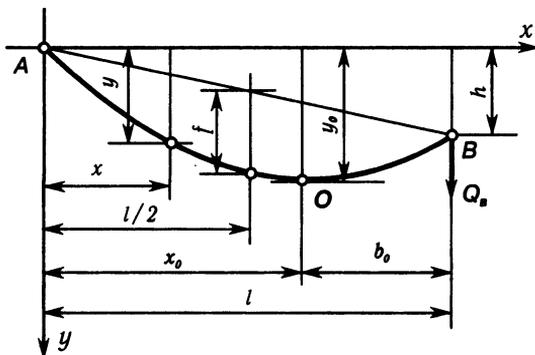


Рис. П1–3. К определению координат точки провода относительно начала, принятого в верхней точке подвески

Провес провода y в любой точке x пролета с разными уровнями ($h < 0,14 l$) точек подвески определяется по формуле

$$y = \frac{x \left[h + 4f \left(1 - \frac{x}{l} \right) \right]}{l}, \quad (\text{П1-16})$$

где x — расстояние (по горизонтали) от опоры с высшей точкой подвески, м; h — разность высот точек подвески провода на опорах, м; f — стрела провеса в середине пролета (отсчитываемая от прямой, соединяющей точки подвески), м; l — длина пролета, м.

Дифференцируя уравнение (П1-16) по x и приравнявая производную нулю, получим абсциссу наимизшей точки

$$x_0 = (h + 4f) \frac{l}{8f}. \quad (\text{П1-17})$$

Ординату точки O , т.е. максимальное значение провеса y_0 , определим, подставив в уравнение (П1-16) значение x_0

$$y_0 = \frac{(h + 4f)^2}{16f}. \quad (\text{П1-18})$$

Из выражений (П1-17) и (П1-18) следует, что положение наимизшей точки зависит от соотношения h и f . Возможны три различных положения наимизшей точки провода.

1. Наимизшая точка находится в пределах пролета (рис. П1-3). Согласно определению, данному ранее, на нижнюю подвеску B действует вертикальная нагрузка $Q_B = p_1 b_0$, где p_1 — единичная нагрузка от собственной массы провода, даН/м; b_0 — расстояние (по горизонтали) от подвески до наимизшей точки провода, м. Эта нагрузка направлена вниз (по оси ординат) и считается положительной.

Следовательно, вертикальная нагрузка будет положительной при

$$x_0 < l. \quad (\text{П1-19})$$

Подставляя в уравнение (П1-19) значение x_0 из выражения (П1-17)

$$h < 4f. \quad (\text{П1-20})$$

2. Наимизшая точка совпадает с нижней точкой подвеса (точкой B). В этом случае $b_0 = 0$ и, следовательно, $Q_B = 0$, т.е. условиями отсутствия (равной нулю) вертикальной нагрузки являются равенства

$$x_0 = l$$

или

$$h = 4f. \quad (\text{П1-21})$$

3. В положении на рис. П1-4 провод вообще не имеет наимизшей точки, так как она находится на продолжении кривой провисания за пределами самого провода. Такая наимизшая точка является только воображаемой, т.е. фиктивной. Тем не менее и в этом случае нагрузка Q_B численно равна $p_1 b_0$. Однако эта нагрузка вызывается тяжением провода в пролете, направлена вверх и считается отрицательной, т.е. $Q_B = -p_1 b_0$.

Следовательно, условиями отрицательной вертикальной нагрузки (или условиями наличия вырывающей нагрузки), действующей на подвеску B , являются неравенства

$$x_0 > l$$

$$h > 4f.$$

$$(П1-22)$$

Для определения результирующей вертикальной нагрузки, действующей на подвеску провода, необходимо рассмотреть два смежных с ней пролета.

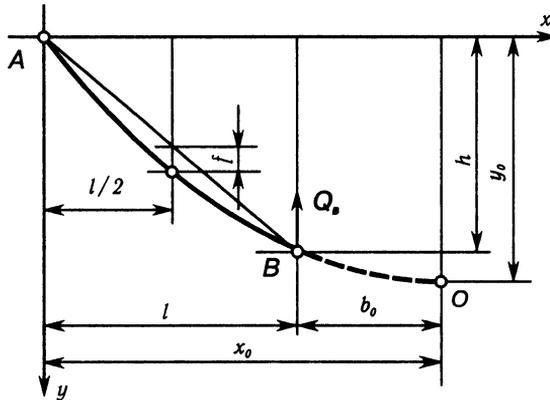


Рис. П1-4. Положение наинижней точки провода за пределами пролета

Допускаемое значение вырывающей нагрузки $Q_{В.Д}$ для подвески провода на штыревых изоляторах ограничено прочностью вязки (или прочностью крепления провода к изолятору с помощью специального зажима) и прочностью заделки изолятора на штыре или крюке. Однако фактическую прочность вязки и заделки изолятора определить трудно, поэтому при проектировании и строительстве ВЛ напряжением до 10 кВ принимается $Q_{В.Д} = 5$ даН.

Рассмотрим порядок проверки подвески для двух довольно распространенных случаев установки промежуточных опор нормального габарита рядом с анкерными опорами повышенного габарита.

1. Только одна из соседних (с проверяемой подвеской B) точек подвески расположена выше, т.е. рассматриваем подвеску провода на промежуточной опоре, соседними с которой являются, с одной стороны, анкерная опора повышенного габарита, а с другой стороны, — такая же промежуточная опора нормального габарита, как и рассматриваемая. Для простоты полагаем также, что $l_1 = l_2 = l$.

Воздействие вырывающей нагрузки возможно только со стороны провода в первом от анкерной опоры пролете. Если неравенство (П1-22) для этого пролета не выполняется, то вырывающей нагрузки нет; если выполняется, то вырывающая нагрузка возможна.

При выполнении условия (П1-22) определяем результирующую вертикальную нагрузку Q_B , действующую на подвеску B . Если $Q_B \geq 0$, то вырывающей нет; если $Q_B < 0$, то есть. Если при этом $|Q_B| \leq Q_{В.Д}$, то нагрузка является приемлемой, если $|Q_B| > Q_{В.Д}$ — неприемлемой.

Выведем специальное условие, при выполнении которого вырывающая

нагрузка в рассматриваемом случае будет допустимой.

Так как неравенство (П1-22) выполняется (иначе не будет вырывающей нагрузки), то

$$b_{01} = x_{01} - l = (h + 4f) \frac{l}{8f} - l = \frac{hl}{8f} - \frac{l}{2}. \quad (\text{П1-23})$$

Поскольку в нашем случае $h_2 = 0$, то

$$x_{02} = \frac{l}{2} \text{ и } b_{02} = l - x_{02} = \frac{l}{2}. \quad (\text{П1-24})$$

Результирующая вертикальная нагрузка, действующая на подвеску B

$$Q_B = -p_1 b_{01} + p_1 b_{02} = p_1 l \frac{(8f - h)}{8f}.$$

Эта нагрузка будет отрицательной при

$$h > 8f. \quad (\text{П1-25})$$

Неравенство (П1-25) является условием наличия вырывающей нагрузки. Она будет допустимой, если $|Q_B| \leq Q_{B.Д}$, т.е.

$$p_1 l \frac{(h - 8f)}{8f} \leq Q_{B.Д},$$

откуда

$$h \leq 8f \left[1 + \frac{Q_{B.Д}}{p_1 l} \right]. \quad (\text{П1-26})$$

2. Обе соседние (с рассматриваемой подвеской B) точки подвески расположены выше (рис.П1-5).

