

**Натягивание проводов.** Раскатанные вдоль линии провода поднимают шестами и забрасывают на крюки опор. Чтобы не спутать провода, рекомендуется поднять и натянуть сначала один (самый верхний) из них, а затем поочередно остальные.

При подвешивании проводов необходимо соблюдать определенный порядок их размещения на опорах ВЛ. Это требование вызвано тем, что при изменении температуры окружающей среды стрелы провеса проводов из разных материалов изменяются неодинаково: наибольшее изменение стрелы провеса при минимальной и максимальной температурах свойственно алюминиевым проводам. При наиболее неблагоприятных условиях (например, при температуре окружающей среды, близкой к  $-40^{\circ}\text{C}$ ) алюминиевый провод, расположенный в пролете ниже медного или стального провода, может приблизиться к ним на опасно близкое расстояние и даже коснуться их. Чтобы исключить возможность нарушения нормируемых расстояний между проходами при вертикальном расположении на опоре проводов из разных металлов, алюминиевый провод помещается выше других проводов, а стальной – ниже. При вертикальном расположении на опорах ВЛ проводов из одного и того же металла может быть применен любой порядок их размещения, так как стрелы провеса в этом случае при любых изменениях температуры окружающей среды будут изменяться в равной степени.

Стрела провеса – это вертикальное расстояние от прямой, соединяющей точки подвеса провода или троса на соседних опорах, до любой точки провода или троса в пролете (рис. 11.25). Если точки подвеса провода находятся на одном уровне, то наибольшая стрела провеса будет в середине пролета.

До натягивания проводов необходимо проверить исправность раскаточных роликов, а также посмотреть, нет ли перекрещивания проводов в пролете. Провода натягивают между двумя анкерными опорами, т. е. в пределах одного анкерного пролета. После раскатки и подъема на промежуточные опоры провод, надежно закрепив его на первой анкерной опоре, вытягивают по всему анкерному пролету через раскаточный ролик, закрепленный на второй анкерной опоре.

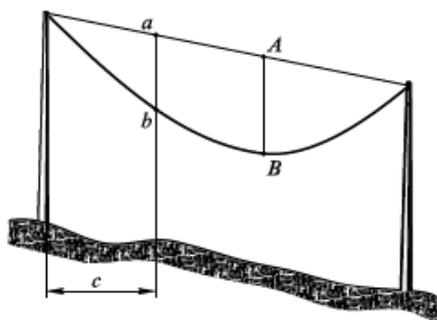


Рис. 11.25. Положение провода в пролете:

$AB$  – наибольшая стрела провеса;  $ab$  – стрела провеса провода на расстоянии  $c$  от опоры

натягивание провода должно быть выполнено так, чтобы реальная стрела провеса соответствовала данным, определяемым по монтажным кривым, или данные таблицы, приведенной в проекте.

Требуемая стрела провеса методом визирования в любом пролете известной длины (рис. 11.26) устанавливается следующим образом. По монтажным кривым или таблицам определяют требуемую стрелу провеса и на расстоянии  $h$  от точек подвеса провода  $A$  и  $B$  на опорах  $1$  и  $6$  устанавливают специальные визирные рейки  $2$  и  $5$ . Нижняя точка провода в пролете должна совпасть с визирной прямой  $3$ .

После установки визирных реек вытягивают провод  $4$  тяговым устройством. Для удобства визирования провод сначала немного перетягивают, поднимая его на  $0,3 \dots 0,5$  м выше визирной линии, и

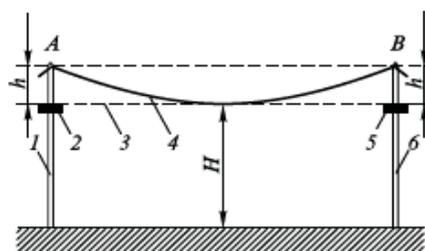


Рис. 11.26. Установка требуемой стрелы провеса методом визирования:

$1, 6$  – опоры;  $2, 5$  – визирные рейки;  $3$  – визирная прямая;  $4$  – провод;  $h$  – стрела провеса;  $H$  – максимальное расстояние между проводом и землей

После того как провод вытянут приблизительно до требуемой стрелы провеса, отметив вблизи второй анкерной опоры место установки монтажного клинового зажима, его опускают на землю, устанавливают зажим, а к зажиму крепят тросового устройства. Затем провод вновь поднимают на опору, накидывают на раскаточный ролик и приступают к натягиванию.

