

---

---

# Глава 1. Контактные подвески

## 1.1. Простая контактная подвеска

Простая контактная подвеска без несущего троса представляет собой компенсированный контактный провод, закрепленный на поддерживающих конструкциях. Такая подвеска получила применение на городском электрическом транспорте (особенно для трамваев, поэтому ее называют *трамвайной*), а также на электрифицированных путях промышленного транспорта. На магистральных железных дорогах простую контактную подвеску допускается применять по согласованию со службой электрификации и электроснабжения железной дороги на второстепенных путях станций и депо, где скорости движения поездов не превышают 50 км/ч.

Качество токосъема при простой контактной подвеске зависит от положения контактного провода в вертикальной плоскости: его стрелы провеса  $f$  и перегиба в опорном узле, характеризующегося углом наклона касательной к проводу  $l$  (рис. 1.1, *a*), а также от эластичности опорного узла. При быстром переходе токоприемника с восходящей ветви контактного провода пройденного пролета на нисходящую ветвь следующего происходит удар полоза токоприемника, чем нарушается непрерывность токосъема.

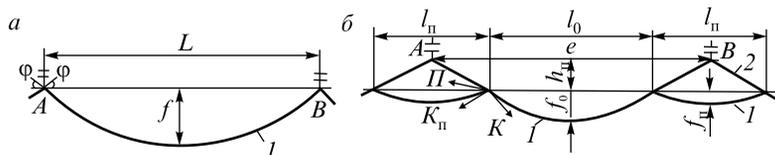


Рис. 1.1. Схемы простых контактных подвесок: *a* — с одинарным креплением (подхватом) контактного провода у опор; *б* — петлевая (с двукратным подхватом); *l* — контактный провод; *2* — трос петлевой струны

Контактный провод в точках подвеса подвергается дополнительным напряжениям от изгиба, которые уже при пролетах длиной 40 м составляют 120—130 МПа. В сумме с основным напряжением растяжения провода, равным для медных контактных проводов 100—120 МПа, общие нагрузки на провод достигают предела текучести его материала. Поэтому по значениям местных максимальных напряжений простые контактные подвески с однократным подхватом провода у опор (см. рис. 1.1, *a*) не могут быть выполнены с пролетами более 40—45 м.

Уменьшить перегиб контактного провода в опорном узле, а следовательно, выполнить простую подвеску с большими пролетами можно при двукратном или многократном подхвате (подвеске) контактного провода у опор, который легко выполнить с помощью отрезка продольного троса, смонтированного в виде петли. Такую подвеску называют *простой петлевой контактной подвеской* (рис. 1.1, *б*). Конструктивно ее выполняют в нескольких вариантах: со струной у опоры со смещенными от опоры двумя (рис. 1.2, *a*) или четырьмя струнами, с рессорной струной, с рессорной струной и двумя простыми струнами, а также без струн.

Рассмотрим простую петлевую контактную подвеску. На рис. 1.1, *б* обозначено: *A, B* — опоры;  $l_0$  — длина пролета контактного провода;

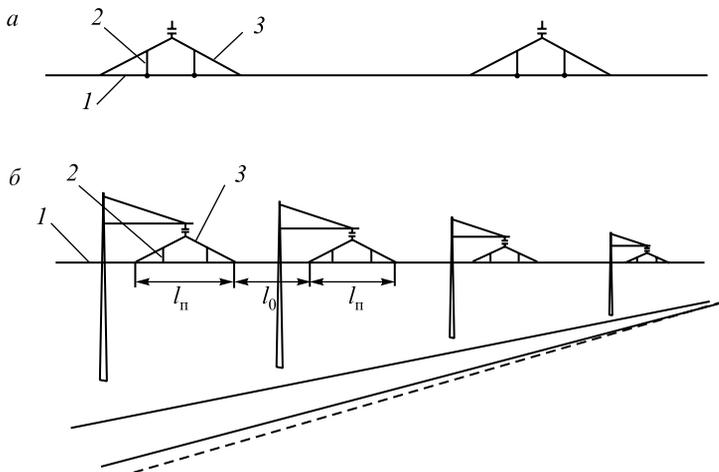


Рис. 1.2. Опорный узел (*a*) и общий вид (*б*) простой петлевой контактной подвески с двумя струнами; 1 — контактный провод; 2 — петлевая струна; 3 — трос петлевых струн

$l_{\Pi}$ —длина троса петлевой струны;  $h_{\Pi}$  — конструктивная высота (расстояние по вертикали от контактного провода до узла подвеса троса петлевой струны на поддерживающей конструкции);  $f_0$  — стрела провеса контактного провода в пролете  $l_0$ ;  $f_{\Pi}$  — стрела провеса контактного провода в пролете  $l_{\Pi}$ ;  $K$  — натяжение контактного провода в пролете  $l_0$ ;  $K_{\Pi}$  — натяжение контактного провода под петлевой струной (в пролете  $l_{\Pi}$ );  $\Pi$  — натяжение троса петлевой струны.

Одним из главных параметров простой петлевой контактной подвески является длина троса петлевой струны  $l_{\Pi}$ . От нее зависит конструктивная высота подвески  $h_{\Pi}$ , с учетом которой выбирают высоту опор. Чем короче  $l_{\Pi}$ , тем меньше  $h_{\Pi}$ . Однако, как показывают расчеты, при очень коротких  $l_{\Pi}$  (1—2 м) эффект от применения петлевой струны как по уменьшению перегиба контактного провода в опорном узле, так и по уменьшению напряжений в проводе от изгиба получается незначительным. Поэтому длину петлевой струны рекомендуют принимать не менее 3—4 м.

Подвеска по схеме рис. 1.1, б обеспечивает большую длину  $l_{\Pi}$ , и контактный провод, имеющий под петлевой струной ослабленное натяжение  $K_{\Pi} = K - \Pi$ , получит в пролете  $l_{\Pi}$  большую стрелу провеса  $f_{\Pi}$ . Это может отрицательно сказаться на параметрах подвески, определяющих качество токосъема. Следовательно, при  $l_{\Pi}$  более 4—5 м в простых подвесках целесообразно использовать многократный подхват контактного провода. Для обеспечения более плавного перегиба контактного провода в зоне опорного узла ему в таких подвесках обычно дают небольшой (порядка 0,04—0,06 м) отрицательный прогиб  $f_{\Pi}$ .

Таким образом, применение простой петлевой подвески с многократным подхватом контактного провода позволяет снять ограничение в отношении длины пролета.

Оптимальной при натяжении контактного провода 15—18 кН представляется простая подвеска, выполненная со смещенными от опоры двумя петлевыми струнами, длиной троса  $l_{\Pi} = 8—15$  м и конструктивной высотой  $l_{\Pi} = 0,3—0,6$  м.

Наибольшие длины пролетов простых подвесок принимают также с учетом обеспечения необходимой ветроустойчивости и расстояния от уровня верха головки рельса до контактного провода.

Горизонтальное отклонение контактного провода от оси токоприемника в пролете под действием расчетной скорости ветра наибольшей интенсивности с учетом порывистости и упругого прогиба

опор не должно превышать 500 мм на прямых и 450 мм на кривых участках пути.

Для простых подвесок, в которых натяжение контактного провода регулируется автоматически (например, с помощью блочно-го компенсатора), в гололедных районах при выборе пролетов учитывают понижение уровня контактного провода в середине пролета, вызванное увеличением стрелы провеса при гололеде. На станционных путях контактный провод при гололеде может иметь стрелу провеса не более 0,35 м, на перегоне — не более 0,5 м.

## **1.2. Цепная контактная подвеска**

В цепных контактных подвесках (рис. 1.3) контактный провод (провода) 1 подвешивают к несущему тросу 3, закрепленному на поддерживающих устройствах, с помощью струн 2 либо непосредственно, либо через рессорную струну 4 (трос).

Наличие в цепной подвеске несущего троса позволяет в отличие от простых контактных подвесок задать контактному проводу (подбором струн соответствующей длины) беспровесное положение в пролете или смонтировать его с небольшой стрелой провеса. Изменение стрелы провеса контактного провода в полукompенсированной цепной подвеске зависит от изменения стрелы провеса несущего троса.

Стрелы провеса контактного провода в струновых пролетах незначительны и могут быть доведены до размеров, мало влияющих на качество токосъема соответствующим выбором расстояния между струнами и повышением натяжения контактного провода. Поэтому цепные контактные подвески позволяют осуществлять нормальный токосъем при высоких (160 км/ч и более) скоростях движения поездов и длине пролета между опорами не более 65 м.

В любой цепной подвеске стрела провеса несущего троса изменяется при воздействии на него дополнительных нагрузок (например, от гололеда), при этом изменяет свое высотное положение и контактный провод.

Имеется несколько конструктивных мероприятий, с помощью которых изменение стрелы провеса контактного провода в пролете можно сделать меньшим, чем изменение стрелы провеса несущего троса. Если выполнить цепную подвеску так, что несущий трос

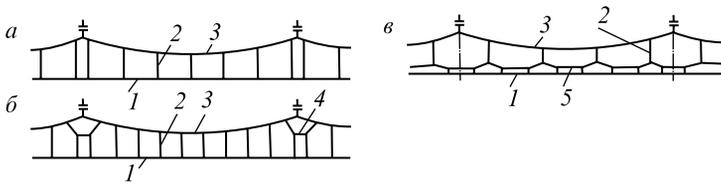


Рис. 1.3. Основные виды контактных подвесок:  
 а — одинарная; б — рессорная одинарная; в — двойная

не будет при изменении температуры окружающего воздуха изменять свою стрелу провеса, то и положение контактного провода в пролете по высоте будет постоянным, такая контактная подвеска называется компенсированной.

Цепные контактные подвески различают по следующим основным признакам:

- способу подвешивания контактных проводов к несущему тросу;
- способу регулирования натяжения проводов;
- взаимному расположению проводов, образующих подвеску в плане;
- типу струн у опор.

Все конструкции цепных подвесок в зависимости от *способа подвешивания контактного провода* к несущему тросу разделяют на: одинарные цепные подвески, в которых контактные провода 1 (см. рис. 1.3, а) подвешивают на струнах 2 непосредственно к несущему тросу 3 и к рессорной струне (тросу) 4 (см. рис. 1.3, б), и двойные (см. рис. 1.3, в), где к несущему тросу подвешивают на струнах вспомогательный провод 5, к которому крепят контактные провода.

В зависимости от *способа регулирования натяжения проводов* цепная подвеска может быть:

некомпенсированной, когда контактный провод 1 и несущий трос 2 закрепляют (анкеруют) жестко (рис. 1.4, а) и нет

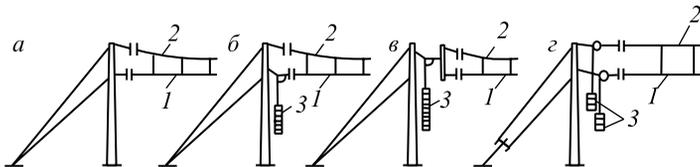


Рис. 1.4. Схемы анкерровок проводов цепных подвесок: а — некомпенсированная; б — полукompенсированная; в, г — компенсированная

устройств для автоматического регулирования их натяжения. Разновидностью такой подвески является цепная подвеска, имеющая в контактном проводе приспособления (например, натяжные муфты) для сезонного регулирования их натяжения;

полукompенсированной, в которой только часть проводов (например, контактные провода (рис. 1.4, б) или контактные и вспомогательные провода) снабжена устройствами для автоматического регулирования натяжения — компенсаторами 3;

компенсированной, в которой все провода снабжены общими (рис. 1.4, в) или отдельными для каждого провода компенсаторами (рис. 1.4, г).

По взаимному расположению проводов, образующих цепную подвеску, в плане различают:

вертикальную цепную подвеску, когда несущий трос и контактные провода расположены в одной вертикальной плоскости (на рис. 1.5 слева);

косую цепную подвеску, когда несущий трос в плане значительно (угол наклона струн к вертикали в плоскости, перпендикулярной оси пути, превышает  $20^\circ$ ) смещен относительно контактного провода (на рис. 1.5 справа).

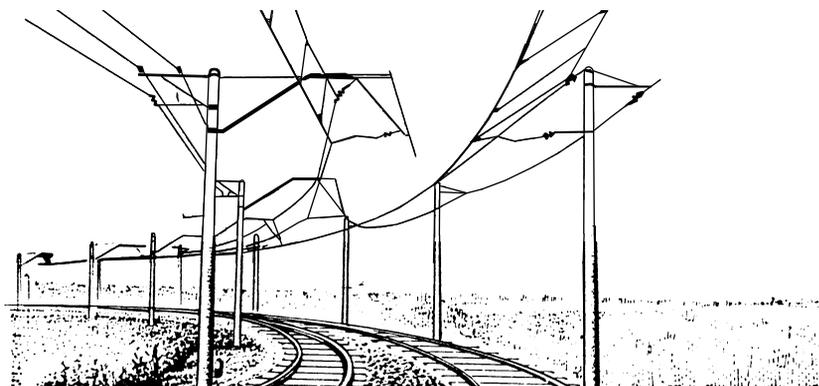


Рис. 1.5. Вертикальная (слева) и косая (справа) одинарные цепные подвески

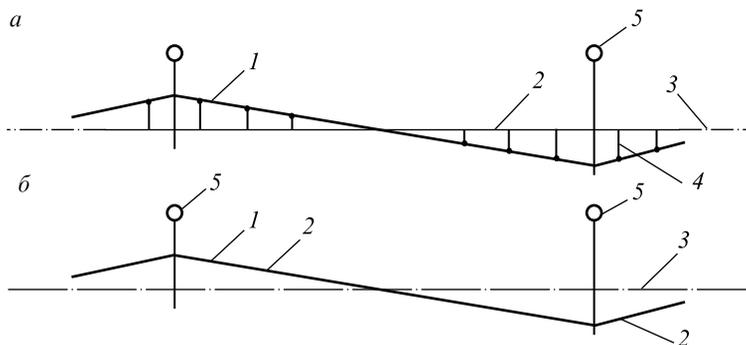


Рис. 1.6. Расположение несущего троса вертикальной цепной подвески в плане относительно контактного провода:  
*a* — по оси пути; *б* — по зигзагу контактного провода: 1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — ось пути; 4 — звеньевая струна; 5 — опора

При вертикальной подвеске на прямом участке пути возможны две схемы расположения несущего троса в плане: по оси пути (рис. 1.6, *a*); над контактным проводом с зигзагом, равным зигзагу контактного провода (рис. 1.6, *б*). В косой подвеске (рис. 1.7, *a*) струны имеют большой наклон в плоскости, перпендикулярной оси пути. Чтобы исключить при этом выкручивание завала (наклон контактного провода более  $20^\circ$  от вертикального положения контактного провода) применяют специальные способы крепления его к струнам в зависимости от угла наклона струны. На кривых участках пути (рис. 1.7, *б*) в средней части пролета струны оттягивают

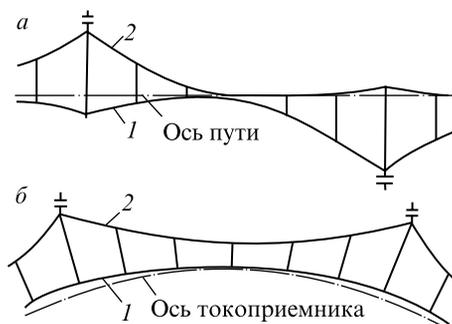


Рис. 1.7. Расположение в плане несущего троса и контактного провода косой подвески на прямом (*a*) и кривом (*б*) участках пути:  
 1 — контактный провод; 2 — несущий трос

контактный провод в наружную сторону кривой, вследствие этого он принимает криволинейное (в плане) очертание, приближающееся по форме к кривой железнодорожного пути.

Косая цепная подвеска на кривых участках позволяет существенно уменьшить в плане углы изменения направления контактного провода у опор в местах расположения фиксаторов (устройств, удерживающих контактный провод в требуемом положении в горизонтальной плоскости). Это повышает эластичность контактной подвески в опорных узлах, что благоприятно сказывается на токосъеме, особенно в кривых малого радиуса. При определенных радиусах кривых косая цепная подвеска может быть выполнена без фиксаторов. Косая подвеска обладает повышенной ветроустойчивостью по сравнению с вертикальной подвеской, однако монтаж и эксплуатация ее значительно сложнее.

От расположения контактного провода в плане по длине пролета зависит как ветроустойчивость контактной подвески, так и срок службы контактных пластин (вставок) полозов токоприемников ЭПС. При этом чем ближе расположен контактный провод к оси пути во всем пролете, тем ветроустойчивее цепная подвеска. Однако при этом сокращается срок службы контактных пластин токоприемников ЭПС, поскольку, чем больше смещен контактный провод от оси пути у опор и чем это смещение равномернее по длине пролета, тем больше срок службы контактных пластин и вставок токоприемников. Поэтому контактный провод (или провода) на прямых участках располагают зигзагообразно относительно оси пути, т. е. с поочередным смещением в ту и другую сторону (рис. 1.8, а).