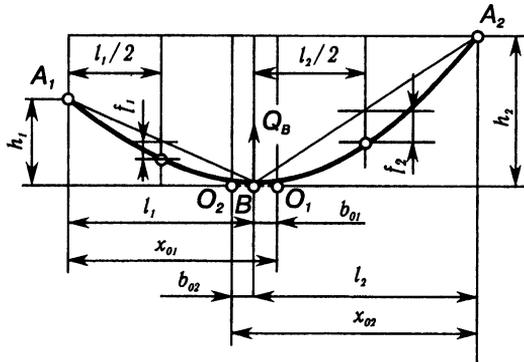


Рис. П1-5. К определению вырывающей нагрузки в случае, когда обе соседние (с рассматриваемой подвеской B) точки подвеса расположены выше.

Если $h_1 < 4f_1$ и $h_2 < 4f_2$, то вырывающей нагрузки нет. Если хотя бы одно из этих неравенств не выполняется, то такая нагрузка возможна.

Выведем специальное условие, при выполнении которого вырывающая нагрузка будет допустимой для случая, когда $l_1 = l_2 = l$. Тогда $f_1 = f_2 = f$ и результирующая вертикальная нагрузка

$$\begin{aligned} Q_B &= -p_1(b_{01} + b_{02}) = -p_1 \left[\frac{h_1 l}{8f} - \frac{l}{2} + \frac{h_2 l}{8f} - \frac{l}{2} \right] = \\ &= p_1 l \frac{[8f - (h_1 + h_2)]}{8f}. \end{aligned}$$

Отсюда получим условие наличия вырывающей нагрузки

$$h_1 + h_2 > 8f. \quad (\text{П1-27})$$

Вырывающая нагрузка будет допустимой, если

$$h_1 + h_2 \leq 8f \left[1 + \frac{Q_{в.д.}}{p_1 l} \right]. \quad (\text{П1-28})$$

Для ВЛ напряжением до 10 кВ с подвеской проводов на штыревых изоляторах возможны следующие технические решения по уменьшению или ликвидации вырывающей нагрузки:

перестановка опоры с вырывающей нагрузкой с целью или уменьшения h , или увеличения f ;

упразднение вообще этой опоры;

установка опоры повышенного габарита;

ослабление тяжения провода за счет увеличения его стрелы провеса.

Примеры проверки подвесок

1. Рассмотрим два пролета ВЛ 10 кВ длиной 80 м с промежуточной опорой ПП10–3 и проводом Ап 50 в III районе по ветру и II районе по гололеду, расположенных по обе стороны анкерной опоры повышенного габарита ПА10–4. Длина пролета пересечения, соседнего с анкерной опорой, — 60 м. Допускаемый ветровой пролет для этой опоры — 116 м, а высота подвеса верхнего провода составляет 14 м. Ветровой и габаритный пролеты для опоры ПП10–3 составляет соответственно 100 м и 80 м, высоты подвеса верхнего провода — 8,2 м. Стрела провеса провода в середине пролета длиной 80 м при $t_- = -40^\circ \text{C}$ составляет 0,62 м.

В наихудших условиях находится подвеска верхнего провода на промежуточной опоре, соседней с анкерной, так как разность высот для нее наибольшая и составляет $14 - 8,2 = 5,8$ м. Согласно условию (П1–25)

$$h = 5,8 > 8f = 8 \times 0,62 = 4,96 \text{ м}$$

— на подвеску будет действовать вырывающая нагрузка. Значение правой

части неравенства (П1-26) не выполняется, т.е. вырывающая нагрузка больше допустимой.

Для ее уменьшения переставим две опоры ПП10-3, соседние с анкерной, так, чтобы первый от анкерной опоры пролет был $l_1 = 100$ м, а второй $l_2 = 80$ м; предположим также, что приведенный пролет $l_{пр}$ при этом практически не изменится и равен 80 м. (Для конкретного анкерowanego участка значение $l_{пр}$ может быть уточнено и использоваться в дальнейших расчетах). Такая перестановка допустима, так как для первой промежуточной опоры ветровой пролет составит $0,5(l_1 + l_2) = 0,5(100+80) = 90$ м, а для анкерной — $0,5(60+100) = 80$ м, что меньше допускаемых значений.

При принятом допущении $f_1 = 0,97$ м, $f_2 = 0,62$ м. По уравнениям (П1-23) и (П1-24) $b_{01} = 49,23$ м, $b_{02} = 40$ м. При этом $Q_B = -p_1 b_{01} + p_1 b_{02} = -p_1(b_{01} - b_{02}) = -0,135(49,23 - 40) = -1,245$ даН и снизилась до приемлемой величины.

2. Анкерные опоры ПА10-4, ограничивают пролеты пересечений длиной 60 м. В образовавшемся анкерированном участке между ними намечена установка опоры марки ПП10-3. При этом $l_1 = 70$ м, $l_2 = 80$ м, остальные данные те же, что и в примере 1.

Значению $l_{пр} = 75,5$ м соответствует напряжение в проводах при $t_- = -40^\circ$ С, равное $\sigma_- = 4,19$ даН/мм², при этом $f_1 = 0,4$ м, $l_2 = 0,52$ м. Разность высот $h_1 - h_2 = 14 - 8,2 = 5,8$ м.

Так как $h_1 > 4f_1$ и $h_2 > 4f_2$, то на подвеску провода на опоре ПП10-3 будет действовать вырывающая нагрузка. По выражению (П1-23) $b_{01} = 47,03$ м, $b_{02} = 65,00$ м. Тогда $Q_B = -p_1(b_{01} + b_{02}) = -0,135(47,03 + 65,00) = -15,12$ даН и является неприемлемой.

Если рассмотренные технические решения оказываются неприемлимыми, то вместо промежуточной опоры с вырывающей нагрузкой устанавливается анкерная опора натяжной изолирующей подвеской, для которой наличие вертикальной нагрузки, направленной вверх, не имеет существенного значения.

3. Проверка расстояний от провода до элементов опоры [Л23]

При проверке расстояний от провода до элементов опоры необходимо иметь в виду, что в случае использования балластов увеличиваются геометрические размеры узла конца подвески, находящегося под напряжением, а это в свою очередь может изменить допустимый угол отклонения подвески. Предельный допустимый угол отклонения подвески можно определить графически, как показано на рис. П1-6. Допустимый угол θ_d на данной опоре определяется длиной подвески и допустимым промежутком r . В случае балласта длина подвески увеличивается, что приводит к уменьшению допустимого угла отклонения до значения θ'_d .

По допустимому углу отклонения подвески можно также рассчитать вес балласта, обеспечивающего непревышение угла отклонения подвески над до-

пустимым значением. Если известен допустимый угол θ_d , то проверочный расчет сводится к обеспечению неравенства $\theta \leq \theta_d$ в определенной плоскости.