Основной величиной, характеризующей тяжение провода, является его стрела провеса, т. е.

в таком положении выдерживают несколько минут, чтобы он вытянулся под действием собственного веса. Затем по команде монтера, находящегося на одной из опор и производящего визирование, провод плавно опускают до линии  $3$ . Как только нижняя точка провода в пролете совпадает с визирной линией, монтер, визирующий стрелу провеса, подает сигнал остановки тягового устройства, полученная стрела провеса и будет соответствовать требуемой по условиям монтажа.

После достижения требуемой стрелы провеса тяговый трос от монтажного зажима отсоединяют. Монтер, находящийся на анкерной опоре, крепит провод к изолятору вязальной проволокой, которая должна быть однородной с материалом провода. Так же натягивают и остальные провода линии.

При вертикальном расположении проводов на опоре стрелу провеса начинают устанавливать с верхнего провода, а при горизонтальном — со среднего.

**Крепление проводов.** Если нагрузка проводов на изолятор не превышает его механической прочности (коэффициент запаса 2,5...3), на промежуточных опорах применяют *одинарное крепление их на шейке изолятора* (рис. 11.27, а).

При повышенных нагрузках, а также в населенной местности используют *промежуточное двойное крепление* проводов (рис. 11.27, б). Для этого над основным изолятором 3, к которому привязан провод 1, устанавливают дополнительный изолятор 5 и с помощью пласечных зажимов 2 и дополнительного отрезка провода 4 закрепляют провод вторично.

Если угол поворота ВЛ не превышает  $60^\circ$ , то проводами *оггибают изоляторы с внешней стороны* угла поворота (рис. 11.27, в), если угол поворота превышает  $60^\circ$ , то на опоре устанавливают дополнительные изоляторы. Очень часто на угловых опорах выполняют двойное крепление проводов.

Провода на изоляторах анкерных опор крепятся наглухо петлей с помощью болтовых пласечных зажимов. При таком *анкерном одинарном* креплении проводов (рис. 11.27, г) электрический контакт между проводами разных анкерных пролетов отсутствует, поэтому для создания непрерывной электрической цепи монтируют перемычку (анкерную петлю). Точно так же выполняется одинарное крепление проводов на концевой опоре (но без анкер-

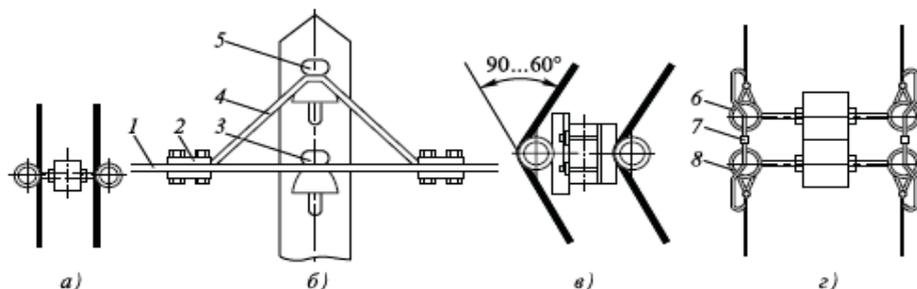


Рис. 11.27. Способы крепления проводов на изоляторах:

а — одинарное на шейке; б — промежуточное двойное; в — огибающее с внешней стороны; г — анкерное одинарное; 1 — провод; 2 — пласечный зажим; 3 — основной изолятор; 4 — дополнительный участок провода; 5 — дополнительный изолятор; 6, 8 — изоляторы; 7 — анкерная петля

ной петли). При выполнении ответвлений на опорах устанавливают многошейковые изоляторы типа РФО, и на одной из шеек провода используют одинарное крепление, а на другой — анкерное. Электрическая связь между линией и ответвлением осуществляется через дополнительную перемычку, присоединяемую к проводам с помощью зажимов.