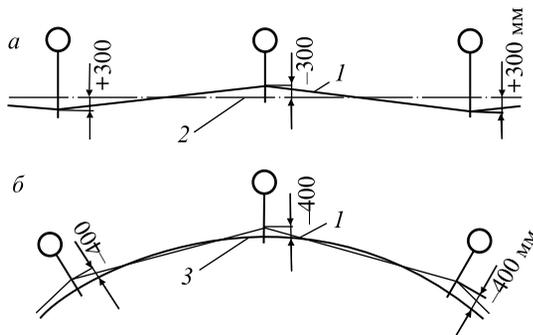


Рис. 1.8. Расположение в плане контактного провода вертикальной подвески на прямом (а) и кривом (б) участках пути

На российских электрифицированных железных дорогах зигзаг контактного провода  $1$  от оси пути  $2$  (при расчетном беспровесном положении) принят равным 300 мм. Зигзаги, направленные от опор, называют *плюсовыми*, а к опорам — *минусовыми*. Двойные контактные провода в точках фиксации располагают на расстоянии 40—60 мм один от другого.

На кривых участках пути контактный провод у опор смещен с помощью фиксаторов во внешнюю сторону кривой — ему дают зигзаг относительно оси (середины полоза) токоприемника  $3$ . Величина зигзага контактного провода у опор в зависимости от радиуса кривой допускается не более 400 мм (рис. 1.8, б). Несущий трос на кривых участках пути располагают обычно над контактным проводом. Допускается отклонение несущего троса в плане не более  $\pm 200$  мм. Таким образом, провода вертикальной цепной подвески на кривых участках пути располагают по хордам. Поэтому вертикальную подвеску иногда называют хордовой. В отдельных случаях допускается увеличивать зигзаг контактного провода: до 400 мм — на прямых участках и воздушных стрелках и до 500 мм — на кривых. При двойном контактном проводе размер зигзагов принимают по отношению к наружному от оси токоприемника проводу. Отклонения от установленных зигзагов контактного провода (при расчетном беспровесном положении) не должны превышать  $\pm 30$ , а на скоростных участках  $\pm 20$  мм.

На ветровых участках применяется ромбовидная цепная подвеска (рис. 1.9), в которой контактные провода располагают в плане у опор

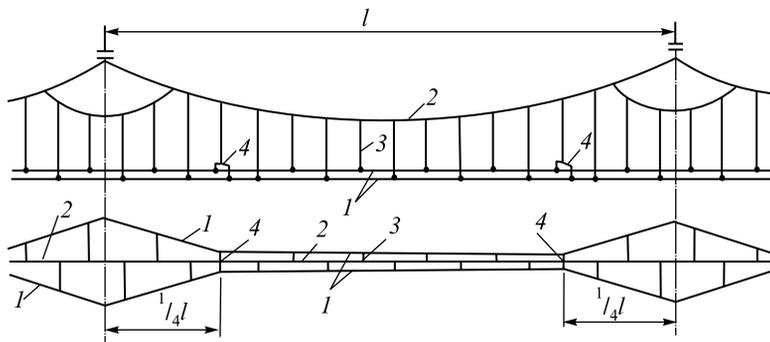
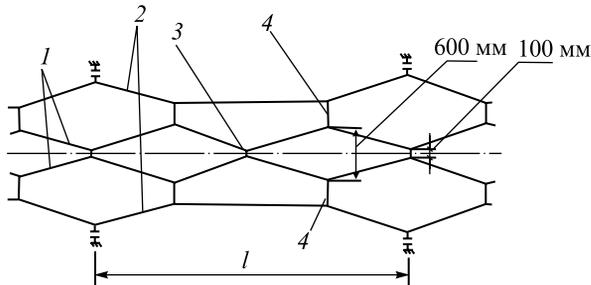


Рис. 1.9. Ромбовидная рессорная цепная подвеска с двумя контактными проводами:  $1$  — контактный провод;  $2$  — несущий трос;  $3$  — струна;  $4$  — соединительная планка;  $l$  — длина пролета

в виде ромба с разносторонними зигзагами 300—400 мм, а в средней части пролета — параллельно оси пути на расстоянии 50—100 мм один от другого. Ромбовидная подвеска более ветроустойчива, чем подвески, в которых контактные провода по всему пролету расположены параллельно друг другу с одинаковыми зигзагами у опор.

На ряде железных дорог эксплуатируется пространственно-ромбическая контактная подвеска с двумя несущими тросами 2 (рис. 1.10). Ее отличительной особенностью является то, что контактные провода 1 расположены в виде ромбов относительно оси пути. Для этого провода в пролетах соединяются шарнирными планками 3, а в середине между планками каждый провод крепится к соответствующему несущему тросу фиксирующими элементами 4, которые выполняют двойную функцию: являются точками подвешивания контактных проводов и одновременно фиксируют провода относительно оси пути. Конструктивно они выполняются в виде гибкого фиксатора (см. п.7.3) и жестко крепятся на несущем тросе и контактном проводе.

*a*



*б*

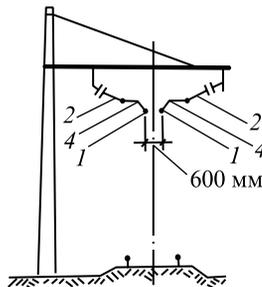


Рис. 1.10. Пространственно-ромбическая контактная подвеска на прямом участке пути в плане (*a*) и профиле (*б*):  $l$  – длина пролета

Такая конструкция обеспечивает компенсацию возникающих при температурных изменениях напряжений в проводах при отсутствии их продольных перемещений, т.е. пространственно-ромбическая контактная подвеска является автокомпенсированной системой, что снимает ограничения по длине анкерного участка. Длина пролета определяется проектом и составляет от 24 до 70 м.

В зависимости от *типа струн и их расположения* у опор цепная подвеска может быть:

с простыми вертикальными струнами (см. рис. 1.3, *а*), когда струны 2 устанавливают не далее 1—2 м от опор;

со смещенными простыми вертикальными струнами (см. рис. 1.3, *в*), когда струны удалены от опор более чем на 2 м; в одинарной подвеске опорные простые струны устанавливают обычно на расстоянии 4—5 м от опоры, в двойной — на расстоянии 5—9 м;

рессорной, когда струны контактного провода (или вспомогательного провода — в двойных подвесках) закреплены на рессорной струне (тросе) 4 (см. рис. 1.3, *б*).

Расстояние между креплениями струн на контактном проводе не должно превышать 8 м при компенсированной подвеске и 10 м при полукомпенсированной, а также при компенсированной подвеске КС-200.

В компенсированных подвесках двойные контактные провода крепят каждый на отдельных струнах, расположенных в шахматном порядке с расстоянием между смежными струнами не более 4 м, или на совмещенных струнах с закрепленными на них скобами и расстоянием 40—50 мм между струновыми зажимами разных контактных проводов.

Металлические струны выполняют не менее чем из двух звеньев, при этом длина нижнего звена должна быть 300 мм, а верхнего — не более 600 мм.

Основными *геометрическими параметрами цепных подвесок* (рис. 1.11) являются:

длина пролета  $l$  — расстояние между соседними точками подвеса несущего троса к поддерживающим устройствам;

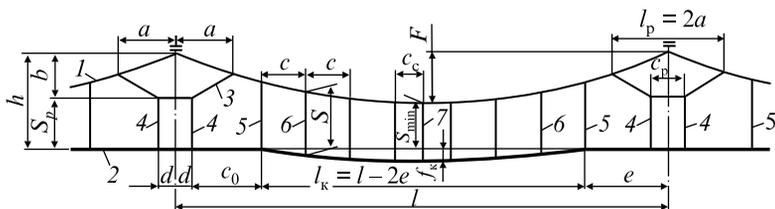


Рис. 1.11. Схема рессорной цепной контактной подвески

конструктивная высота  $h$  — расстояние от контактного провода до несущего троса у точки его подвеса при беспровесном положении контактного провода в полукомпенсированной подвеске или при номинальном натяжении несущего троса в компенсированной;

стрела провеса несущего троса  $F$  — расстояние от нижней точки троса в пролете до прямой, проведенной через точки его подвеса;

стрела провеса контактного провода  $f_k$  — расстояние от наиболее удаленной по вертикали точки контактного провода в пролете от прямой, проведенной через точки его подвеса у опор;

струновой пролет  $c$  — расстояние между двумя соседними струнами ( $c_c$  — расстояние между струнами в середине пролета);

длина струны  $S$  — расстояние между точкой закрепления (подвеса) струны на несущем тросе (вспомогательном проводе, рессорной струне или каком-либо элементе, в свою очередь закрепленном на несущем тросе) до контактного провода.

В рессорных контактных подвесках геометрическими параметрами являются также:  $l_p = 2a$  — длина рессорной струны (троса);  $e$  — расстояние от опоры до первой вертикальной струны;  $l_k = (l - 2e)$  — длина части пролета, в которой контактный провод имеет провес;  $d$  — расстояние от опоры до подрессорной струны (закрепленной на рессорной струне);  $c_0$  — расстояние от подрессорной до вертикальной струны;  $c_p = 2d$  — расстояние между подрессорными струнами;  $b$  — расстояние по вертикали от точки подвеса несущего троса до рессорной струны.

*Конструктивную высоту* цепных подвесок  $h$  (см. рис. 1.11) принимают исходя из выражения:

$$h \geq F + S_{\min} + f_k,$$

где  $F$  — стрела провеса несущего троса при беспровесном положении контактных проводов (в полукомпенсированной подвеске) или при их номинальном натяжении (в компенсированной);

$S_{\min}$  — наименьшая длина вертикальной струны (в середине);

$f_k$  — стрела провеса контактного провода на части пролета  $l_k$ , в которой провод имеет провес.

Наименьшую длину струны  $S_{\min}$  определяют из условия, чтобы угол наклона струны в плоскости цепной подвески, образующийся в результате продольных перемещений контактного провода относительно несущего троса при максимальных и минимальных тем-

пературах, не превышал  $30^\circ$  к вертикали. При невозможности обеспечения таких требований применяют скользящие струны.

В компенсированной цепной подвеске при изменениях температуры воздуха происходит перемещение вдоль анкерного участка как контактного провода, так и несущего троса. Причем в случае изготовления троса и провода из одного материала эти перемещения будут одинаковыми, и, следовательно, при любых температурах струны подвески будут располагаться в ее плоскости вертикально, а при разнородных материалах — с наклоном (незначительным).

В том случае, если по каким-либо причинам конструктивную высоту цепной подвески необходимо уменьшить, сокращают длину пролета и тем самым уменьшают стрелу провеса несущего троса или используют скользящие струны.

С целью унификации всех конструктивных размеров цепных подвесок с учетом применения типовых опор конструктивную высоту цепных подвесок в типовых проектах принимают равной  $1,8_{-0,3}^{+0,6}$  м. Для контактных подвесок КС-200 допускается отклонение от конструктивной высоты 1,8 м в пределах  $\pm 10$  мм.

Важным параметром цепной подвески является длина струнового пролета  $c$  (см. рис. 1.11). Исследованиями установлено, что при больших струновых пролетах (более 12 м) из-за наличия местной стрелы провеса контактный провод в средней части струнового пролета изнашивается быстрее, чем у струн. Следовательно, чтобы износ контактного провода в пределах струновых пролетов был равномерным, необходимо их длину принимать по возможности меньшей, особенно в средней части пролета цепной подвески.

При электрификации железных дорог, реконструкции и обновлении находящейся в эксплуатации контактной сети широкое применение находит компенсированная контактная подвеска КС-160, которая по своим динамическим качествам значительно превосходит полукомпенсированную КС-120. Даже при невысоких скоростях движения неравномерность нажатий полозов токоприемников на контактные провода при полукомпенсированной подвеске оказывается значительно выше, чем при компенсированной. Это приводит к неравномерному износу контактных проводов и повышению их среднего удельного износа, а следовательно, и уменьшению срока службы. Поэтому срок службы двойного контактного про-

вода в компенсированной подвеске в 1,3 раза больше, чем в полукомпенсированной.

На российских электрифицированных железных дорогах смонтированы главным образом одинарная полукомпенсированная и компенсированная цепные подвески. На скоростной магистрали Москва—Санкт-Петербург, где скорость движения поездов достигает 200 км/ч, применена компенсированная рессорная подвеска с улучшенными параметрами и коэффициентом неравномерности эластичности не более 1,2 (КС-200).

### **1.3. Выбор типа контактной подвески**

Типы основных контактных подвесок и область их применения на электрифицированных линиях железных дорог приведены в приложении 1.

Тип контактной подвески для перегонов и станций определяется проектом в зависимости от принятой скорости движения поездов, общей площади сечения проводов контактной сети, климатических и других местных условий, а также особенностей ЭПС.

Количество проводов в контактной подвеске и их площадь сечения определяют расчетом на прочность и нагрев. Марку (материал) многопроволочных проводов выбирают с учетом характеристики атмосферы воздуха, в которой они будут эксплуатироваться, а марку контактных проводов (медный, низколегированный, бронзовый) — с учетом их износостойкости, допустимой температуры нагрева и допустимого напряжения при растяжении.

После окончательного выбора типа контактной подвески по условиям эксплуатации ее провода (материал, площадь сечения и количество) должны быть проверены на нагрев тяговыми токами. Задачей теплового расчета контактной подвески является определение наибольшей температуры нагрева ее проводов, с учетом наибольшей температуры окружающего воздуха (+35 или +40°С) для рассматриваемого района. Так как провода контактной подвески нагреваются неодинаково, в первую очередь проверяют нагрев только того провода, температура которого может превысить максимально допустимую. Температура нагрева проводов зависит от значения и длительности токовых нагрузок, а также от температуры и скорости воздушного потока, в котором находятся провода. Если значения

температуры, полученные в результате расчета, не превышают наибольшие допустимые температуры проводов, то считают, что марки проводов выбраны по условиям нагрева правильно.

Допустимые значения температуры нагрева проводов и тросов контактной сети приведены в приложении 2.

Выбор типа контактной подвески для заданной максимальной скорости движения поездов производят также с учетом числа и характеристик токоприемников на ЭПС, обращающегося на данном участке, и на основании результатов вариантного технико-экономического сравнения различных подвесок. При этом учитывают также возможное в перспективе повышение весовых норм и скоростей движения поездов на рассматриваемом участке.

На главных путях в зависимости от категории линии, а также на станционных путях, где скорость движения поездов не превышает 70 км/ч, должна применяться полукompенсированная цепная подвеска (КС-70) со смещенными от опор на 2—3 м вертикальными струнами и сочлененными фиксаторами.

Размер смещения от опор простых струн зависит от конструкции фиксаторов (простой или сочлененный) и материала (массы), из которого изготовлены дополнительные стержни сочлененных фиксаторов (сталь, алюминиевый сплав). Сочлененный фиксатор рекомендуется применять на путях, где скорости движения поездов превышают 50 км/ч.

На главных и приемо-отправочных путях, по которым предусматривается безостановочный пропуск поездов со скоростью до 120 км/ч, допускается использование полукompенсированной рессорной подвески КС-120 или компенсированной КС-140.

На главных путях перегонов и станций при скорости движения поездов более 120 (до 160) км/ч применяют, как правило, компенсированную рессорную подвеску с одним (рис. 1.12, *а*) или двумя контактными проводами КС-160 (рис. 1.12, *б*). На действующих электрифицированных линиях допускается до обновления или реконструкции эксплуатация полукompенсированных рессорных подвесок КС-120 с сочлененными фиксаторами при скорости движения поездов до 140 км/ч и компенсированных рессорных подвесок КС-140 — 160 км/ч.

В компенсированной подвеске контактные провода рекомендуется монтировать в промежуточных пролетах с провесами  $f_k = 20—50$  мм (в зависимости от длины пролета), а в переходных пролетах —

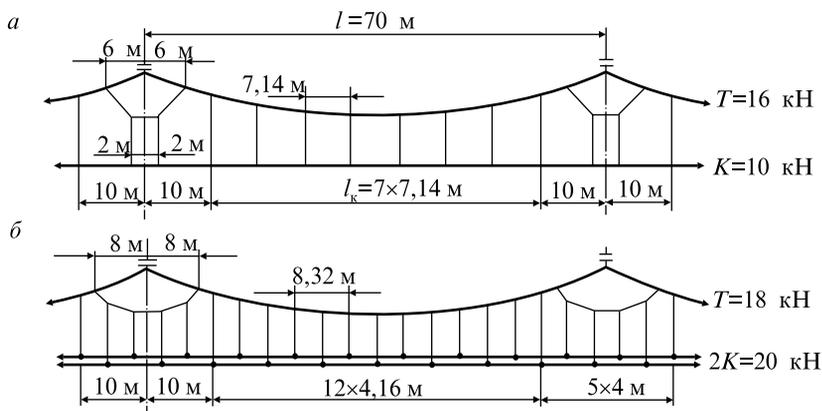


Рис. 1.12. Схемы типовых рессорных подвесок с одним (а) и двумя (б) контактными проводами

с отрицательной стрелой провеса  $f_k = -20$  мм. В полукомпенсированных подвесках учитывают температуру воздуха при регулировке. Фактические стрелы провеса контактных проводов в пролетах не должны отличаться от расчетных более чем на  $\pm 10$  мм, стрелы провеса несущего троса — не более  $\pm 50$  мм.

Параметры системы «контактная подвеска—токоприемник» должны быть такими, чтобы размер отжатия контактных проводов токоприемниками у опор при ветре до 5 м/с не превышал 150 мм, а при максимальной расчетной скорости ветра для рассматриваемого участка контактной сети — 250 мм.