Например, если задан θ_{dYZ} в плоскости YOZ , то $\operatorname{tg}\theta_{YZ} \leq \operatorname{tg}\theta_{dYZ}$ или $\lambda_Y / \lambda_Z \leq \operatorname{tg}\theta_{dYZ}$, откуда

$$\frac{F_Y + \frac{P_{rY}}{2}}{F_Z + \frac{P_{rZ}}{2}} \leq \operatorname{tg}\theta_{dYZ}.$$

Заменяя в последнем силы F_Y и F_Z их выражениями через σ_{KY} и σ_{KZ} и пренебрегая P_{rY} , получаем

$$\frac{\sigma_{KY}A}{\sigma_{KZ} + \frac{P_{rZ}}{2}} \leq \operatorname{tg}\theta_{dYZ} \quad (\text{П1-29})$$

Если последнее условие не соблюдается, то это означает превышение горизонтальной силы над вертикальной. Одним из мероприятий по уменьшению отношения в левой части (П1-29) является подвеска балласта. Вес балласта определится на основании выражения (П1-29), которое запишется в виде

$$\frac{\sigma_{KY}A}{\sigma_{KZ}A + \frac{P_{rZ}}{2} + G_6} = \operatorname{tg}\theta_{dYZ}, \quad (\text{П1-30})$$

откуда

$$G_6 = \frac{\sigma_{KY}A}{\operatorname{tg}\theta_{dYZ}} - \sigma_{KZ}A - \frac{P_{rZ}}{2}. \quad (\text{П1-31})$$

При необходимости соблюдения угла в плоскости XOZ выражения (П1-29 ... П1-31) останутся неизменными, если $\operatorname{tg}\theta_{dYZ}$ заменить на $\operatorname{tg}\theta_{dXZ}$, а σ_{KY} — на σ_{KX} .

Таким образом, порядок расчета приближений провода к элементам опоры состоит в следующем:

определяются допустимые для данной конструкции опоры углы отклонения поддерживающих подвесок θ_d в плоскости, перпендикулярной оси провода;

рассчитываются истинные для данной опоры углы отклонения θ ;

если $\theta > \theta_d$, рассчитывается вес балласта, устанавливается новое значение

$\theta'_д$ с учетом размеров балласта и снова с ним сравнивается новое значение истинного угла θ' .

Иногда вместо поддерживающих подвесок используют более сложные подвески — Л-образные, V-образные и др. В таких случаях допустимые и истинные углы отклонения подвесок определяются с учетом особенностей их конструкций. Так, например, для Л-образных подвесок, расположенных в плоскости, проходящей через ось провода и узел крепления подвески к опоре, отклонение подвесок под действием ветра может производиться по тем же формулам, что и простые поддерживающие подвески, с тем лишь отличием, что в качестве веса подвески принимается суммарный вес обеих наклонных ветвей подвески, а в качестве длины подвески принимается ее вертикальная проекция, т.е. $\lambda_z = \lambda \cos(\theta/2)$, где θ — угол в вершине подвески между осями двух ветвей. V-образные подвески размещаются в плоскости, перпендикулярной оси провода, и конструируются таким образом, чтобы угол между ветвями подвески у провода обеспечивал неподвижность наветренной ветви при наибольших ветровых нагрузках. Для этого угол между осью ветви подвески и вертикалью должен превышать возможный теоретический угол θ' отклонения от вертикали свободной поддерживающей подвески (рис. П1-7).

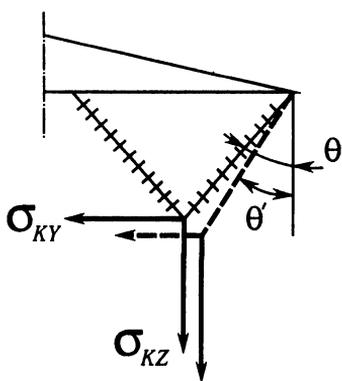


Рис. П1-7. Для расчета V-образной подвески

Соблюдение этого условия обеспечивает неподвижность узла крепления провода, подвешенного к V-образной подвеске, во всех эксплуатационных условиях нормального режима. Угол β между ветвями V-образной подвески может оказаться близким к 90° и более. Расчет отклонения V-образных подвесок сводится к определению угла θ' по формулам для поддерживающих подвесок и его сравнения с действительным углом θ .

Проверка допустимых отклонений поддерживающих подвесок на опоре должна производиться не только для обеспечения расстояния провод — опора, но и для исключения касания ближайшего к траверсе опоры изолятора к низу траверсы. При больших углах отклонения подвесок существенные размеры тарелок изоляторов могут привести к их касанию или повреждению от соударения с опорой. Упрощенные расчеты в этом случае заключаются в определении графическим путем допустимого угла отклонения от вертикали оси подвески с учетом истинных размеров изолятора и его расстояния от опоры при замещении подвески прямолинейным стержнем и в сравнении с допустимым углом значения действительного угла отклонения на данной опоре. Более точный расчет состоит в тех же проверках, но с учетом криволинейности подвески согласно ее расчету по схеме многосвязной цепи.

Адреса заводов и организаций для запроса о приобретении электрооборудования

1. АООТ «Кирсинский кабельный завод» 612810, Россия, г. Кирс, Кировской обл., ул. Ленина, 1
2. Ахмаметьевский электро-механический завод 422412, Татарстан, Буинский район
3. АО «Алттранс» 658 064, Барнаул, Павловский тракт, д.28
4. АООТ «Волжский завод Энергореммаш» 404120, Волжский Волгоградская обл., ГСП, район речного порта
5. АО «Дивногорский завод низковольтной аппаратуры» 663080, Дивногорск Красноярского края
6. АО «Завод Прогресс» 410071, Саратов, ул. Университетская, д.28
7. АМО «ЗИЛ» 109280, Москва, ул. Автозаводская, д.23
8. АООТ «Завод Стройдормаш» 624630, Алапаевск Екатеринбургской обл., ул. Серова, д.1
9. АО «Завод Иркутсккабель» Россия, Восточная Сибирь, г. Шелехов Иркутской обл.
10. АО «Институт Западсель-энергопроект» 189620, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Октябрьский бульв., д.50/30
11. АО «Контактор» 432001, Ульяновск, ул. Карла Маркса, д.12
12. АО «Краснодарэлектростройконструкция» 350059, Краснодар, ул. Новороссийская, д.240
13. АП «Курганский электро-механический завод» 640000, Курган, ул. Ленина, д.56
14. АО «Конкорд» 113035, Москва, ул. Пятницкая, д.7
15. ЭЗОИС 107143, Москва, 2-ой Иртышский пер., д. 6
16. АООТ «Мытищинский электромеханический завод» 141009, Мытищи Московская обл., ул. Коминтерна, д.15а
17. АО «Мосэнерго» 113035, Москва, Раушская наб., д.8
18. АООТ «Новосибирский завод железобетонных опор и свай» 630056, Новосибирск, 56
19. АООТ «Нижновэнерго» 603600, Нижний Новгород, ул. Маяковского, д.33
20. Новосибирское акционерное общество «Электросигнал» 630009, Новосибирск, ул. Добролюбова, д.31