Анкерное крепление провода с помощью плашечных зажимов выполняется достаточно просто и быстро. Конец провода, выходящего из монтажного зажима, на котором продолжает держаться натянутый анкерный пролет, изгибают петлей, обе стороны которой закладывают в канавки зажима. Затем петлю надевают на шейку изолятора, а сам зажим устанавливают на расстоянии 80...120 мм от него, и в таком положении затягивают болты зажима. После этого можно ослабить тяговый трос и снять с провода монтажный зажим, так как анкерный пролет с обеих сторон уже закреплен на изоляторах. Если свободный конец провода имеет значительную длину и идет в следующий анкерный пролет с изолятора 6, оставляют достаточно свободную анкерную петлю 7, а затем на изоляторе 8 производят следующее анкерное крепление. Если свободный конец провода короткий, начинают раскатку следующего барабана с проводом и после анкерного крепления нового провода на изоляторе 8 соединяют концы двух проводов в анкерную петлю термитной сваркой.

На анкерных опорах при необходимости выполняют переход с одной марки провода на другую. Для этой цели применяются петлевые переходные зажимы типа ПП, с помощью которых концы проводов разных марок соединяют в анкерную петлю.

После закрепления провода на анкерных опорах, привязывают провода на изоляторах всех промежуточных опор. Эта операция может производиться с гидropодъемников или телескопических вышек, а при монтаже ВЛ с напряжением до 1 кВ чаще всего непосредственно с опоры. Для вязки алюминиевых или сталеалюминиевых проводов используют алюминиевую проволоку диаметром 3,5 мм, а для вязки стальных проводов — мягкую стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...2,7 мм. Длина отрезка проволоки для вязки должна быть не менее 300 мм. Чаще всего при крепении проводов на промежуточных опорах используют метод боковой вязки на шейке изолятора.

Расположение фазных проводов на опоре может быть любым, а нулевой провод, как правило, должен находиться ниже фазных. Над нулевым проводом размещают провода линии наружного освещения. При монтаже ВЛ расстояния между проводами должны соответствовать данным, приведенным в табл. 11.1, расстояние от провода до поверхности опоры траверсы или другого элемента опоры должно быть не менее 50 мм.

Расстояние между проводами ВЛ с напряжением до 1 кВ, мм

Уровень гололеда	Вертикальное расположение	Горизонтальное расположение проводов	
		в пролетах ≤ 30 м	в пролетах > 30 м
I...II	400	200	300
III...IV	600	400	400

По окончании монтажа на опорах устанавливают постоянные знаки, содержащие порядковый номер опоры, год ее установки (на всех опорах) и номер линии или ее условное обозначение (на всех опорах ВЛ на участках ее параллельного следования с другими ВЛ). Кроме того, на опоры крепятся предостерегающие плакаты (на все в населенной местности и через одну в ненаселенной).

**Правила безопасности при монтаже проводов и тросов.** Перед началом монтажа проводов и тросов должны быть проверены, испытаны и отремонтированы все подъемные механизмы, приспособления и инструменты.

При работе на опоре работающий должен быть надежно закреплен на ней монтерским поясом. Не разрешается влезать и работать со стороны внутреннего угла поворота линии во избежание возможного удара проводом при его срыве.

Во время подъема гирлянд изоляторов и проводов на опоры, а также при раскатке и натяжке проводов находиться под опорой или проводом запрещается. Запрещается также сбрасывать с опоры инструменты или детали арматуры и спускаться вниз с помощью веревки и блока, применяемых для подъема гирлянд изоляторов и проводов.

С реальным приближением грозы все работы на опорах следует немедленно прекратить.

**Заземление воздушных линий.** Последней операцией монтажа воздушных линий является заземление.

Штыревые изоляторы, устанавливаемые на опорах, при нормальных условиях работы обеспечивают надежную изоляцию проводов от элементов опоры. Однако довольно часто напряжение на линии в сотни и даже тысячи раз может превышать номинальное напряжение, на которое рассчитана ее изоляция, т.е. может произойти пробой изоляторов и выход линии из строя. Напряжение, создающее опасность для изоляции ВЛ, называется перенапряжением.

Чтобы ограничить перенапряжение и обеспечить безопасность людей, следует уменьшить сопротивление растеканию тока в земле. Для этой цели устанавливается защитное заземление ВЛ.