На открытых местах, где в процессе эксплуатации скорость ветра может оказаться выше нормативной для данного района на 20 % и более, применяют косые цепные подвески или ромбовидные и пространственно-ромбические подвески при двух контактных проводах или с оттяжными проводами у опор при одном контактном проводе (см. п. 4.4) или устанавливают ограничители подъема дополнительного фиксатора, жесткие распорки на сочлененных прямых и обратных фиксаторах; на КС-200 в этих случаях применяют ветровые струны (см. п. 7.3). В местах, подверженных автоколебаниям, на несущем тросе на расстоянии 2—2,5 м от подвесных точек устанавливают гасители автоколебаний (металлические полосы шириной 45 мм и длиной 1,2 м).

## 1.4. Контактные подвески для скоростей движения поездов свыше 160 км/ч

Основными направлениями в разработке *высокоскоростных контактных подвесок* являются: установление оптимальных геометрических параметров контактных подвесок; создание равноэластичных и одновременно равномассовых контактных подвесок, т. е. имеющих одинаковую эластичность и массу по длине пролета; увеличение натяжения проводов, из которых состоит подвеска.

Пригодность контактной подвески для эксплуатации ее при скорости более 160 км/ч определяется отношением наибольшей эластичности подвески  $\varepsilon_{\max}$  к наименьшей  $\varepsilon_{\min}$  в пролете. Это отношение — коэффициент неравномерности эластичности  $\kappa_{\varepsilon} = \varepsilon_{\max} / \varepsilon_{\min}$  — должно быть не более 1,2 (подробнее см. п. 10.2).

В контактной подвеске КС-200 равномерность эластичности достигается натяжением несущего троса М-120 до 18 кН, двух контактных проводов МФ-120 до 24 кН ( $2 \cdot 12$  кН), рессорного троса М-35 длиной 20 м — 3,5 кН, а также ограничением длины пролета между опорами до 65 м. Этим достигнут коэффициент неравномерности эластичности не более 1,2. При этом контактные провода в пролете подвешиваются без провеса.

На действующих электрифицированных линиях для скорости 200 км/ч может быть применена одинарная рессорная контактная подвеска с изменением ее схемы (удлинением рессорных тросов, увеличением их натяжения, смещением от опор на большее расстояние первых от опор простых струн), а также возможным увеличением натяжения и площади сечения несущего троса и контактных проводов.

Еще в СССР во время подготовки электрифицированной линии Москва—Ленинград к движению поездов со скоростями 200 км/ч для увеличения общей площади сечения контактных подвесок на отдельных ее участках были дополнительно подвешены усиливающие провода, а сталемедный несущий трос ПБСМ-95 полукомпенсированной подвески был заменен на медный трос М-120. Одновременно длина тросов рессорных струн была увеличена до 18—20 м, а первые вертикальные струны были переставлены на расстояние 14—15 м от опор.

Компенсированные подвески на линии были смонтированы по схеме рис. 1.13, а, полукомпенсированные — по схеме рис. 1.13, б, что обес-

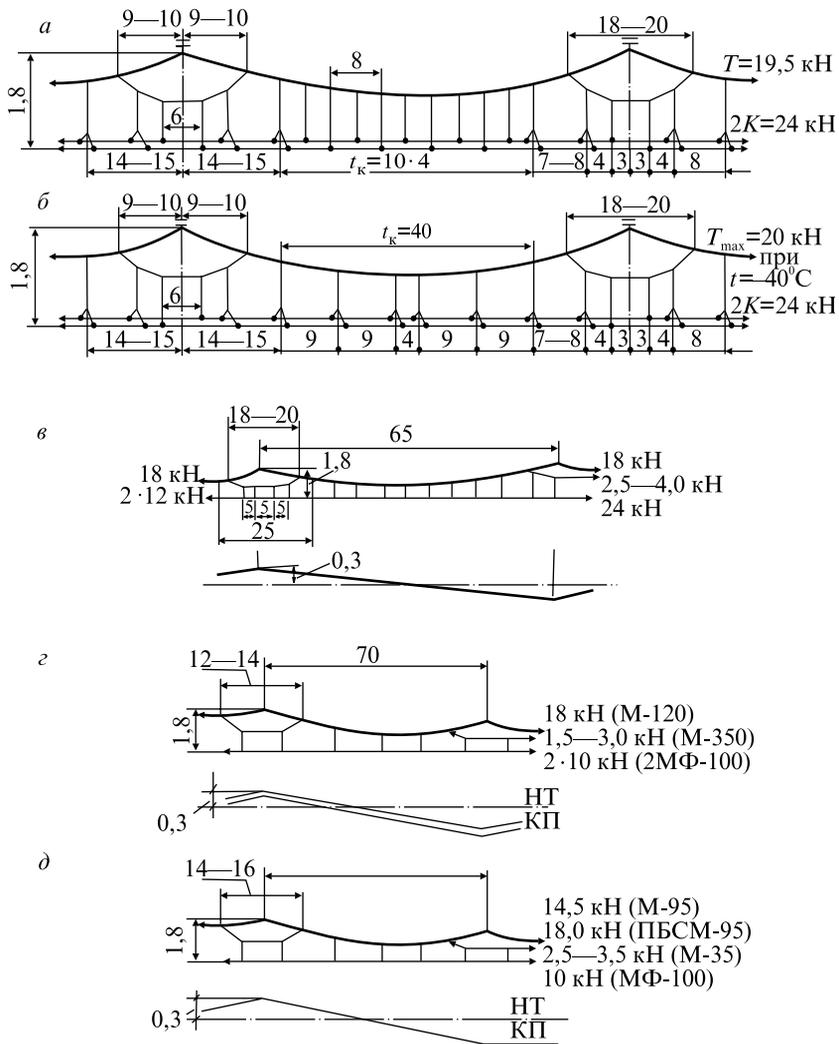
печивало их практическую равноэластичность. Некоторое дополнительное выравнивание эластичности подвесок в пролете достигают увеличением номинального натяжения компенсированного несущего троса М-120 до 19,5 кН и контактных проводов — до 12 кН (исходя из сопротивления разрыву). При этом контактные провода компенсированных подвесок монтировались с небольшой стрелой провеса  $f_n = 20—30$  мм.

При полукompенсированных подвесках качество токосъема значительно зависит от стрел провеса контактных проводов при температурах воздуха, значительно отличающихся от температуры, при которой контактные провода занимают беспровесное положение. Для обеспечения качественного токосъема при скоростях до 200 км/ч в таких подвесках на линии была уменьшена длина части пролета  $l_k$  с 50 до 40 м за счет увеличения расстояния от опор до первых струн с 10 до 15 м, что позволило в полтора раза уменьшить стрелы провеса контактных проводов в этих условиях.

Уменьшение стрел провеса контактных проводов в полукompенсированных подвесках при высоких положительных температурах воздуха приводит к уменьшению изменения натяжения несущего троса от предельно допустимого (20 кН для М-120). Это в свою очередь также обеспечивает более равномерную эластичность по длине пролета полукompенсированной подвески при высоких положительных температурах воздуха.

Регулировка контактных проводов в компенсированной подвеске должна производиться таким образом, чтобы в средней части пролета они имели провес, равный 0,001 расстояния между ближайшими к опоре простыми струнами. Точность регулировки должна быть  $\pm 20$  мм при скоростях до 160 км/ч и  $\pm 10$  мм при скоростях до 200 км/ч.

Высота подвески контактного провода над уровнем верха головок рельсов (УГР) на перегонах и станциях должна быть 6250 мм. Основные уклоны контактного провода при переходе от одной высоты подвешивания к другой не должны превышать 0,002. При этом с обеих сторон каждого участка с основным уклоном должны быть устроены переходные участки длиной не менее одного пролета между опорами, где уклоны провода должны быть в два раза меньше основного.



1.13. Схемы усовершенствованных рессорных контактных подвесок: *a* — компенсированной; *б* — полукомпенсированной; *в* — контактной подвески КС-200; *г* и *д* — контактной подвески КС-160 постоянного и переменного тока; НТ — несущий трос; КП — контактный провод (размеры в м)

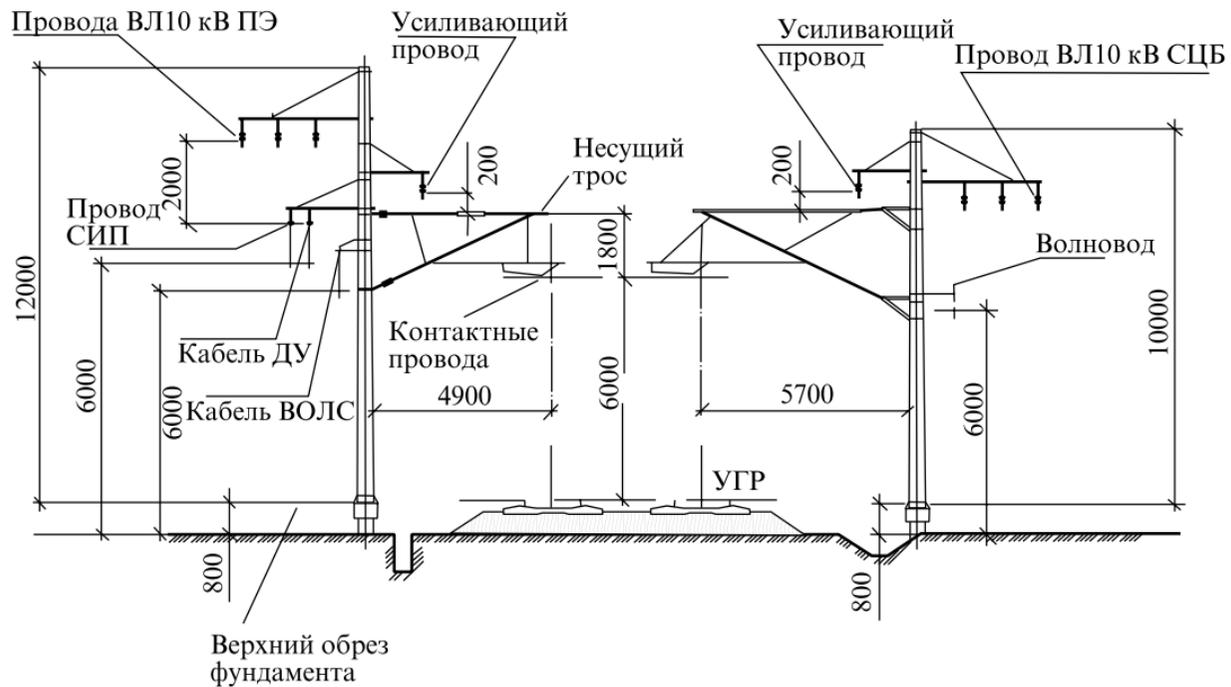


Рис. 1.14. Схема размещения проводов различного назначения контактной подвески КС-200 (размеры в мм)

Основные параметры новых контактных подвесок КС-200 ( постоянного тока ), КС-160 ( постоянного и переменного тока ) приведены на рис. 1.13, в, з, д; схема размещения проводов КС-200 — на рис. 1.14.

Основные технические требования к контактной подвеске КС-200 следующие: уклон контактного провода должен быть не более 0,001; коэффициент неравномерности эластичности в пролете 65 м не более 1,2; струны мерные из многожильного троса МГ-16 диаметром 5,67 мм, трос рессорной струны М-35.

На контактной подвеске КС-160 уклон контактного провода должен быть не более 0,002; коэффициент неравномерности эластичности в пролете 70 м не более 1,35; струны из провода БМ-4; трос рессорной струны М-35 или БМ-6.

### **1.5. Контактные подвески для пропуска поездов повышенного веса**

Согласно Инструкции по организации грузовых поездов повышенного веса и длины тяжеловесными поездами считаются поезда, вес которых более 6000 т или длина более 350 осей.

Обращение поездов *повышенного веса и длины* допускается на одно- и двухпутных участках в любое время суток при температуре не ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , а поездов из порожних вагонов — не ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Соединенные поезда организуются на станциях или перегонах из двух, а в необходимых случаях из трех поездов, с учетом ограничений по силе тяги и мощности локомотива и устройств электроснабжения.

На электрифицированных участках порядок пропуска соединенных грузовых поездов устанавливается по условиям нагрева проводов контактной сети одного пути. Кроме того, суммарный ток всех электровозов в поездах повышенного веса и длины не должен превышать допустимого тока по нагреву проводов контактной сети, указанного в приложении 2. При минусовых температурах допустимые токи проводов контактной подвески могут быть увеличены в 1,25 раза.

На двухпутных участках электрифицированных линий, как правило, во время прохода таких поездов включают посты секционирования (ПС) и пункты параллельного соединения (ППС).

Число поездов повышенного веса и длины (для нормального электроснабжения) в зоне между тяговыми подстанциями должно быть не более заложенного в графике движения. При этом для расчета заг-

руженности устройств электроснабжения поезд двойного унифицированного веса и длины считается за два поезда, тройного — за три и т. д. Уменьшение межпоездного интервала до заданного значения возможно чередованием пропуска поездов повышенного веса с более легкими поездами, а также включением ПС и ППС или увеличением допустимого тока контактной сети. Например, введение дополнительных ПС и ППС на двухпутных участках с существенно (не менее чем в 2 раза) различающимися нагрузками по путям позволяет снизить примерно в 1,1—1,4 раза расчетный межпоездной интервал вследствие уменьшения тока в проводах контактной сети.

Минимальный межпоездной интервал проверяют по мощности устройств электроснабжения тяги, напряжению на токоприемнике электровагона, току уставки защиты питающих линий (фидеров) тяговых подстанций, работе элементов тяговой рельсовой цепи.

Для организации обращения поездов повышенного веса и длины на дорогах разрабатываются мероприятия, в которых предусматривается увеличение площади сечения контактной подвески, улучшение токораспределения в проводах, повышение уровня напряжения в контактной сети и другие меры.

## **1.6. Контрольные вопросы**

1. Где применяется простая контактная подвеска? Из каких элементов она состоит?

2. Как устроены цепные контактные подвески? Какие типы цепных контактных подвесок и где применяются на электрифицированных железных дорогах?

3. Как располагаются контактные провода и несущие тросы на прямых и кривых участках пути при различных типах цепных подвесок?

4. Каковы конструктивные особенности цепных контактных подвесок, применяемых на участках со скоростями движения поездов более 160 км/ч?

5. По каким критериям организуется обращение поездов повышенного веса и длины на электрифицированных линиях?

---

---

## Глава 2. Основные элементы контактной сети

### 2.1. Контактные провода

Контактные провода являются одним из основных элементов контактной сети. От правильного выбора их материалов, площади сечения и конструкции зависят технико-экономические показатели, стоимость сооружения и эксплуатации контактной сети.

Материал для контактных проводов должен обладать высокой механической прочностью, износостойкостью (твердостью), электропроводностью, нагревостойкостью (теплопроводностью). Высокая механическая прочность проводов позволяет натягивать их с большими усилиями (натяжением), что повышает ветроустойчивость контактных подвесок, улучшает качество токосъема (особенно при высоких скоростях движения поездов), обеспечивает устойчивую работу цепной подвески. Высокая электропроводность способствует снижению потерь электроэнергии в контактных подвесках. Термостойкий материал сохраняет при высоких температурах нагрева прочность и твердость.

Для электрифицированных железных дорог используют контактные провода фасонного (рис. 2.1, *а*) и фасонного овального профиля (рис. 2.1, *б*) с двумя продольными желобками для захвата головки провода зажимами. Достоинством овальных проводов является их повышенный на 10 % допустимый длительный ток (ввиду большего периметра профиля и, как следствие, лучшего охлаждения) и меньшее аэродинамическое сопротивление. Последнее очень важно, так как позволяет при проектировании новых линий увеличивать длину пролета, а на эксплуатируемых линиях, где пролет уже выбран, иметь повышенную ветроустойчивость контактной сети.

Контактные провода изготавливают следующих марок: МФ — медный фасонный, МФО — медный фасонный овальный, БрФ — бронзо-

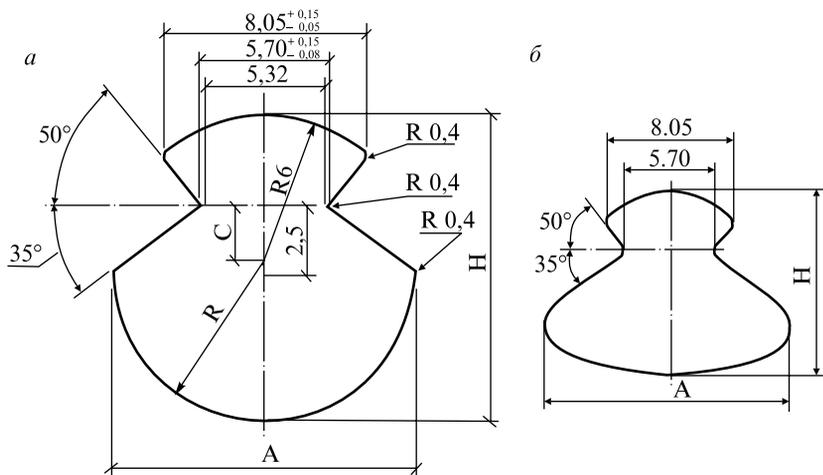


Рис. 2.1. Профиль фасонного (а) и фасонного овального (б) контактного провода

вый фасонный, БрФО — бронзовый фасонный овальный, НлФ — низколегированный фасонный. К марке провода добавляют его номинальную площадь сечения в мм<sup>2</sup>. Тогда обозначение провода, например, низколегированного фасонного сечением 100 мм<sup>2</sup> будет НлФ-100.