- | | | |
|-----|---|--|
| 21. | АООТ «Охтинский механический завод» | 195027, Санкт-Петербург, пр.Металлистов, д.9 |
| 22. | АО «Полимеризолятор» | Ленинградская обл., г.Сосновый бор, ул.Мира, д.1 |
| 23. | АО «Пензинский электро-механический завод» | 440000, Пенза, ул.Герновского, д.19 |
| 24. | АОЗТ «Райэнерго» | 103005, Москва, ул.Дорожная, д.13а, т.321-7132, факс. 944-9089 |
| 25. | АП «Славянский арматурно-изоляторный завод» | 232203, Славянск Донецкой обл., ул.Добровольского, д.32 |
| 26. | АО «Строймашсервис» | 127254, Москва, ул.Добролюбова, д.16, корп.2 |
| 27. | АООТ «Сельэлектро» | 400080, Волгоград-80 |
| 28. | АО «Самарский завод Электроштит» | 443048, Самара-48 |
| 29. | АО «Средне-Волжская промышленная компания» | 432072, Ульяновск, а/я 3553 |
| 30. | АООТ «Товарковский завод высоковольтной арматуры» | 301822, пос.Товарковский Тульской обл. Богородского района |
| 31. | АООТ «Тулэнерго» | 300600, Тула, ул.Тимирязева, д.99 |
| 32. | АООТ «Трансформатор» | 447001, Тольятти Самарской обл., ул.Индустриальная, д.1 |
| 33. | АО «Уральский компрес-сорный завод» | 620007, Екатеринбург, ул.Новороссийская д.240 |
| 34. | АО «Уралэлектротяжмаш» | 620017, Екатеринбург, ул. Фронтовых бригад, д.22 |
| 35. | АП «Харцызский литейный завод высоковольтной арматуры» («Армлит») | 343700, г.Харцызск Донецкой обл., ул. Огарева, д.67 |
| 36. | АО «ЧЭАЗ» | 428000, Чебоксары, просп.И.Яковлева, д.5 |
| 37. | АООТ «Энергомеханизация» | 111024, Москва, 1-я ул.Энтузиастов, д.15 |
| 38. | АО «Электрофарфор» | 182100, Великие Луки Псковской обл., просп.Октябрьский, д.115 |
| 39. | АООТ «Энергосвязь автоматика» | 344019, Ростов-на-Дону, ул.Мясникова, д.54 |
| 40. | АО «Энергопром» | 103104, Москва, а/я 86 |
| 41. | АО «Элво» | 182100, Великие Луки Псковской обл., просп.Октябрьский, д.79 |
| 42. | АО «Элко» | Красноярский край, г.Минусинск, а/я 54 |

- | | | |
|-----|--|--|
| 43. | АООТ «Энерготехмаш» | 404130, Волжский Волгоградской обл., ул.Куйбышева, д.45 |
| 44. | Биробиджанский завод силовых трансформаторов | 682200, Биробиджан, ул.Трансформаторная, д.1 |
| 45. | Балашихинский механический завод № 345 | 143900, Балашиха Московской обл. |
| 46. | ППСО «Белсельэлектро-сетьстрой» | 220600, Минск, ул.Сухая, д.3 |
| 47. | Балашихинский завод автомобильных кранов | 143900, Балашиха,1 Московской обл. |
| 48. | Белгородский электро-механический завод | 308820, Белгород, ул.Мирная, д.7 |
| 49. | Благовещенский электро-аппаратный завод | г.Благовещенск, ул. Ленина, д.130 |
| 50. | Бесланский электромеханический завод | 363002, г.Беслан, ул.Цаликова, д.10 |
| 51. | Вологодский электромеханический завод | 160003, Вологда, Советский пр., д.148 |
| 52. | Владимирский завод «Электроприбор» | 600017, Владимир, ул.Батурина, д.28 |
| 53. | ВОП «Винница-электро-технология» | 286021, Винница, Хмельницкое шоссе, 10-й км |
| 54. | Витебский опытно-экспериментальный завод | 210033, Витебск, просп.Фрунзе, д.81 |
| 55. | ВИЭСХ | 109456, Москва, 1-й Вешняковский пр., д.2 |
| 56. | ВЭИ | 112250, Москва, ул.Красноказарменная, д.12 |
| 57. | ГП «Машзавод» | 614600, Пермь, ГСП, ул.Дзержинского, д.1 |
| 58. | ГМП «Московская кабельная арматура» | 111024, Москва, ул.2-я Кабельная, д.2 |
| 59. | ГПСЗИ «Леноргэнергостой» | 191065, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 47 |
| 60. | ДАО «Владимирский электромеханический завод» | 600901, Владимирская обл., п/о Юрьевец, ул.Ноябрьская, д.127 |
| 61. | ДАО «Азовский электро-механический завод» | 346740, Ростовская обл., г.Азов-4, пр.Литейный, д.3 |
| 62. | Дмитровский электромеханический завод | 141850, п/о Деденево Московской обл. |

- | | | |
|-----|--|--|
| 63. | Департамент электрических сетей РАО «ЕЭС России» | 103074, Москва, Китайгородский пр., д.7 |
| 64. | Завод «Электросигнал» | 394026, Воронеж, ул.Электросигнальная, д.1 |
| 65. | Завод «Весоприбор» | г.Бобруйск, ул.Дзержинского, д.141 |
| 66. | МГПП «Завод спецоснасткм» | 111141, Москва, 1-й проезд Перова поля, д.9 |
| 67. | Зуевский энергомеханический завод | 343710, г.Зугрэс-2 Донецкой обл. |
| 68. | Институт «Нижегородск-сельэнергопроект» | 603600, Нижний Новгород, ГСП-1150, просп.Ленина, д.20 |
| 69. | Институт «Оргэнергострой» | 113105, Москва, М-105, Варшавское шоссе, д.17 |
| 70. | Инженерный центр «Энерго»
АО «Ростовэнерго» | 346400, Новочеркасск, а/я 67 |
| 71. | Институт «Сельэнерго-проект» | 111395, Москва, ул.Аллея Первой Маевки, д.15 |
| 72. | Краснодарское предприятие «Электроприбор» | 350078, Краснодар, ул.Котовского, д.76/2 |
| 73. | Карпинский электромашино-строительный завод | 624480, Екатеринбургская обл., г.Карпинск, ул.Карпинского, д.1 |
| 74. | Криворожский завод электромонтажных изделий | Украина, 324025, Кривой Рог, пос.Карачуны |
| 75. | Концерн «Строймеханизация» | 113054, Москва, 5-й Монетчиковский пер., д.20 |
| 76. | Ленинградский электро-механический завод | 197061, Санкт-Петербург, Певческий пр., д.14 |
| 77. | Львовский изоляторный завод | 290066, Львов, ул.Зеленая, д.301 |
| 78. | Могилевский опытный завод «Зенит» | 212030, Могилев |
| 79. | Мытищинский электротехнический завод | 141002, Мытищи Московской обл., ул.Колпакова, д.2 |
| 80. | Московский завод «Электроцит» | 121596, Москва, ул.Горбунова, д.1 |
| 81. | Минский электротехнический завод им. В.И.Козлова | 220692, Минск, ул.Уральская, д.4 |
| 82. | МП «СКДС» | 142300, Чехов Московской обл. |