Крюки и штыри железобетонных опор в сетях с заземленной нейтралью, а также арматуру этих опор заземляют путем присоединения к заземленному нулевому проводу проводниками диаметром не менее 6 мм. Крюки и штыри на деревянных опорах не заземляют, за исключением случаев, когда линия проходит по населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой и не экранирована высокими трубами, деревьями и т. п. Такая линия должна иметь защиту от атмосферных перенапряжений в виде заземляющих устройств с сопротивлением не более 30 Ом, устанавливаемых на расстоянии 100...200 м друг от друга в зависимости от среднегодового числа гроз в данной местности. Обязательно заземляют опоры с ответвлениями к вводам в здания и конечные опоры, имеющие ответвления к вводам (на этих же опорах рекомендуется устанавливать вентильные разрядники).

К монтажу заземления приступают с рытья траншеи глубиной 0,5 м (в пахотной земле — до 1 м), начиная от опоры. Длина траншеи и число заземлителей указаны в проекте на сооружение ВЛ, а все работы по погружению заземлителей, обварку их полосой или прутом, защиту сварных стыков от коррозии выполняют в обычном порядке.

После монтажа контура заземления на опоре выполняют заземляющий спуск. Материалом для него служат стальная полоса или пруток такие же, какие применялись для соединения между собой заземлителей. Внизу спуск соединяют с контуром заземления, вверху — с металлическими частями опоры. На рис. 11.28, а показан контур заземления, состоящий из заземлителей 2, соединяющей их полосы или прута 1 и спуска 3. Через каждые 300 мм спуск закрепляется на опоре скобами. Верхняя часть спуска выступает над вершиной опоры на 100 мм и служит молниеотводом. Для заземления металлической арматуры опоры (рис. 11.28, б) к спуску 3 присоединяются болтовыми зажимами или сваркой перемычки 4, передающие нулевой потенциал земли на крюки 6 и нулевой провод 5.

Согласно ПУЭ в электроустановках с глухозаземленной нейтралью нулевые провода прежде всего должны быть заземлены в начале ВЛ у источника питания (электростанции или трансформаторной подстанции). При этом монтировать контур заземления у первой опоры нет надобности, так как нулевой провод ВЛ у источника наглухо присоединен к его нулевой точке, сопротивление заземления которой заведомо меньше, чем требуется для заземления ВЛ. Кроме того, через каждый километр линии у опор устанавливается повторное заземление. Сопротивление каждого из повторных заземлителей должно быть не более 10 Ом для ВЛ мощностью свыше 100 кВ·А и не более 30 Ом для ВЛ мощностью до 100 кВ·А.

**Воздушные вводы.** Воздушным вводом называют участок воздушной линии, предназначенный для подачи электроэнергии от ВЛ к потребителям внутри здания. Такой ввод можно выполнять неизолированными и изолированными медными, алюминиевыми и стальными проводами. Расположение линии ввода относительно элементов здания может быть любым, расстояние от проводов ввода до выступающих и близко расположенных деталей здания должно быть не менее 200 мм, а угол между проводами и стеной здания — не менее 45°. Для любой конструкции ввода габарит его проводов должен быть не менее 2,75 м (в порядке исключения для изолированных проводов 2,5 м).

Длина воздушного ввода, т. е. расстояние от оси трассы ВЛ до места входа проводов в здание, не должна превышать 25 м. Сечение медного провода ввода должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>, алюминиевого — не менее 10 мм<sup>2</sup>. Если расстояние от ВЛ до здания превышает 25 м, нужна дополнительная промежуточная опора. В этом случае воздушный ввод рассматривается уже как участок ВЛ, поэтому здесь возможно применение медных проводов с сечением от 6 мм<sup>2</sup>, а алюминиевых — от 16 мм<sup>2</sup>. Промежуточные опоры устанавливают и в том случае, если натягивание ввода по прямой линии невозможно (например, если угол при вводе проводов в ближайшую стену менее 45° или по каким-либо причинам ввод должен быть выполнен на стороне здания, расположенной перпендикулярно оси ВЛ).