Бронзовые контактные провода на верхней части сечения (головке) должны иметь одну отличительную канавку (рис. 2.2, а), а низколегированные — две канавки, расположенные симметрично относительно вертикальной оси (рис. 2.2, б). В обозначениях низколегированных и бронзовых контактных проводов на трафарете барабана после букв Нл и Бр указывают легирующий компонент и расчетный процент его содержания, например: НлОл 0,04Ф-100 — низколегированный с присадкой олова (0,04 %), фасонный сечением 100 мм<sup>2</sup>,

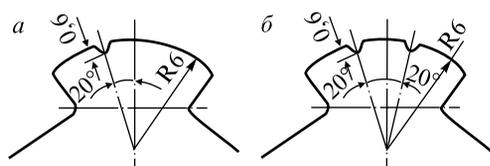


Рис. 2.2. Расположение отличительных канавок на бронзовых (а) и низколегированных (б) контактных проводах

БрЦр 0,5Ф-100 — бронзовый с присадкой циркония (0,5 %), фасонный сечением 100 мм<sup>2</sup>.

В низколегированных контактных проводах, кроме олова Sn (0,03—0,06 %),

в качестве легирующих компонентов применяют также магний Mg (0,04—0,06 %), цирконий Zr (0,04—0,06 %), кремний Si (0,03—0,06 %) и титан Ti (0,01—0,04 %); в бронзовых контактных проводах — магний (0,15—0,3 %), кадмий Cd (0,08—1,1 %), цирконий (0,4—0,6 %), а также магний (0,1—0,2 %) вместе с цирконием (0,1—0,2 %). Бронзовые контактные провода по сравнению с медными и низколегированными имеют более высокую износостойкость, прочность и термостойкость, но меньшую проводимость, что вызывает увеличение потерь электроэнергии в контактной сети. Поэтому в качестве легирующих добавок к меди рекомендуется использовать недорогие и недефицитные металлы, которые, повышая износостойкость контактных проводов, незначительно уменьшают их проводимость. Влияние легирующих добавок (примесей) на электрическую проводимость проводов (проводимость чистой меди 100 %) показано на рис. 2.3.

Предприятия-изготовители поставляют бесстыковые медные, низколегированные (с легирующими компонентами в меди 0,01—0,08 %) и бронзовые (с легирующими компонентами в меди более 0,08 %) контактные провода. Их изготавливают методом непрерывного литья с последующей прокаткой. Этот метод позволяет получить контактный провод бесстыковым, т.е. без мест соединения (пайкой, сваркой) на всей строительной длине провода.

На главных путях перегонов и станций применяют контактные провода сечением 100, 120 и 150 мм<sup>2</sup>, на станционных путях — сечением 85 мм<sup>2</sup>.

Номинальные сечения, размеры, допустимые отклонения и расчетная масса контактных проводов соответствующим указанным на рис. 2.1 и в табл. 2.1. Отклонение фактической площади сечения провода от номинального не более + 2 ... -1 %.

Механические характеристики медных и

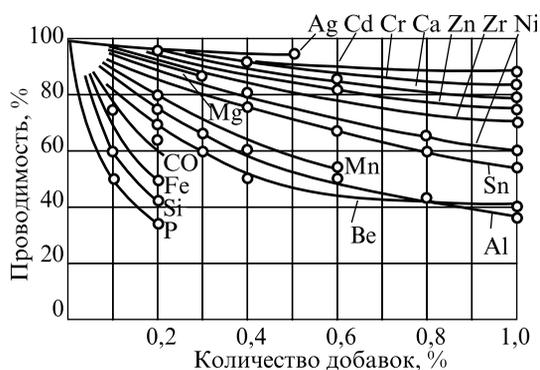


Рис. 2.3. Кривые, характеризующие влияние примесей на проводимость меди

низколегированных контактных проводов соответствуют указанным в табл. 2.2, а бронзовых — в табл. 2.3.

Электрические сопротивления проводов постоянному току при температуре +20 °С должны быть не более указанных в табл. 2.4.

Таблица 2.1

**Основные данные проводов контактных фасонных МФ, БрФ, НлФ**

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Размеры фасонных контактных проводов, мм (см. рис. 2.1)				Расчетная масса 1 км провода, кг
	А	Н	С	Р	
85	11,76±0,22	10,80±0,10	1,3	6,0	755
100	12,81±0,25	11,80±0,11	1,8	6,5	890
120	13,90±0,30	12,90±0,12	2,4	7,0	1068
150	15,50±0,32	14,50±0,13	3,2	7,8	1335

Таблица 2.2

**Механические характеристики медных и низколегированных контактных проводов**

Номинальное сечение мм <sup>2</sup>	Временное сопротивление растяжению, МПа, не менее		Относительное удлинение, %, не менее		Радиус губок при испытании на перегиб, мм
	медных	низколегированных	медных	низколегированных	
85	367,5	377,3	3,5	3,0	16
100	362,6	377,3	4,0	3,5	16
120	357,7	371,1	4,0	3,5	16
150	352,8	362,6	4,0	3,5	20

*Примечание.* Число перегибов в плоскости симметрии до полного разрушения не менее 3, число скручиваний фасонного провода вокруг оси до разрушения не менее 4.

Таблица 2.3

**Механические характеристики бронзовых контактных проводов**

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Временное сопротивление растяжению, МПа, проводов, легированных				Относительное удлинение, %	Радиус губок при испытании на перегиб, мм
	кадмием	магнием	цирконием	магнием и цирконием		
100	421,4	411,6	431,2	421,4	3,5	16
150	401,8	392	411,6	401,8	4,0	20

*Примечание.* Число перегибов в плоскости симметрии до полного разрушения не менее 3, число скручиваний провода вокруг оси до разрушения не менее 5.

Таблица 2.4

**Электрическое сопротивление проводов постоянному току**

Материал и марка провода	Удельное электрическое сопротивление, 10 <sup>-6</sup> Ом·м	Электрическое сопротивление, Ом/км, при номинальном сечении, мм <sup>2</sup>			
		85	100	120	150
Медный МФ	0,0176	0,207	0,176	0,147	0,117
Низколегированный НлФ	0,0185	0,218	0,185	0,155	0,123
Из циркониевой бронзы БрЦрФ	0,0200	0,235	0,200	0,170	0,133
Из кадмиевой бронзы БрКдФ	0,0205	0,242	0,205	0,175	0,137
Из магниевациркониевой бронзы БрМгЦрФ	0,0215	0,253	0,215	0,185	0,143
Из магниевой бронзы БрМгФ	0,0220	0,259	0,220	0,190	0,147

Коэффициент температурного линейного удлинения медных, низколегированных и бронзовых контактных проводов  $\alpha = 17 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , а модуль упругости  $E = 130$  ГПа.

Важной характеристикой контактных проводов является их твердость. У новых медных контактных проводов твердость 95—120 НВ, низколегированных 105—135, бронзовых 110—140 НВ.

Марки контактных проводов для конкретных условий эксплуатации выбирают в зависимости от допустимых температуры нагрева проводов и механического сопротивления разрыву.

Для медных контактных проводов МФ и МФО допустимая температура нагрева  $95^\circ\text{C}$  (см. табл. П2 приложения 2), а допустимое механическое сопротивление разрыву 117,7 МПа; для низколегированных НлФ и НлФО соответственно  $110^\circ\text{C}$  и 127,4 МПа; для бронзовых БрФ и БрФО —  $120^\circ\text{C}$  и 137,2 МПа.

В эксплуатации под влиянием нагрева тяговыми токами и растягивающих нагрузок происходит разупрочнение проводов (уменьшаются временное сопротивление при растяжении и твердость). Скорость разупрочнения проводов зависит от температуры нагрева и ее длительности, а также от механического растяжения.

При нагреве медных контактных проводов до температуры  $120^\circ\text{C}$  у них начинается повышенное разупрочнение, появляется явление ползучести (неупругого растяжения). В этом отношении низколегированные контактные провода имеют преимущества по сравнению с медными. Введение легирующих добавок в небольших количествах в медь при изготовлении низколегированных проводов создает направленное упрочнение материала провода. Поэтому низколегированные контактные провода допускают более высокую температуру нагрева ( $110^\circ\text{C}$ ) в течение всего срока их службы и более высокое сопротивление разрыву (130 МПа).

Наибольшая стабильность свойств низколегированных проводов достигается при легировании их оловом.

*Температура нагрева* контактных проводов ( $^\circ\text{C}$ ) зависит от значения и длительности тяговых токов, температуры окружающего воздуха  $t_{\max}$ , а также от скорости  $v$  воздушного потока, который обдувает провода. Следовательно, для нагрева контактных проводов наиболее тяжелыми условиями будут: максимальная температура окружающего воздуха  $t_{\max}$  и минимальная скорость ветра  $v_{\min}$

(без учета токовых нагрузок). При тепловых расчетах проводов минимальную скорость воздушного потока  $v_{\min}$  обычно принимают равной 1 м/с, а максимальную температуру окружающего воздуха  $t_{\max} +40$  °С.

Границей максимального нагрева проводов может служить температура, при которой начинает проявляться ползучесть. Эта температура составляет +140 °С для медных, +150 °С для низколегированных и 160 °С для бронзовых контактных проводов.

В эксплуатации наблюдаются отдельные однократные нагревы контактных проводов различной продолжительности до температур 70—100 °С. В основном же температуры нагрева контактных проводов не превышают 50—70 °С; при таких температурах изменение свойств проводов происходит очень медленно.

Допустимые токовые нагрузки на контактные провода определяют по тепловым характеристикам проводов с учетом расчетной максимальной температуры воздуха  $t_{\max}$  и минимальной скорости ветра  $v_{\min}$  в районе электрифицированной линии.

Тепловая характеристика провода представляет собой зависимость превышения установившейся температуры провода над температурой окружающей среды от значения длительно протекающего по нему тока (рис. 2.4). Сравнение тепловых характеристик проводов МФ-85, МФ-100, МФО-100 и МФ-150 показывает, что на допустимую токовую нагрузку провода влияет не только площадь сечения провода, но и его профиль, а при двух контактных проводах — также и расстояние между их осями. Как видно из рис. 2.4 при допустимом превышении температуры провода над температурой окружающей среды 60 °С токовая нагрузка для провода МФ-85 составит 540 А, для МФ-100 и МФО-100 — соответственно 600 и 660, для МФ-120 — 650 и для МФ-150 — 750 А.

При двух контактных проводах имеет место тепловое экра-

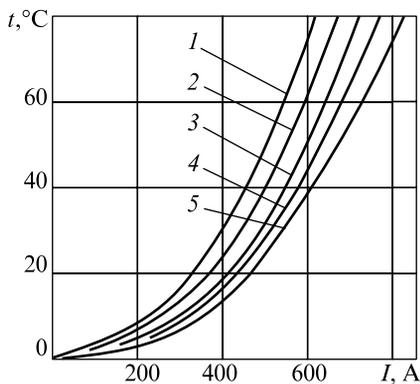


Рис. 2.4. Тепловые характеристики контактных проводов МФ-85 (1); МФ-100 (2); МФО-100 (3); МФ-120 (4); МФ-150 (5) при минимальной скорости ветра 1 м/с

нирование, которое начинает существенно сказываться при расстоянии между осями проводов меньше 60 мм. Следовательно, при расчетах допустимой плотности тока для двойного контактного провода 2МФ-100 необходимо учитывать расстояния между осями проводов. Это относится, например, к ромбовидным контактным подвескам, в которых провода в средней части пролета располагают на расстоянии 50—100 мм один от другого.

По мере износа контактного провода плотность тока возрастает по линейному закону, а допустимая токовая нагрузка на остающуюся площадь сечения провода уменьшается. При превышении температуры провода над температурой окружающей среды 40 °С и скорости ветра 1 м/с допустимую токовую нагрузку на провод МФ-100 с износом 30 % принимают 460 А вместо 600 для неизношенного.

Термостойкость контактного провода  $\theta$  при воздействии на него электрической дуги измеряется кулонами (Кл) и зависит от величины тока и марки провода. Если значения  $\theta$  больше, чем найденные по кривым рис. 2.5, то возможен пережог провода. Как видно из рисунка, в области значений тока до 4000 А пережог медных контактных проводов МФ-100 и МФО-100 наступает при 500—600 Кл, а бронзового провода БрКдФО-100 — при 1000—1100 Кл, т.е. почти в 2 раза больше. В этом отношении бронзовые контактные провода имеют преимущество перед медными.

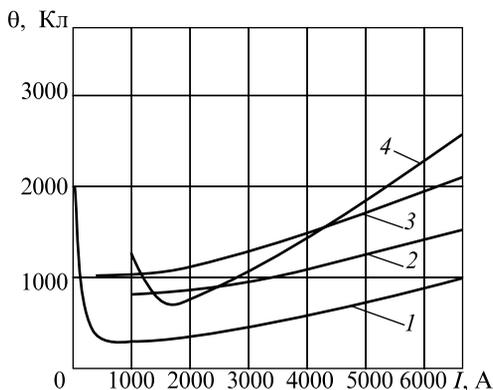


Рис. 2.5. Зависимость термостойкости  $\theta$  от тока для контактных проводов МФ-100 и МФО-100 (1); БрКдФО-100 (2); МФ-150 (3); 2МФ-100 (4)

Целесообразность применения бронзовых контактных проводов устанавливают на основании технико-экономических расчетов, в которых учитывают как единовременные затраты, так и текущие эксплуатационные расходы, включая амортизационные отчисления.

Срок службы контактных проводов зависит от многих факторов, в том числе: от качества токосяема, состояния поверхности

трения контактного провода и токосъемного элемента, типа контактной подвески, качества ее монтажа и регулировки, натяжения в проводах, технических параметров токоприемников и других причин. Усредненный срок службы контактного провода на участках постоянного тока 18—22 года, на участках переменного — более 50 лет.

Предельный износ контактных проводов приведен в приложении 3.

## 2.2. Несущие тросы

Несущие тросы цепных контактных подвесок должны обладать большой механической прочностью, невысоким коэффициентом температурного линейного удлинения (чтобы не вызывать больших изменений стрел провеса контактных проводов) и быть атмосферостойкими.

В качестве несущих тросов применяют неизолированные многопроволочные моно- и биметаллические, а также комбинированные провода.

*Монометаллические провода* (рис. 2.6, а) свивают из проволок, изготовленных из одного металла (медные, бронзовые, стальные).

*Биметаллические провода* (рис. 2.6, б) свивают из биметаллических проволок, имеющих сердцевину из одного, а оболочку из другого металла (сталемедные, сталеалюминиевые).

*Комбинированные провода* свивают из проволок, изготовленных из разных металлов (рис. 2.6, в), либо из биметаллических проволок и проволок, изготовленных из одного металла (рис. 2.6, г), например сталеалюминиевые, сталемедные.

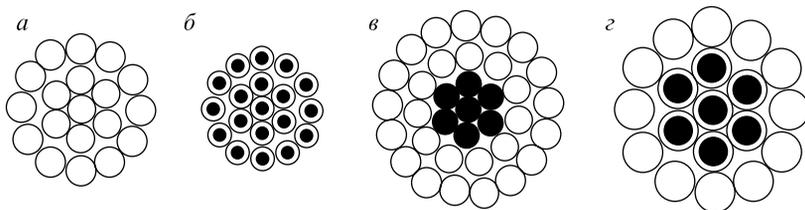


Рис. 2.6. Конструкции многопроволочных проводов: а — монометаллические (медные М; бронзовые Бр; стальные — С); б — биметаллические сталемедные ПБСМ и сталеалюминиевые ПБСА; в — комбинированные АС; г — комбинированные АПБСА, МСН

*Многопроволочные провода* изготавливают из круглых проволок, причем в центре помещают одну центральную проволоку, на которую навивают один или несколько повивов (слоев) проволок в зависимости от требуемой площади сечения провода. При одной проволоке в центре и равном диаметре всех проволок первый повив имеет шесть проволок, а каждый последующий на шесть проволок больше. Таким образом, при одном повиве провод состоит из семи, а при двух — из 19 (1 + 6 + 12) проволок. Все проволоки одного повива должны иметь одинаковый диаметр, диаметры проволок отдельных повивов могут быть различными.

Условные обозначения многопроволочных проводов, используемых в качестве несущих тросов, состоят из буквенной и цифровой частей. Буквы указывают материал и конструкцию провода: М — медный; Бр — бронзовый; С — стальной; ПБСМ — биметаллический сталемедный; АС — комбинированный сталеалюминевый; АПБСА — комбинированный из алюминиевых и биметаллических сталеалюминиевых проволок. Цифры указывают на номинальную площадь сечения провода в квадратных миллиметрах. Например, М-120 означает: провод медный сечением 120 мм<sup>2</sup>.

Материал несущего троса определяется конструкцией цепной подвески, необходимой площадью сечения всех ее проводов (обычно в медном эквиваленте), месторасположением электрифицированной линии и другими условиями.

На электрифицированных линиях России применяют в основном медные М и биметаллические сталемедные ПБСМ несущие тросы. В небольшом количестве эксплуатируются также бронзовые Бр и биметаллические сталеалюминиевые ПБСА тросы.

*Медные провода* в качестве несущих тросов применяют на электрифицированных участках постоянного тока, т.е. там, где требуется большая электрическая проводимость несущего троса.

Медные многопроволочные провода М изготавливают из медной твердотянутой проволоки с временным сопротивлением разрыву при растяжении не менее 390 МПа и относительным удлинением не менее 1 %. Минимальный срок службы медных проводов составляет 50 лет.