83. МГП «Овен» 109456, Москва, 1-й Вешняковский пр., д.2
84. АООТ «Новосибирский энергомеханический завод» 630076, Новосибирск, пр.Димитрова, д.7
85. Новочеркасский государственный технический университет 346400, Новочеркасск ГСП-1, ул.Просвещения, д.132
86. НПФ «Радиус» 103489, Москва, К-489
87. Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры 360004, ГСП, г.Нальчик, ул.Калюжного, д.100
88. НТП «Инвертор» 310091, Харьков, а/я 1868
89. ОЗАП Мосэнерго 109072, Москва, Болотная наб., д.15
90. НПФ «Бирюса» 614056, Пермь-56, ул.Гашкова, 45-52
91. НИИ «Вега» 394026, Воронеж, ул.Электросигнальная
92. Поволжское отделение института «Сельэнергопроект» 410078, Саратов, ул.Рахова, д.187/213
93. ПП «Энергоавтоматика» 277023, Кишинев, ул.Тудор Владимирская, д.2
94. Пронский механический завод «Энергомеханизация» 391090, г.Пронск Рязанской обл.
95. ПО «Квант» 357030, Невинномыск, ул.Гагарина, д.217
96. Павлодарский завод электромонтажных изделий Казахстан, 637019, Павлодар, 19
97. РАО «Роскоммунэнерго» 109004, Москва, ул.Воронцовская, д.11
98. Рижский завод «Энергоавтоматика» Латвия, LV-1005, Рига, ул.Ганибу Дамбис, д.24
99. СКТБ ВКТ Мосэнерго 109432, Москва, 2-й Кожуховский пр., д.29
100. СП «Каблери де Лэнс» и «Элсика» 142040, Домодедово Московской обл., Главпочтампт, а/я 73
101. Южноуральский ремонтно-механический завод 457040, Южноуральск Челябинской обл., ул.Спортивная, д.1
102. ТОО «Механический завод № 5» 344022, Ростов-на-Дону, пер.Журавлева, д.47
103. ТОО «БЭЛ» 125577, Москва, И-557, Высоковольтный пр., д.1

104. ТОО «Пресс-Электро» 113035, Москва, ул.Осипенко, д.13
105. Ульяновский механический завод № 2 432032, Ульяновск, Московское шоссе, д.16
106. АО «Фирма ОРГРЭС» 105023, Москва, Семеновский пер., д.15
107. Фарфоровый завод «Пролетарий» 195108, Санкт-Петербург, Полюстровский пр., д.59
108. Ярославский электро-механический завод 150029, Ярославль, ул. Декабристов, д.1
109. Холдинговая компания «Электрозавод» 105023, Москва, ул.Электрозаводская, д.21, факс: 963-1841
110. Хозрасчетный центр «Интеграл» 346401, Новочеркасск, ГСП-1, а/я4
111. АО «Российский электротехнический концерн» (РОСЭЛПРОМ) 103918, Москва, ул.Огарева, д.5
112. АО «Гжельский завод Электроизолятор» 140191, п/о Ново-Харитоново Раменского района Московской обл.
113. АО «Южноуральский арматурно-изоляционный завод» 457040, Южноуральск Челябинской обл., ул.Заводская, д.1
114. АО «Информтехсвязь» 105023, Москва, Семеновский пер., д.19
115. АО «Приборный завод Сигнал» 249020, Обнинск Калужской обл., просп. Ленина, д.121
116. АООТ «Новосибирский электромеханический завод» 630039, Новосибирск, 39, ул.Автогенная, д.136
117. ОППРН 266009, г.Ровно, ул.Млыновская, д.13
118. ПО «Полимеризолятор» г.Санкт-Петербург, г.Сосновый Бор.
119. Предприятие «Таврида Электрик» 335045, г.Севастополь-45, а/я № 26, 123298, Москва, ул. Маршала Бирюзова, д.1
120. Дзержинский комбинат промышленных предприятий (ДКПП) 140056, Московская обл., Люберецкий район, г.Дзержинский-1.
121. Завод РЭТО «Мосэнерго» 115201, Москва, Старокаширское шоссе, д. 4а

ЛИТЕРАТУРА

1. П.У.Э. 1986. 6-е издание
2. ПТЭ электростанций и сетей. 1989.
3. П.Т.Б. при эксплуатации электроустановок. 1987.
4. Справочник по электрическим установкам высоких напряжений. 1,2 и 3 части. Москва. Энергоиздат. 1981.
5. Справочник по проектированию электросетей в сельской местности. Москва. Энергия. 1980.
6. Электро-технический справочник. Москва. Энергоатомиздат. 1986. В 3-х томах.
7. Сельэнергопроект. Типовой проект серии 3.407.1-143: «Железобетонные опоры ВЛ 10 кВ.» Выпуск 1. Опоры на базе ж.б. стоек длиной 10,5 м. Введен в действие 1.7.89.
8. Барг И.Г. Совершенствование оборудования электросетей 0.4-10 кВ в сельской местности. Москва. Энергоатомиздат. 1980.
9. Изолирующая подвеска проводов воздушных линий электропередач и открытых распределительных устройств. Москва. Фирма ТВР. Внешторгиздат.
10. Инструкция по проектированию и монтажу контактных соединений шин между собой и с выводами электротехнических устройств ВСН-164-82. ММСС СССР. Москва. Энергоатомиздат. 1984.
11. Андриевский Е.Н. Эксплуатация оборудования в электросетях в сельской местности. Москва. Энергия. 1980.
12. Кораблев В.П. Элетробезопасность. Московский рабочий. 1991.
13. Каминский Е.А. Практические приемы чтения схем электроустановок. Москва. Энергоатомиздат. 1988.
14. Номенклатура заводов. РУМ, по проектированию электрооборудования сельскохозяйственного производства. Москва. Сельэнергопроект. 1993. №2.
15. Аксенов В.А. и др. Современные конструкции линейных изоляторов и основные направления их совершенствования. Журнал «Энергетическое строительство». 1994. №3.
16. Зевин М.Б., Соколов В.Г. Справочное пособие молодого рабочего по надежности электроустановок. Москва. Высшая школа. 1987.
17. Таблицы физических величин. 1976. Москва. Атомиздат.
18. Селивахин А.И., Сагутдинов Р.Ш. Эксплуатация электрических распределительных сетей. Москва. Высшая школа. 1990.
19. Дуткин Г.С. Монтаж проводов линий электропередачи на штыревых изоляторах. Москва. Энергоатомиздат. 1977.
20. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной математике. Москва. Наука. Гл. редакция физико-математической литературы. 1980.
21. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электросхем по ЕСКД. Москва. Издательство стандартов. 1992.

-
-
22. ГОСТ 10434–82. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования.
 23. Кесельман Л.М. Основы механики воздушных линий электропередачи. 1992. Москва. Энергоатомиздат.
 24. Барг И.Г., Эдельман В.И. Воздушные линии электропередачи: Вопросы эксплуатации и надежности. 1985. Москва. Энергоатомиздат.
 25. ГОСТ 10434–82. Соединения контактные электрические, классификация. Общие технические требования.
 26. ГОСТ 13109–87. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии и ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения.
 27. Шпанберг Х. Электрические машины. 1000 понятий для практиков. 1988. Москва. Энергоиздат.
 28. ГОСТ 19880–74. Электротехника. Основные понятия. ТИО. 1975. Москва. Издательство стандартов.
 29. Международная система единиц измерений СИ. 1967. Москва. Высшая школа.
 30. Каменев А.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок высокого напряжения. 1990. Москва. Высшая школа.
 31. Кучинский Г.С., Кизеветтер В.Е., Пинталь Ю.С. Изоляция установок высокого напряжения. 1987. Москва. Энергоатомиздат.
 32. Типовой проект серии 3.407.1–143. «Железобетонные опоры ВЛ 10 кВ» и дополнение к нему: «Железобетонные опоры ВЛ 10 кВ со штыревыми изоляторами». арх.№ 10.0173. 1990. Институт «Сельэнергопроект» (Проект введен взамен серии 3.407–101).
 33. ГОСТ 17441–84 Е79 Соединения контактные электрические. Правила приемки и методы испытаний.
 34. ГОСТ 17516–72 Е08 Изделия электротехнические. Условия эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды.
 35. ГОСТ 17625–83 Ж19 Конструкция и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры.
 36. ГОСТ 18105–86 Ж19 Бетоны. Правила контроля прочности.
 37. ГОСТ 13015.0–81 Ж33 Конструкция и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования.
 38. ВСН 97–83–1. Инструкция по проектированию городских и поселковых электрических сетей.
ВСН 97–83–2. Правила строительства и ремонта воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей.
ВСН 97–83–3. Правила пересечения воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей с линиями электропередачи.
 39. ПР 34–00–003–83. Правила использования опор воздушных электрических линий для совместной подвески проводов электроснабжения (380 В) и проводного вещания (не выше 360 В).