Монтаж воздушного ввода через стену здания (рис. 11.29) ведется в следующем порядке. В стене с соблюдением монтажных расстояний закрепляют крюки с изоляторами (расстояние между крюками 200...300 мм). На 100...150 мм ниже крюков в стене пробивают проходы для проводов, в которые закладывают отрезки изоляционной трубки. Края отверстий оформляют втулкой изнутри и корон-

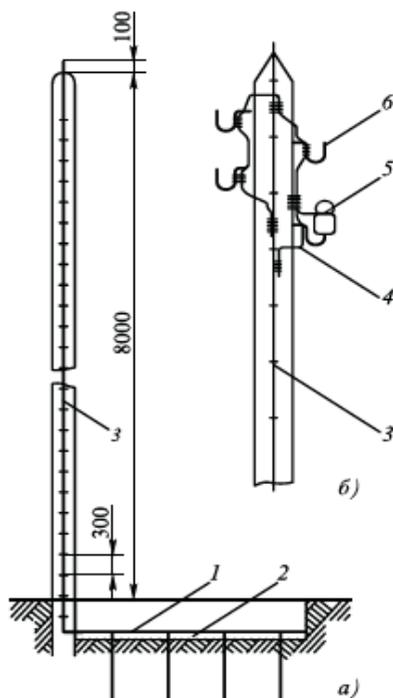


Рис. 11.28. Контур заземления на деревянной одностоечной опоре:

*a* — общий вид; *б* — заземление арматуры; 1 — соединительная полоса; 2 — заземлитель; 3 — спуск; 4 — перемычка; 5 — нулевой провод; 6 — крюк

кой снаружи. Отверстие для провода может быть общим, но провода при этом должны быть проложены в отдельных трубках. В каменные стены можно вматывать вертикальные или горизонтальные металлоконструкции с закрепленными на них штырями или крюками для армировки изоляторов.

Если здание имеет малую высоту и требуемый нормами габарит выдержать невозможно, ввод монтируют через крышу (рис. 11.30), используя трубчатую стойку. На водогазовой толстостенной трубе 2 укрепляют подпятник 1 для крепления трубы к крыше и металлическую траверсу 4 с установленными на ней изоляторами. Верхний конец стойки, предназначенный для ввода проводов, изгибают под углом  $180^\circ$  с радиусом изгиба, необходимым для данного диаметра трубы. В изогнутый конец трубы вставляют изоляционную втулку 5. Стойку надежно закрепляют на крыше подпятником и оттяжкой 3 из стальной катанки (диаметром не менее 4 мм). При монтаже стойки требуется, чтобы направление оттяжки совпадало с линией тяжения проводов ввода. Расстояние от изоляторов до крыши должно быть не менее 2,5 м.

При сдаче линии в эксплуатацию проверяют: все элементы линии (путем осмотра с земли); прочность крепления траверс, подкосов пасынков, изоляторов и проводов (верховой осмотр); глубину установки опор (выборочно, но не менее 10 %); стрелу провеса проводов; расстояние от низшей точки провисания проводов до земли; габариты проводов, сближений и пересечений.

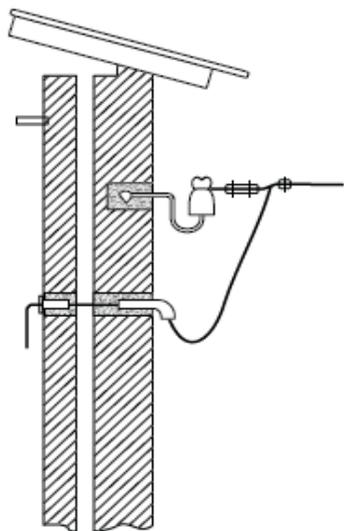


Рис. 11.29. Воздушный ввод в здание через стену

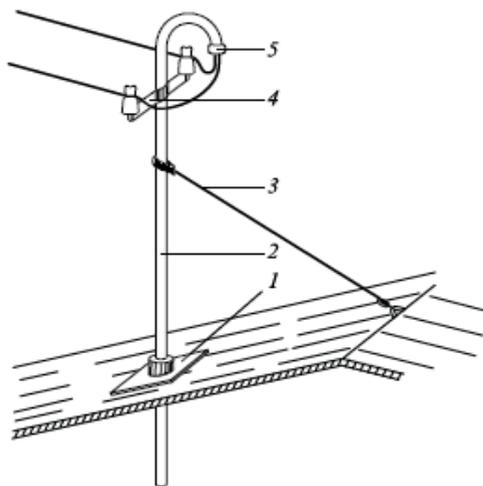


Рис. 11.30. Воздушный ввод через крышу:  
1 – подпятник; 2 – труба; 3 – оттяжка; 4 – траверса; 5 – изоляционная втулка