Основные данные проводов М-95 и М-120, применяемых в качестве несущих тросов, приведены в табл. 2.5. В качестве примера

на рис. 2.7 показаны тепловые характеристики провода, из которых видно, что допустимая токовая нагрузка на провод М-120 существенно зависит от скорости ветра. Для летнего режима при температуре воздуха +40 °С и допустимом превышении температуры провода над температурой окружающей среды 60 °С токовая нагрузка на провод М-120 составит: при отсутствии ветра ( $v = 0$  м/с) — 500, при скорости ветра 1 м/с — 650, 2 м/с — 730 А. Допустимая температура нагрева 120° С.

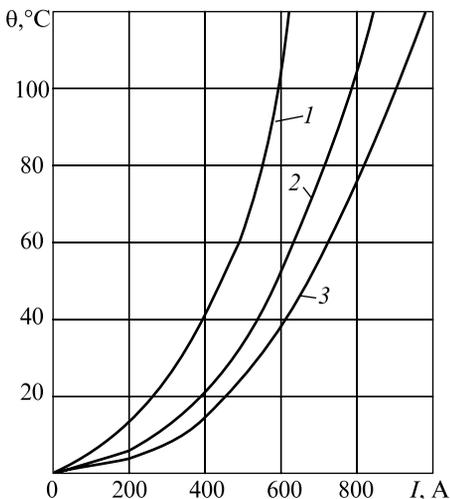


Рис. 2.7. Тепловые характеристики провода М-120 при отсутствии ветра (1) и при его минимальных скоростях 1 м/с (2) и 2 м/с (3)

В тех случаях, когда большая проводимость несущего троса не требуется, на участках переменного тока и стационарных путях используют биметаллические несущие тросы (провода).

*Биметаллические сталемедные провода* изготавливаются двух марок: ПБСМ1 — провод биметаллический сталемедный первого класса проводимости и ПБСМ2 — то же второго класса. Для их изготовления применяют биметаллическую проволоку соответственно БСМ1

Таблица 2.5

Основные данные медных проводов М-95 и М-120

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Расчетные данные проводов					Строительная длина, км, не менее
		Сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрушающая нагрузка, кН	Масса 1 км, кг	
95	19×2,4	92,5;	12,6;	0,200	33,5	837	1,2
120	19×2,80	117,0	14,0	0,158	41,06	1058	1,0

(толщина медной оболочки составляет 10 % радиуса проволоки) и БСМ2 (7 %). Поэтому провода ПБСМ1 имеют меньшее электрическое сопротивление, чем ПБСМ2. Временное сопротивление разрыву биметаллических сталемедных проволок при растяжении должно быть не менее 750 МПа. Основные данные биметаллических сталемедных проводов ПБСМ приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

**Основные данные биметаллических сталемедных проводов**

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Число и номинальный диаметр проволок, мм	Расчетные данные проводов			Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более		Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее
		Наружный диаметр, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса 1 км ПБСМ1, кг	ПБСМ1	ПБСМ2	
25	7 × 2,2	6,6	26,6	223	1,994	2,502	18,0
35	7 × 2,5	7,5	34,4	288	1,530	1,913	23,2
50	7 × 3,0	9,0	49,5	415	1,044	1,325	33,4
70	19 × 2,2	11,0	77,2	606	0,731	0,921	48,7
95	19 × 2,5	12,5	93,3	783	0,563	0,704	62,9
120	19 × 2,8	14,0	117,0	983	0,445	0,543	79,0

В качестве несущих тросов цепных подвесок применяют также провода ПБСМ-70 и ПБСМ-95, скрученные из 19 сталемедных проволок. При использовании биметаллического провода в качестве несущего троса следует применять провод ПБСМ1, имеющий первый класс проводимости. Провод ПБСМ2 для этих целей применять не рекомендуется.

Провода ПБСМ используют также в качестве поперечных несущих, фиксирующих тросов гибких и жестких поперечин, а также провода группового заземления опор контактной сети.

Тепловые характеристики проводов ПБСМ1-70 и ПБСМ1-95 при нагреве их постоянным (штриховые линии) и переменным током (сплошные линии) при минимальной скорости ветра 1 м/с показаны на рис. 2.8. Для сталемедных проводов наибольшая допустимая температура нагрева принята + 140 °С.

Одним из способов снижения расхода меди при электрификации железных дорог может быть замена сталемедных и медных несущих тросов сталюалюминиевыми. В практике это направление не получило распространения. Выпуск проводов ПБСА прекращен.

Стальные канаты ранее применялись для несущих тросов контактных подвесок, фиксирующих тросов, оттяжек опор контактной сети и в качестве троса компенсатора (С-70). Стальные канаты заменяют в плановом порядке, при реконструкции и обновлении. Для компенсаторов используют многопроволочные коррозионно-стойкие стальные канаты диаметром 9,5—11,0 мм.

Стальные канаты имеют высокую механическую прочность, однако ввиду того, что они подвержены атмосферной коррозии, срок их службы не превышает 20 лет, а в зонах с повышенным загрязнением и повышенной влажностью — не более 10 лет. Даже применение оцинкованной проволоки для изготовления стальных канатов не обеспечивает достаточно надежной их защиты от коррозии, особенно в местностях, расположенных вблизи моря, промышленных предприятий. Для защиты от коррозии в эксплуатации их периодически покрывают атмосферостойкими антикоррозионными смазками.

Основные данные стальных канатов из семи и 19 проволок приведены в табл. 2.7.

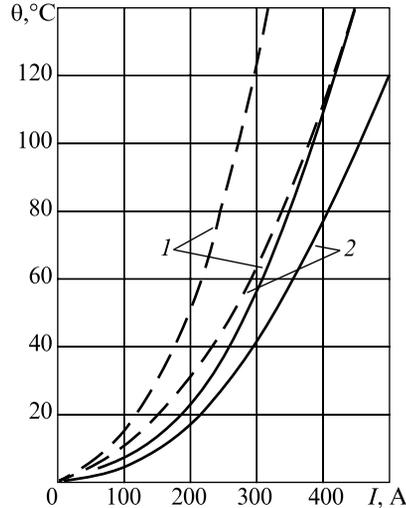


Рис. 2.8. Тепловые характеристики проводов ПБСМ1-70 (1) и ПБСМ1-95 (2) при минимальной скорости ветра 1 м/с

Таблица 2.7

### Основные данные стальных канатов

Номинальное сечение каната, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Расчетные данные канатов					Масса 1 км смазанного каната, кг
		Сечение, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр, мм	Разрушающая нагрузка каната, кН, при прочности проволок на растяжение, МПа			
				1200	1400	1600	
50	7 × 3,0	50,4	9,2	55,56	64,95	74,23	438
50	19 × 1,8	48,6	9,1	—	61,20	70,00	418
60	19 × 2,0	60,0	10,1	—	75,60	86,40	515
70	19 × 2,2	72,6	11,1	78,30	91,35	104,00	623
85	19 × 2,4	86,3	12,1	93,15	108,00	124,00	741
100	19 × 2,6	101,7	13,2	109,5	127,50	146,00	873

### 2.3. Усиливающие, питающие, отсасывающие и другие провода

В качестве усиливающих, питающих и отсасывающих линий применяют *алюминиевые провода* сечением 150 или 185 мм<sup>2</sup> из твердотянутых алюминиевых проволок. Алюминиевые провода уступают медным в электропроводности и механической прочности. Проводимость алюминия в 1,65 раза меньше, чем проводимость меди, но алюминий легче меди примерно в 3 раза. Поэтому алюминиевые провода, эквивалентные по проводимости медным, примерно в 2 раза легче медных. Для алюминиевых проводов максимальная допустимая температура нагрева принята +90 °С.

Основные данные неизолированных алюминиевых проводов А для контактной сети и воздушных линий (ВЛ) электропередачи приведены в табл. 2.8. Временное сопротивление разрыву алюминиевой проволоки (диаметром более 2,5 мм<sup>2</sup>) при растяжении должно быть не менее 150 МПа.

Срок службы проводов А по стандарту составляет не менее 50 лет, а в зонах с повышенным загрязнением солевыми и щелочными компонентами не менее 25 лет. Фактический срок службы проводов определяется техническим состоянием провода, местом его применения, натяжением и другими эксплуатационными факторами.

Таблица 2.8

## Основные данные алюминиевых проводов

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Расчетные данные					Строительная длина, км, не менее
		Сечение, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее	Масса 1 км, кг	
35	7 × 2,5	34,3	7,5	0,85	—	—	—
50	7 × 3,0	49,5	9,0	0,64	7,75	94	3,50
70	7 × 3,55	69,2	10,7	0,46	10,85	191	2,50
95	7 × 4,1	93,3	12,4	0,34	14,05	257	2,00
120	19 × 2,8	117,0	14,0	0,27	18,34	322	1,50
150	19 × 3,15	148,0	15,8	0,21	23,20	407	1,20
185	19 × 3,50	183,0	17,5	0,17	28,68	503	1,00

*Сталеалюминиевые провода*, а также стальные многопроволочные и однопроволочные неизолированные провода применяют на воздушных линиях электропередачи, используют в качестве групповых заземлений опор контактной сети и т.п.

Сталеалюминиевые провода обозначаются буквами АС и цифрами, указывающими номинальную площадь сечения алюминиевой (в числителе) и стальной (в знаменателе) частей провода (табл. 2.9). Так, провода марки АС 185/43 имеют номинальную площадь сечения алюминия 185, стали 43 мм<sup>2</sup>. Максимальная допустимая температура нагрева сталеалюминиевых проводов +90 °С, срок службы не менее 50 лет.

*Стальные многопроволочные провода* изготавливают из обыкновенной катанки и обозначают буквами ПС и цифрами, указывающими площадь сечения провода.

Однопроволочные стальные провода обозначают буквами ПСО (провод стальной однопроволочный) и цифрой, указывающей диаметр провода. Основные данные проводов ПС и ПСО приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.9

## Основные данные сталеалюминиевых проводов

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup> (алюминий/ сталь)	Число и диаметр проволок, мм		Расчетные данные						Строительная длина, км, не менее
			Площадь сечения, мм <sup>2</sup>		Наружный диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрушающая нагрузка провода при растяжении, кН, не менее	Масса 1 км провода (без смазки), кг	
	алюминиевых	стальных	алюминия	стали					
35/6,2	6 × 2,80	1 × 2,80	36,9	6,15	8,4	0,773	12,74	149	3,0
50/8,0	6 × 3,20	1 × 3,20	48,2	8,04	9,6	0,592	16,32	194	3,0
70/11	6 × 3,80	1 × 3,80	68,0	11,3	11,4	0,420	22,98	274	2,0
70/72	18 × 2,22	19 × 2,20	68,4	72,2	15,4	0,420	93,25	755	2,0
95/16	6 × 4,50	1 × 4,50	95,4	15,9	13,5	0,299	31,85	384	1,5
95/15	26 × 2,12	7 × 1,65	91,7	15,0	13,5	0,314	32,02	370	1,5
95/141	24 × 2,20	37 × 2,20	91,2	141,0	19,8	0,316	174,90	1357	1,5
120/27	30 × 2,22	7 × 2,20	116	26,6	15,5	0,249	48,85	528	2,0
150/34	30 × 2,50	7 × 2,50	147	34,3	17,5	0,196	60,86	675	2,0
185/43	30 × 2,80	7 × 2,80	185	43,1	19,6	0,156	76,52	846	2,0
185/128	54 × 2,10	7 × 2,10	187	128,0	23,1	0,155	176,49	1525	2,0

Таблица 2.10

## Основные данные стальных проводов

Марка провода	Число и номинальный диаметр проволок, мм	Расчетные данные проводов			Масса 1 км, кг
		Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр, мм	Разрушающая нагрузка при растяжении, кН, не менее	
ПС-25, ПМС-25	5 × 5,25	24,6	6,8	16,50	194
ПС-35, ПМС-35	7 × 2,5	34,4	7,5	24,00	272
ПС-50, ПМС-50	12 × 2,3	49,9	9,2	32,00	396
ПС-70, ПМС-25	19 × 2,3	73,9	11,5	51,00	632
ПС-95, ПМС-25	37 × 1,8	94,0	12,6	64,00	755
ПСО-4	1 × 4,0	12,6	4	11,70	99
ПСО-5	1 × 5,0	19,6	5	17,00	154

*Биметаллические сталемедные провода МСН* сечением 70, 95 и 120 мм<sup>2</sup> имеют сердцевину из стальных 7 проволок с никелевым покрытием толщиной не менее 100 мкм и наружный повив из 12 медных проволок. Провода предназначены для применения в контактных подвесках переменного (25 кВ) и постоянного (3 кВ) тока. Ввиду повышенной жесткости проводов МСН их анкеровку и стыкование проводов производят с помощью цанговых зажимов. Технические характеристики проводов МСН приведены в табл. 2.11; допустимые значения тока при температуре окружающего воздуха 40 °С и скорости ветра 1 м/с — в табл. 2.12.

Таблица 2.11

## Основные данные проводов МСН

Марка провода	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр провода, мм	Диаметр проволок, мм	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не менее	Масса 1 км, кг
МСН-70	70	11	2,2	41—45	0,487	624,4
МСН-95	95	12,5	2,5	50—59	0,378	806,3
МСН-120	120	14	2,8	60,8	0,301	1111,5

Таблица 2.12

## Значения допустимого длительного тока

Марка проводов	Допустимый длительный ток, А		
	Постоянный ток, А		Переменный ток, А
	Износ контактного провода, %		
	0	15	
МСН-95+МФ-100	–	–	920
МСН-95+2МФ-100	1481	1376	–
МСН-120+МФ-100	–	–	970
МСН-120+2МФ-100	1553	1451	–

## 2.4. Провода электрических соединителей и струн

Различные электрические соединения и шлейфы, предназначенные для подключения секционных разъединителей, разрядников и других аппаратов к проводам контактной сети, стыковые электрические соединители рельсовой цепи выполняют из медных гибких неизолированных многопроволочных проводов марки МГ.

*Провода МГ* свивают из нескольких прядей, свитых, в свою очередь, из нескольких тонких медных проволок диаметром 0,52—0,97 мм. Этим обеспечивается большая гибкость проводов МГ по сравнению с проводами марки М. Основные данные медных гибких неизолированных проводов МГ, применяемых в контактной сети, приведены в табл. 2.13.

Звеньевые струны цепных подвесок изготавливают из сталемедной проволоки БСМ1 или БСМ2 диаметром 4 мм. Рессорные струны (тросы) выполняют из сталемедной проволоки диаметром 6 мм. Основные данные биметаллических сталемедных проволок приведены в табл. 2.14.

В 80—90 гг. прошлого столетия на дорогах СССР нашли применение *капроновые (полимерные) канаты*, которые использовались в качестве рессорных струн, звеньевых струн и до настоящего времени находятся в эксплуатации. В последние годы такие канаты на контактной сети не подвешиваются. Основные технические данные капроновых канатов приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.13

## Основные данные медных гибких проводов МГ

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Число и номинальный диаметр проволок, мм	Расчетные данные проводов				Строительная длина, км, не менее
		Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Масса 1 км, кг	
10	49 × 0,52	10,40	4,68	1,76	95	2,0
10*	140 × 0,30	9,89	4,77	1,89	91	2,0
16	49 × 0,64	15,75	5,76	1,15	144	2,0
16*	224 × 0,30	15,83	6,03	1,18	145	2,0
25	98 × 0,58	25,88	7,67	0,707	237	2,0
35	133 × 0,58	35,12	8,70	0,521	322	1,0
50	133 × 0,68	48,28	10,20	0,375	442	1,0
70	189 × 0,68	68,60	12,55	0,264	629	1,0
95	259 × 0,68	94,01	14,28	0,193	861	0,5
120	259 × 0,77	120,55	16,77	0,150	1104	0,5

\* Провода повышенной гибкости.

Таблица 2.14

**Основные данные сталемедных проволок**

Наружный диаметр, мм	Наименьшая толщина медной оболочки проволоки, мм		Временное сопротивление разрыву, МПа	Масса 1 км, кг	
	БСМ1	БСМ2		БСМ1	БСМ2
2,2	0,11	0,08	750	31,5	31,0
2,5	0,12	0,09	750	41,0	40,4
2,8	0,14	0,10	750	50,5	49,7
3,0	0,15	0,11	750	59,0	58,0
4,0	0,20	0,14	750	104,3	102,8
6,0	0,20	—	650	236,0	—

Таблица 2.15

**Основные данные капроновых канатов**

Длина окружности, мм	Наружный диаметр, мм	Число прядей	Разрывное усилие, кН, не менее	Масса 100 м, кг	Область применения
—	4	3	3,9	1,6	Струны контактной подвески
25	7,9	12	11,8	4,3	Рессорные струны (тросы), полиспасты грузоподъемностью 0,5 т
30	9,6	15	14,5	5,4	Средняя анкеровка
35	11,1	21	20,1	7,5	
40	12,7	21	27,2	10	
50	15,9	39	42,7	15,7	Полиспаст грузоподъемностью 2 т

Коэффициент запаса механической прочности (отношение разрывного усилия к максимальному рабочему) новых проводов должен быть не менее:

для стальных тросов компенсаторов — 4;

для стальных продольных несущих, биметаллических поперечных несущих тросов и фиксирующих тросов — 3;

для контактных проводов, а также для многопроволочных проводов из биметаллических сталемедных и сталеалюминиевых проволок — 2,5;

для других многопроволочных проводов — 2.