-
-
40. СН 465–74 Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,4–500 кВ.
 41. ГОСТ 2.301–68*. Форматы
 42. ГОСТ 2.302–68*. Масштабы
 43. ГОСТ 2.303–68*. Линии
 44. ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертежные
 45. ГОСТ 2.305–68**. Изображения—виды, размеры, сечения
 46. ГОСТ 2.306–68* Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах
 47. ГОСТ 2.307–68*. Нанесение размеров и предельных отклонений
 48. ГОСТ 2.308–79. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей
 49. ГОСТ 2.309–73*. Обозначение шероховатости поверхностей
 50. ГОСТ 2.310–68*. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки
 51. ГОСТ 2.311–68*. Изображение резьбы
 52. ГОСТ 2.313–82. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений
 53. ГОСТ 2.314–68*. Указание на чертежах о маркировании и клеймении изделий
 54. ГОСТ 2.315–68*. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей
 55. ГОСТ 2.316–68*. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц
 56. ГОСТ 2.317–69*. Аксонометрические проекции
 57. ГОСТ 2.701–84. Схемы. Виды и типы
 58. ГОСТ 2.702–75*. Правила выполнения электрических схем
 59. ГОСТ 2.703–68*. Правила выполнения кинематических схем
 60. ГОСТ 2.414–75*. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов
 61. ГОСТ 2.721–74*. Обозначения общего применения
 62. Правила устройства электроустановок. 7-е издание.
 63. Никулин Н.В. Справочник молодого электрика по электрическим материалам и изделиям. 1976. Москва. Высшая школа.
 64. Барг И.Г., Эдельман В.И. Воздушные линии электропередачи. Вопросы эксплуатации и надежности. 1985. Москва. Энергоатомиздат.
 65. Крюков К.Н. Переходы воздушных линий через большие водные пространства. 1982. Ленинград. Энергоатомиздат.
 66. Ловецкая Е.Н., Савваитов Д.С., Шканцов В.А. Анализ случаев пляски проводов ВЛ 10–750 кВ. 1987. Электрические станции №2.
 67. Методические указания по типовой защите от вибрации проводов и тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35–750 кВ. 1082. Москва. СПО Союзтехэнерго.

-
-
68. Касельман Л.М., Никифоров Е.П. Зальцман Ш.Ф. и др. Расчет напряжений и стрел провеса проводов воздушных линий по методу предельных состояний. 1984. Электрические станции №3.
 69. Руководящие указания по плавке гололеда переменным током. 1983. Москва. СПО Союзтехэнерго.
 70. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. 1984. Перевод с англ. Стройиздат.
 71. Справочник по проектированию ЛЭП. Под редакцией М.А. Реутан, С.С. Рокотяна. 1980. Москва. Энергия.
 72. РУМ (1986–1994) института Сельэнергопроект (РОСЭП).
 73. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. 1994. Москва. Инфра.
 74. Правила пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок. 1987. Энергоатомиздат.
 75. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 34.03.301–95. 1995. Энергоатомиздат.
 76. Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий. РО 34.49.101–88.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Адреса заводов и организаций, изготовителей электротехнической продукции 575

Ампер — определение 39

Асбест — тех. характеристики 79

Асбестовый картон — тех. характеристики 94

Арматура линейная:

— штыревых изоляторов железобетонных опор 442

— подвесных изоляторов 519

— крепления линейных разъединителей 6–10 кВ 516

— сцепная для подвесных изоляторов 520

— крепления гирлянд к опорам 525

— поддерживающая для подвесных изоляторов 537

— натяжная 543

— крепления одиночных изоляторов фазы 548

— соединительная для проводов 551

— прессуемая и свариваемая 553

— контактная 558

— защитная 569

Б

Болты — тех. характеристика 62

В

Ватт — определение 40

Вебер — определение 40

Величины физические 13

Величины электротехнические 17

Винты 63

Вибрация проводов 245

Вольт — определение 40

Выбор опор ВЛ 228

Г

Генри — определение 41

Герц — определение 41

Гетинакс

— определение 79

— тех. характеристика 80

Гирлянда из тарельчатых изоляторов 433

Д

Древесина — объем 66

Диоды 114

Е

Единицы измерения величин 13

Единицы кратные и дольные от единиц СИ реальных систем измерения 14

Ж

Ж.б. опоры — сборочный чертеж 345

З

Закрепление деревянных опор ВЛ на болотах и в слабых грунтах 382

Защита

— проводов от вибрации 245

— деревянных опор от гниения 251

Зажимы

— клиновые 544

— натяжные болтовые 446

— клыковые 547

— натяжные заклинивающиеся 548

Заливочные составы и компаунды 101

Знаки товарные заводов и фирм-изготовителей электротехнического оборудования 165

И

Изделия крепежные, используемые в электропроизводстве 62

Изоляционные материалы 73

Изоляция линейная 406

Изолятор подвесной — конструкция 430

Изоляторы

— штыревые 416

— подвесные 421

— полимерные стержневые 435

— опорно-штыревые 440

К

Картон

— электроизоляционный 82

— асбестовый 94

Клеи 113

Карты районирования обслуживаемой территории

Конструкция

— ВЛ 221

— опор ВЛ 234

— подвесного изолятора 430

Колебания проводов 241

Колпачки полиэтиленовые для штыревых изоляторов

Контакт электрический — определение 43

Коэффициент полезного действия — определение 44

Компаунды заливочные 101

Крепление опор на болотах и в слабых грунтах 382

Л

Лаки 85

Лента

— поливинилхлоридная 82, 95

— термоусаживаемая 83

— электроизоляционная (хлопчатобумажная) 84

М

Магнитное поле — определение 45

Магнитная индукция — определение 45

Магнитная проводимость — определение 47

Магнитная проницаемость 47

Магнитное сопротивление — определение 47

Магнитный поток 47

Масло кабельное — характеристика 109

Международная система единиц (СИ) 13

Минимальные расстояния по воздуху от проводов ВЛ до земли и заземленных элементов опор 409