## 2.5. Соединение проводов

Соединения проводов контактной сети в пролетах должны иметь механическую прочность, равную прочности провода. Получить соединения проводов такой прочности с помощью различных зажимов не всегда удается. Поэтому стандартом установлено, что зажимы, предназначенные для механического соединения и анкеровки проводов, должны удерживать их без проскальзывания и разрушения провода (включая разрушения отдельных проволок многопроволочных проводов) при нагрузке не менее трехкратной допустимой или 90 % минимальной разрушающей нагрузки соединяемых проводов. Арматура, предназначенная для электрического (с обеспечением механической прочности) соединения проводов, также должна удерживать их без проскальзывания или срыва при нагрузках, превышающих максимальные расчетные для указанных режимов, с коэффициентом запаса не менее 1,5.

В стыковых зажимах контактного провода зазор между проводами при приложении допустимой нагрузки не должен превышать 1 мм.

Значения предельных нагрузок, при которых арматура должна удерживать провода без проскальзывания или срыва, и схемы их приложения указываются в нормативно-технической документации.

Качество электрического контакта соединений должно удовлетворять требованиям стандартов, а именно: электрическое сопротивление соединения должно быть меньше или равно сопротивлению такого же по длине участка целого провода. Качество соединения оценивается значением коэффициента дефектности по электрическому сопротивлению  $\kappa_R$ , т.е. отношением сопротивления провода в месте соединения  $R_c$  к сопротивлению такого же по длине участка целого провода  $R_{пр}$ . Так как падение напряжения прямо пропорционально сопротивлению, то

$$\kappa_R = R_c/R_{пр} = \Delta v_c/\Delta v_{пр},$$

где  $\Delta v_c$  — падение напряжения на соединении;

$\Delta v_{пр}$  — падение напряжения на участке провода равной длины.

Начальный  $\kappa_R$  у новых безболтовых (неразъемных) соединений многопроволочных проводов, а также у соединений контактных проводов, выполненных с помощью зажимов с болтами, должен быть не более 0,9; у соединений, выполненных с помощью болтовых плашечных зажимов (питающих, соединительных и переходных), — не более 1,0.

В эксплуатации значения  $\kappa_R$  для соединения проводов могут быть больше начальных, но они не должны превышать значений 1,2 в нормальных режимах. При  $\kappa_R = 1,2 \dots 2$  переходное сопротивление в контакте имеет завышенное значение, и в зависимости от ответственности узла и величины токов нагрузки и коротких замыканий (к.з.) для таких соединений устанавливают более частые сроки осмотров. При  $\kappa_R > 2$  соединение считается дефектным и должно быть отремонтировано или вырезано и заменено на новое.

*Стыкование рабочих контактных проводов* осуществляют стыковыми зажимами нерабочих отходящих ветвей с помощью двух клиновых зажимов и соединительной планки или временно тремя болтовыми зажимами.

Наибольшее распространение получил способ стыкования контактных проводов с использованием различных неразъемных (типа 059) и разъемных (типа КС-321) болтовых зажимов. Ранее применяемые разъемные зажимы 058 сняты с производства и подлежат замене. Монолитные стыковые зажимы 059 для контактных проводов сечением 85, 100 мм<sup>2</sup> имеют шесть стопорных вертикальных болтов 1 и два стяжных горизонтальных 2 (рис. 2.9), для контактных проводов сечением 150 мм<sup>2</sup> — восемь стопорных болтов. Допускаемая растягивающая нагрузка для этих зажимов соответственно 15 и 20 кН.

Прочность закрепления контактного провода в неразъемном стыковом зажиме во многом зависит от размеров его паза и толщины губок зажима.

Стыковой зажим 059-6 (КС-321-1) (рис. 2.10) предназначен для стыкования контактных проводов площадью сечением 85—120 мм<sup>2</sup>, допускаемая нагрузка 12 кН, испытательная нагрузка 18 кН, разрушающая нагрузка 30 кН, допускаемый ток 720 А, масса 0,8 кг.

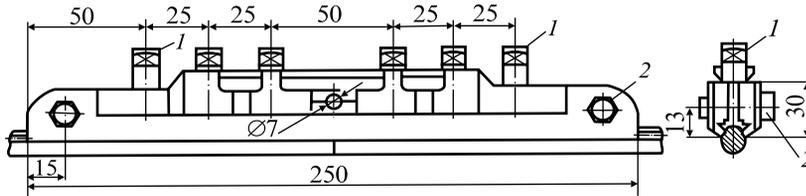


Рис.2.9. Зажим стыковой КС-059 со стопорными болтами для контактных проводов сечением 85 и 100 мм<sup>2</sup>

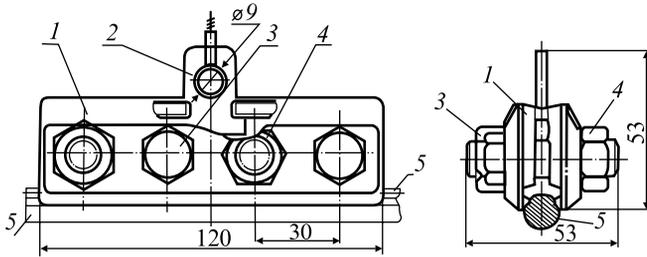


Рис. 2.10. Зажим стыковой 059-6 (КС-321-1) для контактных проводов сечением 85—120 мм<sup>2</sup>: 1 — плашка; 2 — вкладыш; 3 — болт М12×40; 4 — гайка; 5 — стыкуемые контактные провода

Расстояния между зажимами при вставках 5 в контактные провода 1 показаны на рис. 2.11. Минимальная длина вставки контактного провода должна быть не менее 1,5 м (рис. 2.11, а). При этом стык не должен быть ближе 1 м от фиксирующего зажима.

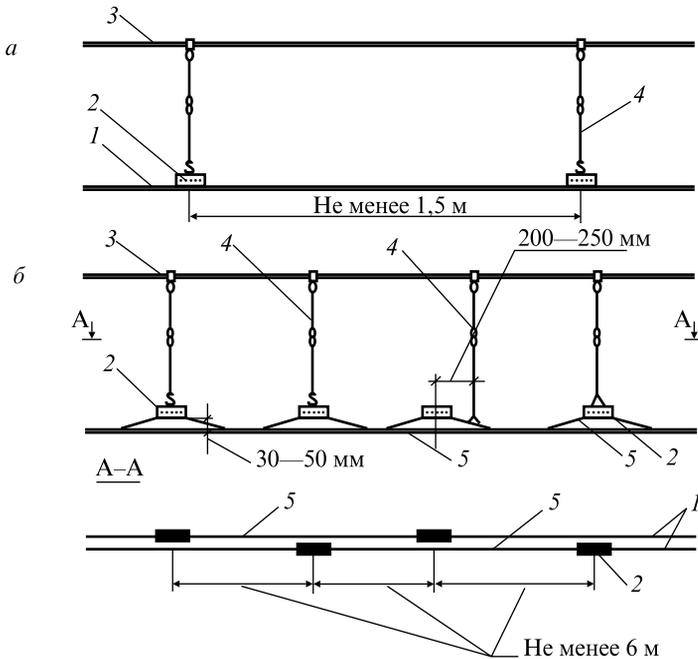


Рис. 2.11. Вставки в одиночные (а) и в двойные (б) контактные провода

Стыковые зажимы 2 подвешивают на струнах 4 к несущему тросу 3. В случае расположения стыкового зажима на расстоянии менее 1 м от рабочей струны цепной подвески ее совмещают со струной стыкового зажима. При двух контактных проводах в цепной подвеске стыковые зажимы располагают на расстоянии не менее 6 м (рис. 2.11, б) один от другого, а для улучшения токосъема контактный провод со стыковым зажимом поднимают на 30—50 мм выше второго провода. Струновой зажим на втором контактном проводе устанавливают на расстоянии 200—250 мм от середины стыкового зажима. Для уменьшения износа контактных проводов в местах установки стыковых зажимов при одном контактном проводе в цепной подвеске зажимы приподнимают на 10—20 мм выше соседних точек подвеса контактного провода.

Стыкование контактных проводов нерабочих ветвей производится по схеме, приведенной на рис. 2.12, а.

Перед установкой стыкового зажима контактные поверхности его и соединяемых проводов должны быть тщательно зачищены.

Стыки контактных проводов должны обеспечивать плавный (без ударов и искрений) проход по ним полозов токоприемников при максимальной скорости движения поездов.

Способы холодной сварки контактных проводов встык давлением были разработаны в ряде стран. Сущность холодной сварки заключается в том, что при приложении высокого давления (обжатия) (до 800 кН) происходит сильное деформирование и течение металла по границе раздела соединяемых поверхностей, в результате чего происходит их схватывание при температуре окружающего воздуха, т.е. без какого-либо нагрева. Поскольку соединяемые элементы не нагреваются, то химический состав металла в зоне сварки не изменяется. Однако надежность и долговечность соединения встык контактных проводов, полученного холодной сваркой давлением, зависит от очень большого числа факторов.

Применялась также сварка энергией взрыва, которая основана на способности металлов образовывать прочные металлические связи в твердом состоянии при их высокоскоростном соударении.

Оба метода: холодная сварка давлением и сварка энергией взрыва не получили дальнейшего развития ввиду низкой надежности узла соединения и сложной технологии работ.

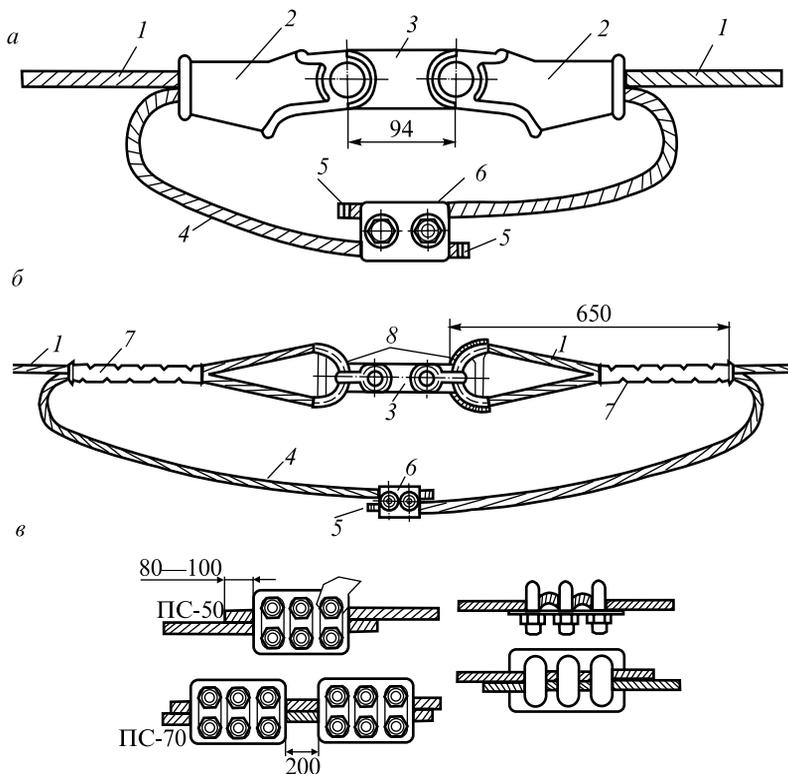


Рис. 2.12. Соединения проводов: *а* — контактных, сталемедных с натяжением менее 15 кН; *б* — медных; *в* — стальных; 1 — трос (контактный провод); 2 — клиновой зажим; 3 — соединительная планка; 4 — шунт; 5 — бандаж; 6 — соединительный зажим; 7 — овальный соединитель; 8 — вилочный коуш

*Соединение многопроволочных проводов* с учетом их назначения и марки выполняют методами обжатия, скручивания и опрессовки овальных соединителей, аргонодуговой и термитной сваркой, болтовыми зажимами, с помощью вилочных коушей или клиновых зажимов и соединительных планок, а также цанговыми и клиноболтовыми зажимами.

Наиболее распространенным способом для многопроволочных проводов является соединение их с помощью овальных соединителей, представляющих собой трубку овального сечения, изготовленную из меди, алюминия или стали, с развальцовкой на обоих концах (рис. 2.13, *а*).

Медные и сталемедные провода сечением до  $120 \text{ мм}^2$  соединяют медными овальными соединителями СОМ (соединитель овальный для медных проводов), алюминиевые и сталеалюминиевые сечением до  $185 \text{ мм}^2$  — соединителями СОА и СОАС соответственно, стальные сечением до  $70 \text{ мм}^2$  — соединителями СОС. Соединители на предприятии-изготовителе снабжают маркой, указывающей, для какого провода он предназначен, например, СОАС-70 — соединитель овальный для сталеалюминиевого провода АС-70.

Эксплуатационная надежность соединения в большой степени зависит от того, насколько тщательно выполнена обработка и очистка концов проводов и контактных поверхностей соединителей. После подготовки к соединению концы проводов вводят в соединитель внахлестку таким образом, чтобы они выходили из него на  $40\text{—}50 \text{ мм}$ . Если на соединении выполняется шунт, то каждый конец провода выпускают из соединителя примерно на  $\frac{3}{4}$  его длины и соединяют их в виде петли термитной сваркой или болтовым зажимом (см. рис. 2.12, а, б).

Обжатие овальных соединителей на проводах сечением до  $185 \text{ мм}^2$  осуществляют гидравлическими или механическими прессами (например, монтажными клещами МИ-19А).

Обжатие выполняют по рискам 1-10, нанесенным на соединителе (рис. 2.13, б) поочередно с обеих сторон. Механическую прочность соединений обжатием можно увеличить, если вместо использования клещей опрессовывать их гидравлическим прессом. Для опрессовки овальных соединителей используют набор инструментов НИОС-2 и гидравлический пресс ПГЭП-2 с электрическим приводом, а также ручной гидравлический пресс РГП-7М, ПГР-20М, ПР-6 и др.

Овальными соединителями методом обжатия соединяют многопроволочные провода — медные сечением  $70\text{—}120 \text{ мм}^2$  и алюминиевые сечением  $120\text{—}185 \text{ мм}^2$ .

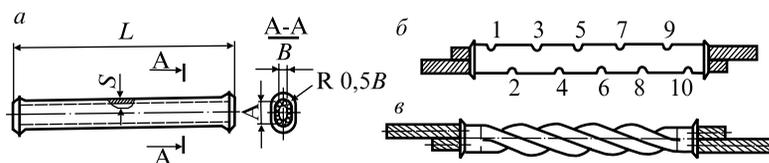


Рис. 2.13. Овальный соединитель (а) и соединения проводов, выполненные обжатием (б) и скруткой (в) соединителя

Для более полного использования механических и электрических свойств овальных соединителей, а также упрощения их монтажа широко применяют соединение сталеалюминиевых, алюминиевых, многопроволочных и однопроволочных стальных проводов способом скрутки. При скручивании овального соединителя с введенными в него концами проводов последние образуют винтовую линию, причем корпус соединителя плотно обжимает скрученные провода на всей длине соединителя (рис. 2.13, в). Для такого соединения проводов в зависимости от их марки применяют специальные приспособления МИ-189А, МИ-190 или МИ-230А.

Овальными соединителями методом скручивания соединяют алюминиевые и сталеалюминиевые многопроволочные провода площадью сечения 16—95 мм<sup>2</sup>.

Сталемедные провода, имеющие натяжение не более 15 кН, соединяют так же, как нерабочие ветви контактных проводов, с помощью двух клиновых зажимов и соединительной планки (см. рис. 2.12, а), узел стыкования шунтируют. Свободные концы проводов, образующие шунт, могут быть соединены болтовыми зажимами или встык термитной сваркой.

Медные и сталемедные провода соединяют также с помощью вилочных коушей, овальных соединителей и соединительной планки (см. рис. 2.12, б).

Стальные провода диаметром 9—13 мм соединяют треххомутовыми стыковыми зажимами 079. Провода С-50 стыкуют одним зажимом, а С-70 — двумя (см. рис. 2.12, в). На каждый зажим допускается растягивающая нагрузка не более 30 кН.

Для улучшения электрических характеристик соединений с зажимами или овальными соединителями свободные концы алюминиевых, сталеалюминиевых и медных проводов стыкуют термитной сваркой, которую выполняют с помощью специальных термитных патронов. Такая сварка обеспечивает надежный электрический контакт.

Термитную сварку проводов осуществляют с помощью специальных сварочных приспособлений, клещей или пистолетов (рис. 2.14). Для термитной сварки встык сталеалюминиевых и алюминиевых проводов сечением 50—185 мм<sup>2</sup> применяют специальные клещи.

Перед термитной сваркой концы проводов очищают до металлического блеска, тщательно обезжиривают в бензине (запрещается пользоваться этилированным бензином) или в другом

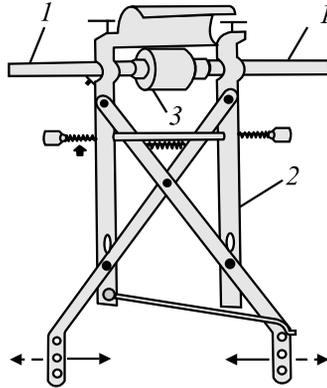


Рис. 2.14. Термитная сварка многопроволочных проводов:

1 — провод, 2 — приспособление для сварки; 3 — термитный патрон

растворителе, дают просохнуть, а затем вставляют в термитный патрон до упора во вкладыш. Тип термитного патрона должен соответствовать диаметру свариваемых проводов.