О

Обозначения графические, применяемые на электросхемах

— выполняемые на ЭВМ 128, 141

— изображаемые на бумаге 134, 148

Овальные соединители проводов ВЛ 553

Определения для ВЛ 7, 216

Опоры ВЛ

— определения 218, 249

— назначение 249

— деревянные 256

— металлические 288

— железобетонные 227, 290, 315, 330

— центрофугированные 308

— новые 323

Оттяжки опор ВЛ 351

Опоры ВЛ 35 кВ 301

Ом — определение 48

Охрана электросетей 189

П

- Пожаробезопасность** 175
Пролет межопорный, анкерованный 223
Приставки опор ВЛ 251
Припой 69
Проводники 66
Проекты опор ВЛ
— № 3.407-85 256, 275, 277
— №3.407-118 269, 271
— № 3.407-92 269, 280
— № 3.407-88М 279, 285
— № 3.407-113 286
— № 3.407-12 291
— № 3.407-101 (6-10 кВ) 295
— № 3.407-143 318, 340
— № 3.407-136 330
Патроны термитные 557

Р

- Распорки для проводов ВЛ** 572
Расстояние наименьшее от проводов ВЛ до заземленных частей 409

С

- Сваи для крепления опор ВЛ на болотах и в слабых грунтах** 385
Сила тока — определение 49
Сименс — определение 50
Соединение стойки опоры с приставками 251
Схема сети принципиальная 126
Соединители овальные для проводов 553

Т

- Термитные патроны** 557
Текстолит
— определение 79
— тех. характеристика 81

- Тесла** — определение 50
Тиристоры 117
Товарные знаки предприятий 165
Ток номинальный — определение 7
Ток замыкания на землю — определение 12
Траверсы полимерные изолирующие 439
Трубы стальные — характеристика 64
Трубы винипластовые 96
Трубы из полиэтилена 98

У

- Условные графические обозначения на электросхемах и планах** 128
Установочные материалы 100
Унификация опор ВЛ 233

Ф

- Фарада** — определение 54
Флюсы для ремонта кабелей 69
Формулы вычисления площадей, поверхностей, объемов геометрических тел 208
Формулы элементарной математики 216

Ч

- Частота** — определение 52

Ш

- Шайбы** — характеристика 662
Швеллеры — характеристика 61

Э

- Элементы электросхем** 120
Электротехнические
— формулы 23
— сведения 23
Элементы цифровой техники 150

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общая часть

1.1. Основные сведения	7
1.2. Основные физические и электротехнические величины	
1.2.1. Международная система единиц СИ	13
1.2.2. Обозначения величин и единиц в электротехнике	17
1.2.3. Номинальные напряжения электроустановок	20
1.2.4. Ряды номинальных мощностей, токов и напряжений	21
1.3. Основные электротехнические сведения	
1.3.1. Краткие сведения из теории электрических сетей	23
1.3.2. Некоторые постоянные величины и отдельные расчетные формулы	36
1.4. Понятия и термины электротехнических величин, процессов, закономерностей, явлений	39
1.5. Материалы и изделия, используемые в электроустановках	
1.5.1. Электроустановочные материалы	60
1.5.2. Проводниковые материалы, припой и флюсы	66
1.5.3. Электроизоляционные материалы	73
1.5.4. Полупроводниковые приборы	114
1.6. Условные обозначения элементов принципиальных схем электрических сетей.	
1.6.1. Коды видов элементов электроустановок	120
1.6.2. Принципиальная схема сети	126
1.6.3. Схемы, выполняемые на цифровой вычислительной технике	128
1.6.4. Условные графические обозначения	132
1.6.5. Устройства телемеханики	141
1.6.6. Сигнальная техника	143
1.6.7. Элементы цифровой техники	150
1.7. Товарные знаки предприятий-изготовителей электротехнических изделий	165
1.8. Основные сведения о пожаробезопасности в электроустановках	
1.8.1. Основные противопожарные мероприятия на производстве	175
1.8.2. Оснащение рабочих мест средствами пожаротушения	178
1.8.3. Противопожарные действия оперативного персонала	182
1.9. Охрана электрических сетей 0,4–35 кВ	
1.9.1. Извлечения из правил охраны сетей напряжением свыше 1000 вольт (№ 255 от 26.03.84г)	189
1.9.2. Охрана кабельных линий	192

1.9.3.	Из правил производства работ по перекладке и переустройству подземных сооружений в г. Москве	197
1.9.4.	Правила охраны электрических сетей	198
1.10.	Формулы для вычисления площадей, поверхностей и объемов геометрических тел и др.	208
2.	Воздушные линии электропередач 0,4–35 кВ с неизолированными проводами	
2.1.	Назначение и конструкции воздушных линий	
2.1.1.	Основные термины и определения по ВЛ	218
2.1.2.	Назначение и конструкции воздушных линий	221
2.1.3.	Выбор опор ВЛ 10–35 кВ для конкретных условий работы	228
2.1.4.	Конструкции опор и фундаментов ВЛ 35 кВ	234
2.1.5.	Атмосферные воздействия на ВЛ	238
2.1.6.	Колебания проводов	241
2.1.7.	Защита проводов и тросов от вибрации	245
2.2.	Опоры воздушных линий 0,4–35 кВ	
2.2.1.	Назначение и конструкции опор	249
2.2.2.	Деревянные опоры ВЛ 0,4–35 кВ	256
2.2.3.	Опоры железобетонные ВЛ 0,4–35 кВ	290
2.2.4.	Железобетонные опоры ВЛ 0,4–35 кВ, выполненные по типовому проекту 3.407.1–143	315
2.2.5.	О новых опорах ВЛ 0,4–35 кВ	323
2.2.6.	Железобетонные опоры ВЛ 0,4 кВ по типовому проекту 3.407.1–136.00	330
2.2.7.	Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ по типовому проекту 3.407.1–143.2.1	340
2.2.8.	Железобетонные опоры ВЛ 6–10 кВ 3.407.1–143.5.1.–3; –143.7.2к; –143.7.3к	345
2.2.9.	Оттяжки опор ВЛ 0,4 кВ	351
2.2.10.	Оттяжки для опор ВЛ 6–10 кВ (по типовым проектам 3.407.1–143.8.43 ...–143.8.47)	352
2.2.11.	Оттяжки финского производства	378
2.2.12.	Закрепление деревянных опор ВЛ 6–10 кВ на болотах и в слабых грунтах	382
2.2.13.	Закрепление оттяжек в слабых грунтах	399
2.3.	Линейная изоляция ВЛ 0,4–35 кВ с неизолированными проводами	
2.3.1.	Основные сведения о линейных изоляторах	406
2.3.2.	Штыревые изоляторы	416
2.3.3.	Линейные подвесные изоляторы	421
2.3.4.	Линейные подвесные полимерные стержневые изоляторы ВЛ 10–35 кВ	435

2.3.5. Изоляторы линейные опорно-штыревые ВЛ 6–35 кВ	440
2.4. Линейная арматура для ВЛ 0,4–35 кВ	
<i>с неизолированными проводами</i>	
2.4.1. Арматура для крепления штыревых изоляторов на деревянных опорах ВЛ 0,4–35 кВ	442
2.4.2. Арматура для железобетонных опор ВЛ 0,4–10 кВ	453
2.4.3. Траверы со штыревыми изоляторами для двух-трех фаз промежуточных железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ, проходящих в ненаселенной местности	486
2.4.4. Траверы для двух-трех фаз промежуточных железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ с двойным креплением провода одной фазы	488
2.4.5. Траверы железобетонных промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ с креплением проводов на подвесных изоляторах	496
2.4.6. Траверы для подвесных изоляторов угловых опор	498
2.4.7. Арматура для изолирующих траверс и стержневых изоляторов ВЛ 35 кВ	503
2.4.8. Накладки, оголовки, кронштейны для крепления штыревых и подвесных изоляторов на железобетонных опорах ВЛ 6–10 кВ	504
2.4.9. Кронштейны для крепления подкосов железобетонных и деревянных опор ВЛ 0,4–10 кВ	513
2.4.10. Линейная арматура для крепления подвесных изоляторов на опорах ВЛ 6–35 кВ	519
2.4.11. Сцепная арматура подвесных изоляторов	520
2.4.12. Поддерживающая арматура	537
2.4.13. Натяжная арматура	543
2.4.14. Соединительная арматура	551
2.4.15. Контактная арматура	558
2.4.16. Защитная арматура	569
Приложение.	
Расчеты для определения работоспособности отдельных узлов и элементов опор ВЛ 0,4–35 кВ	575
Адреса заводов и организаций для запроса о приобретении электрооборудования	588
Литература	594
Предметный указатель	598