Термитной сваркой выполняют соединения многопроволочных алюминиевых и сталеалюминиевых проводов во всех узлах контактной сети, где натяжение в стыкуемых проводах не превышает 5 кН (500 кгс).

Аргонодуговой сваркой соединяют многопроволочные провода (кроме стальных) и шины для присоединения отсасывающих, усиливающих линий и обводов, шлейфов разъединителей и электрических соединителей.

Опрессовкой с использованием безболтовых зажимов соединяют несущие тросы, алюминиевые и сталеалюминиевые провода, электрические соединители из медного многопроволочного провода между собой и с контактными проводами.

Соединение болтовыми, стыковыми цанговыми и клиновыми (клиноболтовыми) зажимами осуществляют:

медных и сталемедных несущих тросов площадью сечения 95 и 120 мм<sup>2</sup> — двумя стыковыми плашечными четырехболтовыми или стыковыми цанговыми или двумя клиноболтовыми зажимами с соединительной планкой между ними. При временном восстановлении допускается стыкование шестью соединительными двухболтовыми зажимами;

медных и сталемедных проводов сечением 50 и 70 мм<sup>2</sup> — двумя клиновыми зажимами с соединительной планкой между ними или тремя двухболтовыми соединительными зажимами;

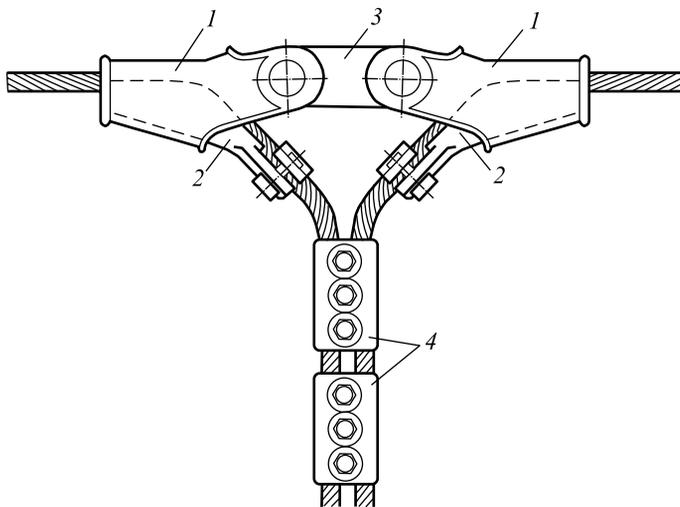


Рис. 2.15. Стыкование провода ПБСА-50/70:  
 1 — зажим клиновой 035; 2 — клин болтовой 038-3;  
 3 — соединительная планка ; 4 — зажим 064

алюминиевых и сталеалюминиевых проводов сечением 16—185 мм<sup>2</sup> стыковыми цанговыми или тремя соединительными зажимами;

сталеалюминиевых проводов марки ПБСА-50/70 — двумя клиноболтовыми зажимами с соединительной планкой между ними (рис. 2.15); стальных тросов — треххомутовыми зажимами (см. рис. 2.12, в).

Болтовые соединительные зажимы следует устанавливать на расстоянии не менее 1,5 длины зажима один от другого.

Выступающие из клиновых и клиноболтовых зажимов концы проводов должны быть отогнуты. Отогнутые концы сталеалюминиевых проводов соединяют одним плашечным зажимом, медных и сталеалюминиевых проводов марки ПБСА-50/70 — двумя зажимами.

## 2.6. Изоляторы

Изоляторы являются ответственным элементом контактной сети и должны удовлетворять требованиям в отношении электрической и механической прочности. Электрическая прочность изоляторов характеризуется сухоразрядным, мокроразрядным и пробивным напряжением, а механическая — допустимой, испытательной и разрушающей нагрузкой на растяжение и изгиб.

Изоляторы классифицируются:

- по назначению — подвесные, натяжные (секционные), фиксаторные, консольные;
- по материалу изоляционной детали — керамические (фарфоровые), стеклянные, полимерные;
- по типу конструкции — тарельчатые, стержневые;
- по геометрии изоляционной детали — гладкостержневые, ребристые;
- специальные — грязестойкие (в особо загрязненных районах) и антивандальные (устойчивые к ударам и нагрузкам).

За многие годы эксплуатации устройств электроснабжения на железнодорожном транспорте накопилось значительное количество типов конструкций высоковольтных изоляторов отечественного и зарубежного производства, многие из которых сняты с производства. Имеется каталог изоляторов для контактной сети и ВЛ электрифицированных железных дорог, который содержит краткое описание и основные технические характеристики серийно выпускаемых заводами России и находящихся в эксплуатации изоляторов.

В качестве примера на рис. 2.16 показаны конструкции подвесных тарельчатых высоковольтных изоляторов, состоящих из шапки 1, изготовленной из ковкого чугуна, изолирующей детали (тарелки) 2 из фарфора (стекла или стеклофарфора) и металлического стержня 3, заканчивающегося пестиком (рис. 2.16, а) или серьгой б (рис. 2.16, б). Головка изолирующей детали выполнена в форме обратного конуса, что обеспечивает надежное сцепление шапки и стержня. Изолирующий элемент соединен с шапкой и стержнем с помощью портландцемента 4. Конструкция шапки и стержня с пестиком

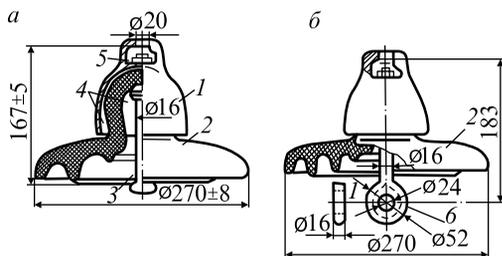


Рис. 2.16. Подвесные тарельчатые фарфоровые изоляторы:

а — ПФ6-А; б — ПТФ70-3,3/5

обеспечивает нормальное шарнирное сцепление изоляторов при комплектовании их в гирлянду. Для предотвращения расцепления шапки одного изолятора с пестиком другого служат замки 5.

Фарфор изолятора в изломе должен быть однородным по структуре и не иметь открытой пористости. Поверхность фарфора изолятора покрывают ровным слоем гладкой и блестящей глазури. Металлическую арматуру изоляторов оцинковывают.

Грязестойкие изоляторы предназначены для использования в местностях, подверженных всем видам загрязнений, содержащих проводящие компоненты, и в условиях туманов или высокой влажности. Они имеют увеличенную длину пути утечки и конструктивные отличия, облегчающие условия обмывки их поверхности.

Стекланные изоляторы легче фарфоровых и лучше противостоят ударным нагрузкам. К их достоинствам относится и то, что в случае электрического пробоя или разрушающего механического или термического воздействия закаленное стекло не растрескивается, а рассыпается. Это облегчает нахождение не только места повреждения на линии, но и поврежденного изолятора в гирлянде, т.е. позволяет отказаться от профилактической дефектировки изоляторов. Для изготовления изоляторов, кроме фарфора и стекла, используют полимерные и другие материалы.

Для изготовления стекланных изоляторов из щелочного стекла применяют состав, принятый для производства обычного оконного стекла. Высокая механическая прочность и термостойкость стекланных изоляторов обеспечиваются специальной термической обработкой — закалкой, которая повышает прочность на разрыв и изгиб. Это позволяет конструировать стекланные изоляторы с меньшей головкой изолирующей детали. Поэтому при одинаковых электрических и механических характеристиках стекланные изоляторы имеют меньшую высоту и массу, чем фарфоровые.

*Электрическую прочность изоляторов* принято характеризовать следующими величинами: длиной пути утечки  $L_y$ , выдерживаемым напряжением под дождем и в сухом состоянии; 50%-ным разрядным импульсным напряжением с формой волны 1,2/50 мкс; пробивным напряжением при частоте 50 Гц.

Длина пути утечки  $L_y$  — это наикратчайшее расстояние (огibaющая) или сумма наикратчайших расстояний по контурам наружных изолирующих поверхностей между частями изолятора, находя-

щимися под разными потенциалами. При этом расстояние, измеренное по поверхности цементного шва или другого токопроводящего соединительного материала, не считается частью длины пути утечки.

Значение выдерживаемого испытательного напряжения под дождем зависит от формы изолятора, наличия капельниц (выступов в нижней части ребра изолятора, предохраняющих ее поверхность от смачивания водой), угла наклона оси изолятора к горизонтали.

Загрязнение изоляторов практически не влияет на значение выдерживаемого испытательного напряжения в сухом состоянии, т.е. если относительная влажность воздуха не превышает 70 %. Увлажнение поверхности загрязненных изоляторов (при росе, морозящем дожде, тумане, мокром снеге) приводит к резкому снижению разрядного напряжения. Наиболее опасными являются загрязнения, в которых содержится много растворимых в воде солей.

Загрязнение изоляторов опасно не только из-за перекрытий, приводящих к снятию напряжения, а в отдельных случаях и к излому стержневых изоляторов, но и тем, что оно способствует электролитическому разъеданию (коррозии) стержня подвесных изоляторов на участках постоянного тока.

В эксплуатационных условиях поверхности изоляторов загрязняются и увлажняются неравномерно. Кроме того, при сложной форме изолятора разряд на отдельных участках может отрываться от поверхности и развиваться по наикратчайшему пути в воздухе. В результате эффективно используется не вся геометрическая длина пути утечки  $L_y$ , а только ее часть. Поэтому напряжение перекрытия изоляторов, загрязненных в реальных условиях эксплуатации, пропорционально не геометрической, а эффективной длине пути утечки  $L_{эф} = L_y/k$ , где  $k = 1...1,3$  — поправочный коэффициент, иногда называемый коэффициентом формы изолятора. Коэффициент  $k$  зависит не только от формы изолятора, но и от условий его загрязнения, т.е. от скорости ветра и интенсивности мокрых осадков, от адгезионных и других свойств загрязняющих веществ.

Для конкретной местности с определенными метеорологическими условиями, свойствами и интенсивностью загрязнения атмосферы вероятность перекрытия изолятора зависит от  $l_3 = L_{эф}/U_{max}$  (здесь  $U_{max}$  — максимальное рабочее напряжение).

Величина  $l_3$  получила название удельной длины пути утечки и (см/кВ), т.е. длины пути утечки (см) по поверхности изоляции на 1 кВ максимального рабочего напряжения.

В зависимости от характеристики местности и опасности источников загрязнения для работы изоляции установлены семь степеней загрязненности атмосферы (СЗА) и нормированы наименьшие допустимые значения  $l_3$ , при которых обеспечивается минимальное число отключений под действием рабочего напряжения.

Для воздушных линий с номинальным напряжением 3—35 кВ рекомендуются следующие удельные длины пути утечки  $l_3$ , см/кВ, не менее: 1,70; 1,90; 2,25; 2,60; 3,50, 4,00 и 4,7 при степени загрязненности атмосферы I, II, III, IV, V, VI и VII соответственно.

*Степени загрязненности атмосферы*, учитывающие все возможные источники загрязнения: промышленные предприятия, засоленные почвы и засоленные водоемы, подробно изложены в Руководящих указаниях по выбору и эксплуатации изоляции (РУ) в районах с загрязненной атмосферой, в которых приведена характеристика местности по степени загрязненности атмосферы:

I — особо чистые районы, не подверженные естественным и промышленным загрязнениям, в почве содержится незначительное количество растворимых ионообразующих примесей (например, лесные или почвы, имеющие травянистый покров, затрудняющий перенос пылевых частиц в воздухе);

II — сельскохозяйственные районы, для которых характерно применение в широком масштабе химических веществ (удобрений, гербицидов);

III—IV — определяются по степени опасности загрязнения промышленных предприятий, засоленности и характеру покрова солончаковых почв, солености близко расположенных водоемов и расстоянию линий электропередачи от источника загрязнения.

V—VII — определяются по степени опасности от предприятий промышленности, от сильнодействующих загрязнений, смога, химических предприятий и других условий.

В контактной сети переменного тока рабочее напряжение может достигать 29 кВ. Следовательно, длина пути утечки у изоляции контактной сети переменного тока для участков с различной степенью загрязненности атмосферы должна быть не менее  $L_y = U_{\max} l_3$ .

Степень загрязненности атмосферы

	I	II	III	IV	V	VI	VII
$l_3$ , см/кВ	1,7	1,9	2,25	2,6	3,5	4,0	4,7
$L_y$ , см	49,3	55,1	65,2	75,4	101,5	116,0	136,3

Минимальная длина пути утечки для районов с СЗА составляет для изоляторов на контактной сети переменного тока 800 — 1500 мм (для гладкостержневых изоляторов 750—1200, на участках постоянного тока не менее 500 мм, на скоростных участках движения поездов (161—200 км/ч) не менее 600 мм).

На контактной сети и ВЛ эксплуатируются тарельчатые, стержневые и полимерные изоляторы. Условные обозначения тарельчатых изоляторов следующие. Первая буква указывает назначение изолятора: П — подвесной, Ф — фиксаторный; вторая обозначает материал изоляционной детали: Ф — фарфор, С — стекло; третья указывает конфигурацию изоляционной детали: В — с вытнутым ребром; Д — двукрылая, С — сферическая, А — антивандальная; цифра указывает класс изолятора в кН; буква после цифры обозначает модификацию изолятора. Например, ПС70-Е — подвесной, стеклянный, 70 кН, модификация Е (рис. 2.17, а).

Условные обозначения стержневых фарфоровых изоляторов: первая буква указывает назначение: П — подвесной, Н — натяжной, Ф — фиксаторный, К — консольный; вторая обозначает конструктивное исполнение: С — стержневой; третья обозначает материал изоляционной части: Ф — фарфор; первая цифра обозначает класс изолятора в кН; вторая указывает номинальное напряжение в кВ; третья показывает длину пути утечки в м. Например, НСФ70–25/0,95 — натяжной, стержневой, фарфоровый, 70 кН, 25 кВ, 0,95 м, (рис. 2.17, б).

Условные обозначения полимерных стержневых изоляторов: первая буква обозначает назначение изолятора: Н — натяжной, Ф — фиксаторный, К — консольный; вторая указывает конструктивное исполнение: С — стержневой; третья указывает материал и конфигурацию защитной оболочки: К — гладкая из кремнийорганической резины, Кр — ребристая из кремнийорганической резины, Фт — гладкая из фторопласта; первая цифра — класс изоляции в кН; вторая — номинальное напряжение в контактной сети в кВ; третья — длина пути утечки в м. Например, НСКр120-3/0,6 — натяжной, стержневой, ребристый из кремнийорганической резины, 120 кН, 3 кВ, 0,6 м (рис. 2.17, в).

На контактной сети электрифицированных железных дорогах эксплуатируются специальные фиксаторные тарельчатые изоляторы

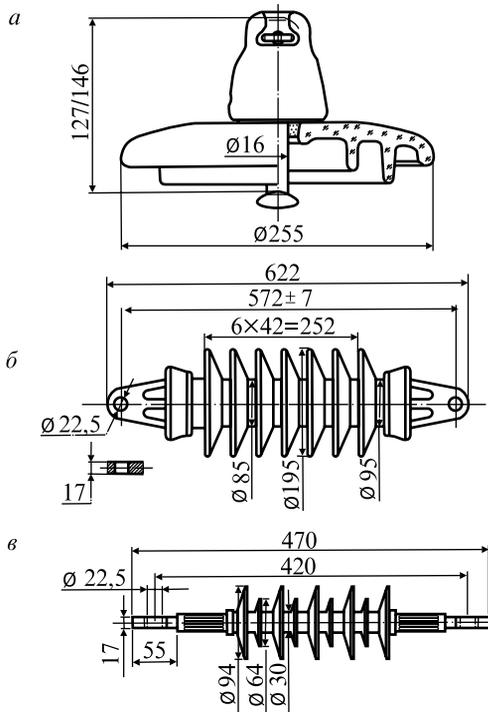


Рис. 2.17. Подвесной стеклянный тарельчатый изолятор ПС70-Е (а);  
натяжные стержневые фарфоровый НСФ70-25/0,95 (б) и полимерный  
НСКр120-3/0,6 (в) изоляторы

типа ФТФ3,3/3 (рис. 2.18, а), ФТФ-40, ФФ40-А (рис. 2.18, б), армированные шапкой, имеющей патрубок с резьбой 1" для соединения с фиксатором контактной сети, и стержнем, оканчивающимся серьгой, а также подвесные изоляторы СФ-70А и ПТФ70, армированные обычной шапкой и стержнем с серьгой для удобного соединения с арматурой контактной сети.

На участках постоянного тока применяют также изоляторы ПФ70-Ж, ПФ70А (рис. 2.18, в), имеющие утолщенную часть стержня (диаметр стержня 24 мм в зоне изолирующей детали).