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ФИРМА

ЭНЕРГОКОМПЛЕКТ



ENERGOCOMPLECT

Минтопэнерго России

Более 40 лет занимаемся комплектованием электрических станций, подстанций и линий электропередач всех напряжений в России, странах СНГ и дальнего зарубежья

ПРЕДЛАГАЕМ

полный перечень оборудования и материалов для тепловых и гидроэлектростанций, сетевого строительства

- турбины и котлы, генераторы и трансформаторы
- комплектные трансформаторные подстанции, дизель-генераторы, электродвигатели
- теплообменники, насосы, трубопроводы, запорная арматура
- высоковольтная и низковольтная аппаратура, щитовые изделия, контрольно-измерительные приборы, оборудование связи
- силовые и контрольные кабели, провода и изоляторы, линейная арматура, опоры
- противопожарное оборудование

ИМЕЕМ

- длительные договорные отношения с многочисленными энергомашиностроительными и другими заводами-изготовителями,
- тесные рабочие контакты с проектными организациями
- возможность проведения инжиниринговой работы с целью предложения технически обоснованной замены оборудования и изделий, в том числе по возможно более низким ценам
- собственное производственно-комплекточное предприятие-базу, автопарк

ГАРАНТИРУЕМ

- оперативную поставку оборудования заказчику с предоставлением сертификатов
- оптимальные цены
- выполнение таможенных процедур
- транспортное обслуживание

ГОТОВЫ

вести расчеты в удобной для вас форме:

- перечисление на расчетный счет и аккредитивы
- векселя и ценные бумаги
- взаимозачет, бартер и др.

**ПРИГЛАШАЕМ ВАС
К ДЕЛОВОМУ СОТРУДНИЧЕСТВУ!
ЗАРЯДИТЕСЬ НАШЕЙ ЭНЕРГИЕЙ!**

РОССИЯ, 125040, МОСКВА, ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОСПЕКТ, ДОМ 5, СТРОЕНИЕ 7
ТЕЛ.: (095)257 1297, 257 1457. ФАКС: (095)257 0164. ТЕЛЕТАЙП: МОСКВА, КИП, АТ112195.
e-mail: encomp@dol.ru, www.encomp.ru



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

"ИнфоНЭС"

Информационно - справочная система по оборудованию

- подстанций
- высоковольтных линий
- распределительных сетей
- релейной защиты и автоматики

Паспортная информация - данные заводского паспорта и конструктивные особенности оборудования.

Событийная информация - повреждения и дефекты, протоколы испытаний (заводские, монтажные, эксплуатационные), ремонты.

Задача ремонтов по оборудованию

- подстанций
- высоковольтных линий

Графики ремонтов - многолетние, годовые, месячные; технологические карты.

Экономические расчеты - типовые сметы, сметы на выполненные работы (форма3), акты на выполнение работы (форма2), расход материалов, трудозатраты.

Оценка технического состояния трансформаторов по результатам испытаний

Систематизация парка эксплуатируемого оборудования по техническому состоянию и определение возможных повреждений по общепринятым методикам:

- химический и хроматографический анализ масла,
- тепловизионный контроль,
- измерение Zк.

Применение нетрадиционных методов испытаний.

Проведение испытаний

Методики и программы, схемы, приборы, нормы, ГОСТы, протоколы, паспортные данные, экономический расчет затрат.

338001 УКРАИНА,
г. Горловка Донецкой обл.,
ул. Ак. Павлова, 13а
Тел/факс (06242) 4-41-30
тел. (06242) 4-43-07



ОАО «Мосэнерго» ведет свою 110-летнюю историю от Московского отделения петербургского «Акционерного общества электрического освещения».

В настоящее время это старейшее энергетическое хозяйство, крупнейшая региональная энергетическая система России.

Компания производит 10% электрической и около 13-ти – тепловой энергии, вырабатываемых в стране, снабжая электричеством Москву и Подмоскowie. Установленная электрическая и тепловая мощности ОАО «Мосэнерго» составляют 14700 МВт и 34000 Гкал/час соответственно.

ОАО «Мосэнерго» — крупнейшая в мире энергосистема. В ее составе:

- 21 электростанция,
- 13 предприятий электросетей,
- кабельная сеть,
- теплосеть,
- АО Энергосбыт,
- 8 ремонтных и наладочных организаций,
- информационно-вычислительный центр.

Все это позволяет полностью обеспечивать электро- и теплоэнергетические потребности 16 млн москвичей и жителей Подмоскowie, а также передавать 20% излишек на федеральный оптовый энергетический рынок.

Растет Москва, растут и мощности ОАО «Мосэнерго». В конце 1996г. введен в эксплуатацию первый энергоблок на Северной ТЭЦ, с пуском которого полностью удовлетворяются потребности населения северной части столицы и города Мытищи в тепло- и электроснабжении.

ОАО «Мосэнерго» думает и о перспективах дальнейшего развития. Учитывая современные тенденции развития мировой и российской энергетики, мы считаем, что новой ступенью технологического прогресса в энергосистеме станет освоение газотурбинных и парогазовых технологий. Наиболее эффективно эти технологии могут применяться на малых ГТУ-ТЭЦ, призванных обеспечивать электроэнергией и теплом окраинные новостройки столицы и города Подмоскowie. Передовая парогазовая технология будет применяться, например, на планируемой новостройке Петровской ГРЭС.

ОАО «Мосэнерго» готово достойно встретить приход третьего тысячелетия мировой истории. Наша «Энергетическая стратегия до 2010 года» основана на объективной оценке роста нагрузок. Мы гордимся своей историей. Но сил у Московских энергетиков достаточно, чтобы сделать намного больше для процветания России.

Евгений Федорович Макаров
СПРАВОЧНИК
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ 0,4–35 КВ

Учебно-производственное издание

Том 1

Корректор В.А. Зибаров
Художник *М.М. Щербаков*
Технический редактор Ю.В. Непомнящий
Компьютерная верстка *С.В. Байздренко*

ЛР № 071377 от 14.01.97

Подписано в печать 07.12.99. Формат 70х100/16
Бумага офсетная. Гарнитура «Antiqua».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 49,4
Тираж 30 000 экз. Заказ №3212.

Подготовлено к печати
издательским предприятием
АО «ПАПИРУС ПРО»

Отпечатано на ордена Трудового Красного Знамени
Чеховском полиграфическом комбинате
Государственного комитета Российской Федерации по печати
142300, г. Чехов Московской области
Тел. (272) 71-338. Факс (272) 62-538