На участках переменного тока, а в последнее время и на участках постоянного тока, широко применяют стержневые фарфоровые изоляторы (рис. 2.18, г, д), представляющие собой сплошной фарфоровый

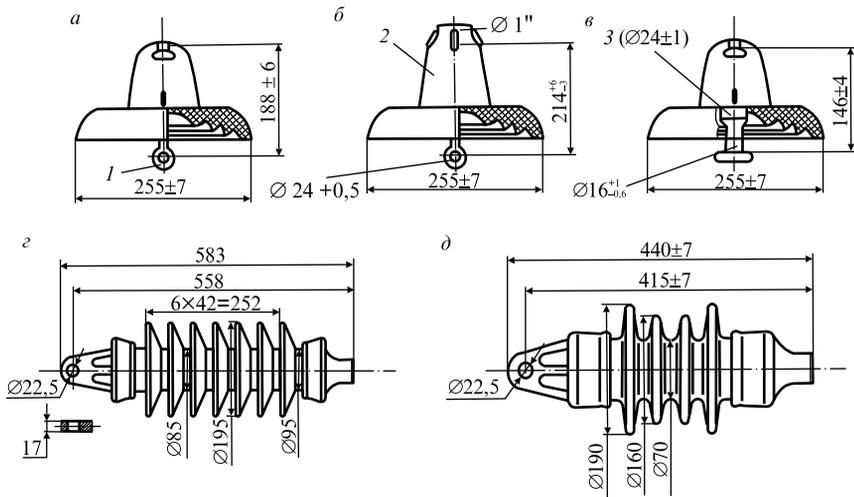


Рис. 2.18. Фиксаторные тарельчатые фарфоровые изоляторы с серьгой ФТФ-3,3/3 (а); ФФ40-А (б); подвесной тарельчатый фарфоровый изолятор ПФ70 (в); фиксаторный стержневой фарфоровый изолятор ФСФ70-25/0,95 (г); фиксаторный стержневой фарфоровый изолятор ФСФ70-3,0/0,5 (д); 1 — стержень-серьга; 2 — колпак; 3 — стержень переменного сечения

цилиндрический стержень с кольцевыми винтообразными ребрами, армированный по концам двумя шапками из ковкого чугуна. Ребра предназначены главным образом для увеличения длины пути утечки.

Стержневые изоляторы имеют ряд преимуществ по сравнению с тарельчатыми. Они электрически непробиваемы, вследствие чего сокращаются расходы на контроль в эксплуатации; изготовление их механизировано; расход металла и фарфора меньше, чем на тарельчатые на то же напряжение. Однако стержневые изоляторы менее надежны в механическом отношении: при перекрытии изолятора и ударах может произойти их разрушение. Механическая разрушающая нагрузка при растяжении этих изоляторов не менее 70—100 кН.

Фиксаторный стержневой изолятор ФСФ70-25/0,95 (ФСФ-27,5/3,5) для соединения с фиксатором в одной из шапок имеет патрубков с резьбой 1". Механическая разрушающая нагрузка изолятора при растяжении не менее 70 кН.

Консольный стержневой изолятор КСФ70-27,5/0,95 (ИКСУ-27,5) (рис. 2.19, а) устанавливают у пяты консоли, в тягу консоли и в подкос изолированной консоли, чем достигается изоляция консоли от опоры. Изолятор работает на изгиб и сжатие и поэтому выполнен более массивным.

Коэффициент запаса механической прочности изоляторов, т.е. отношение разрушающей нагрузки (гарантированной электромеханической) к нормативной, действующей на изоляторы в соответствующем режиме, должен быть не менее: в нормальном режиме

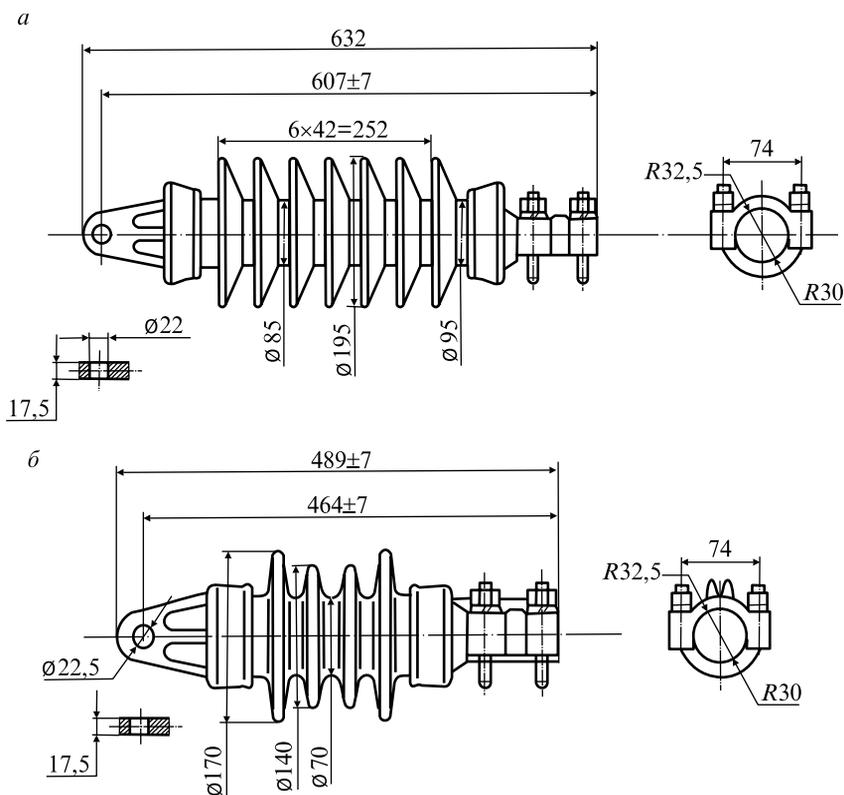


Рис. 2.19. Консольный стержневой фарфоровый изолятор для участков контактной сети переменного тока КСФ70-25/0,95 (а) и постоянного тока КСФ70-3,0/0,45 (б)

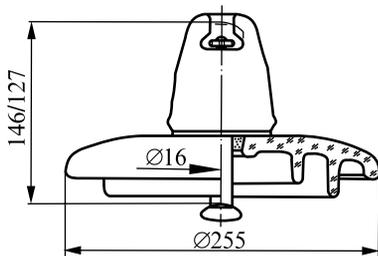


Рис. 2.20. Подвесной стеклянный тарельчатый изолятор ПС120-Б

при средней эксплуатационной нагрузке — 5,0; при наибольшей рабочей нагрузке — 2,7. Следовательно изоляторы ПФ6 в нормальном режиме могут быть нагружены до 12 кН, изоляторы ПТФ70 — до 14, изоляторы ПС120Б до 24, а при наибольшей рабочей нагрузке соответственно 22, 26, 44 кН.

В совмещенных анкеровках контактного провода и несущего троса применяют изоляторы ПС120-Б (рис. 2.20).

Для районов с повышенным уровнем загрязнения выпускают стеклянные тарелочные грязеустойчивые изоляторы ПСД70-Е (рис. 2.21, а) и ПСВ120-Б (рис. 2.21, б). Находятся в эксплуатации фарфоровые изоляторы ПФГ-5А (рис. 2.21, в), ПФГ-6А (рис. 2.21, г). Эти изоляторы отличаются формой изолирующего элемента (тарелки), обеспечивающей увеличение пути тока утечки по поверхности изолятора.

Для секционных разъединителей ВЛ 6, 10 кВ и других элементов и узлов контактной сети используют различные опорные и штыревые изоляторы. В секционных разъединителях постоянного тока изоляторы КО-400, ОНШ-10-2000 устанавливают последовательно по два в колонке, применяют также изоляторы СТ-35, ИОССФ 3,3, ОНВП-35/1000 и др. Секционные разъединители переменного тока выполняют с опорными изоляторами ОНС-35-500. Провода линий электропередачи закрепляют на штыревых изоляторах ШС10-А, ШФ10-А, ШФ20-Г, ШФ10-Г и ШФ20-А. В обозначениях опорных и штыревых изоляторов первые цифры после букв обозначают напряжение линии. Низковольтные провода дистанционного управления, телеуправления, волноводные и осветительные подвешивают на изоляторах ТФ-20. Расстояния от заземленных частей до первого изолирующего элемента или ребра изолятора, находящегося со стороны напряжения, должно быть не менее 150 мм на постоянном токе и 300 мм на переменном токе.

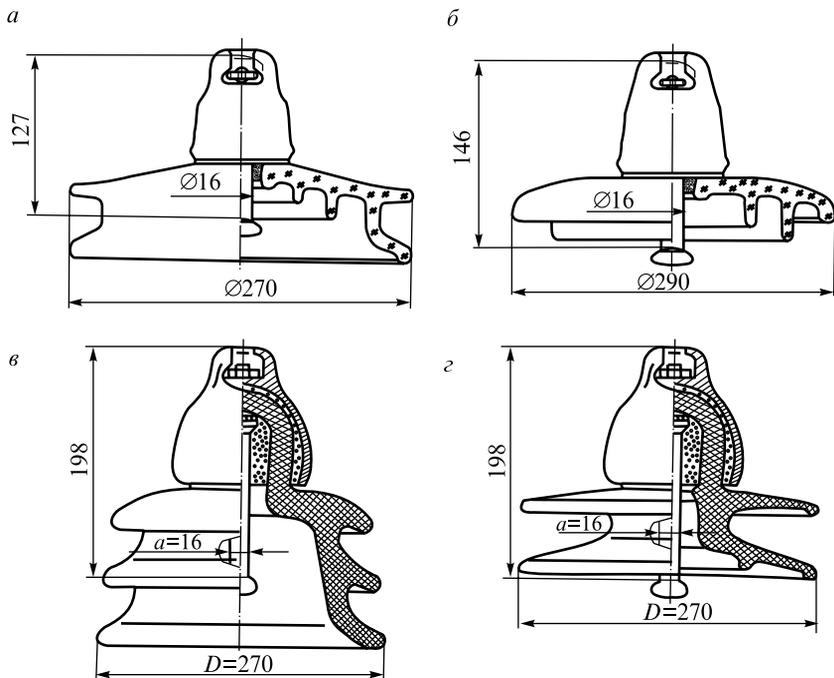


Рис. 2.21. Изоляторы для районов с повышенным уровнем загрязнения: *а* — ПСД70-Е; *б* — ПСВ120-Б; *в* — ПФГ-5А; *г* — ПФГ-6А

К недостаткам тарельчатых изоляторов относится подверженность электрической коррозии их стержней на участках постоянного тока, которая уменьшает их нормативный срок службы (20—50 лет) в 2—4 раза. Электрокоррозия стержней изоляторов происходит под действием токов утечки по их загрязненной и увлажненной поверхности. Интенсивность электрокоррозии находится в прямой зависимости от количества электричества, прошедшего по поверхности электрода-анода (в данном случае — стержня изолятора), и времени его действия.

Для предотвращения электрокоррозии стержней изоляторов рекомендуется более частая очистка поверхности от загрязнений, применение грязестойких изоляторов с большей длиной пути утечки. Эффективным способом защиты является установка на изоляторы

дренажных втулок, состоящих из двух полувтулок (чугунное литье), прикрепляемых к стержню электропроводным полимерным клеем. Ток утечки в этом случае будет стекать на поверхность фарфора не со стержня, а со втулки.

В районах с повышенным уровнем загрязнения дренажные втулки устанавливаются на вновь монтируемых подвесных изоляторах, а также на изоляторах, снятых с контактной сети из-за коррозии, но у которых диаметр шейки корродированного стержня больше наименьшего допустимого (12 мм).

Для продления срока службы изоляторов по коррозии их стержней в районах с повышенным уровнем загрязнения устанавливаются изоляторы со стержнями, имеющими утолщения до 28 мм на выходе из цементной заделки (на длине 20 мм). Кроме того, на изоляторы наносят гидрофобные (ладоотталкивающие) вязкие изолирующие покрытия (смазки, пасты). Жирообразная масса, во-первых, обволакивает частицы загрязнений, изолирует их друг от друга и препятствует образованию плотных пленок, проводящих электрический ток во влажных условиях. Во-вторых, на покрытой смазкой поверхности вода не образует сплошной водяной пленки, а собирается в капли, в результате чего утечка тока ограничена и никаких частичных разрядов не возникает.

Наиболее эффективными гидрофобными покрытиями являются кремнийорганический вазелин КВ-3/10 и паста КПД. Они представляют собой высоковязкую однородную массу от светло-серого до серо-голубого цвета, химически инертны, взрывобезопасны, нетоксичны и могут быть использованы при температурах от  $-60$  до  $+200$  °С. На поверхность изолятора их наносят слоем 0,7—1 мм непосредственно перед сезоном с наиболее неблагоприятными метеорологическими условиями. В большинстве случаев вазелин и паста сохраняют свои защитные свойства не менее одного года. При необходимости удаление остатков покрытия с поверхности изоляторов выполняют без применения каких-либо растворителей обтиркой салфетками.

Покрытие изоляторов гидрофобными пастами (КВ-3, КПД, КПИ и ГПИ-1) и смазочными материалами (турбинное или трансформаторное масло) особенно рекомендуется в зонах цементных и химических загрязнений.

## 2.7. Уровень изоляции контактной сети постоянного и переменного тока

Электрическая изоляция контактной сети подвергается воздействию различного рода напряжений. Во-первых — это длительно действующее рабочее напряжение. При номинальном напряжении 25 кВ при переменном токе и 3,0 кВ при постоянном уровне напряжения на токоприемнике ЭПС должен быть не менее 21 и не более 29 кВ при переменном токе и не менее 2,7 и не более 4 кВ при постоянном.

Во-вторых — это кратковременные внутренние перенапряжения, возникающие при включениях и отключениях различных элементов контактной сети, а также при аварийных режимах (коммутационные перенапряжения). Опасными внутренними перенапряжениями являются перенапряжения при отключении коротких замыканий (к.з.) ненагруженных участков контактной сети и трансформаторов. На участках постоянного тока наиболее опасны также перенапряжения при отключении фидерными выключателями к.з. вблизи тяговой подстанции или поста секционирования. Их максимальное значение составляет 10—11 кВ, а длительность 10—15 мс.

На участках переменного тока перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов могут достигать более чем трехкратного значения максимального рабочего напряжения в контактной сети  $U_{\max}$ , а при отключении контактной сети без нагрузки напряжение не превышает  $2,5 U_{\max}$ . Перенапряжения (1,5—2)  $U_{\max}$  имеют длительность 0,4—0,6 с, а более  $2U_{\max}$  — 50—70 мс.

В третьих — это грозовые (атмосферные) перенапряжения, которые повреждают изоляцию при прямых ударах молнии в опору или контактную подвеску. Время их воздействия мало (10—100 мкс), однако их значения при отсутствии специальных мер защиты могут достигать миллионов вольт. Таких высоких напряжений не может выдерживать изоляция на любое номинальное напряжение. Поэтому атмосферные перенапряжения ограничивают до приемлемых значений с помощью специальных устройств (разрядников, ограничителей перенапряжений).

*Уровень изоляции* выбирают исходя из расчетных кратностей внутренних перенапряжений. Основной характеристикой изоляции

является выдерживаемое напряжение под дождем  $U_{\text{мр}}$  (мокроразрядное), значение которого для контактной сети переменного и постоянного тока

$$U_{\text{мр}} = \frac{k_{\text{вн}} U_{\text{max}}}{0,9\beta},$$

где  $k_{\text{вн}}$  — расчетная кратность внутренних перенапряжений;

$U_{\text{max}}$  — максимальное рабочее напряжение в контактной сети, кВ.

Коэффициент 0,9 в формуле учитывает разницу между напряжением в эксплуатации и разрядным напряжением, полученным при испытаниях, а поправочный коэффициент  $\beta$  — условия эксплуатации изолятора; его принимают 0,94.

В контактной сети переменного тока расчетная кратность внутренних перенапряжений может быть принята 3. Тогда выдерживаемое напряжение изоляции под дождем должно быть не менее

$$U_{\text{мр}} = \frac{3 \cdot 29}{0,9 \cdot 0,94} \approx 100 \text{ кВ.}$$

Уровень изоляции в анкеровках проводов контактной сети должен быть на 25—30 % выше уровня изоляции для других узлов и составлять 125—130 кВ.

Расчетная кратность внутренних перенапряжений в контактной сети постоянного тока также не превышает трех и выдерживаемое напряжение изоляции под дождем должно быть не менее

$$U'_{\text{мр}} = \frac{3 \cdot 4}{0,9 \cdot 0,94} \approx 15 \text{ кВ.}$$

Пробивное напряжение роговых разрядников на участках постоянного тока принимают 32—34 кВ, т.е. на 15—20 % ниже разрядного напряжения защищаемой изоляции. С учетом этого изоляция контактной сети постоянного тока должна выдерживать напряжение под дождем не менее  $34 \cdot 1,2 \approx 40$  кВ, а анкерная изоляция, как и при переменном токе, на 25—30 % выше, т.е. не менее 50 кВ.

Выдерживаемые напряжения гирлянд тарельчатых изоляторов под дождем ( $U_{\text{мг}}$ ) прямо пропорциональны числу изоляторов  $n$  в гирлянде:

$$U_{\text{мг}} = E_{\text{м}} n H,$$

где  $E_{\text{м}}$  — среднее значение мокроразрядного градиента\*, кВ/мм (для фарфоровых тарельчатых изоляторов  $E_{\text{м}} = 0,21$ , для стеклянных  $E_{\text{м}} = 0,26$ );

$H$  — конструктивная высота одного изолятора, мм.

---

\* Градиент — мера возрастания или убывания в пространстве какой-то физической величины при перемещении на единицу длины.

Для гирлянды, состоящей из одного изолятора ПФ6-В ( $H = 140$  мм) и одного изолятора ПТФ70 ( $H = 183$  мм), выдерживаемое напряжение под дождем составит  $0,21 (140 + 183) \approx 68$  кВ. Таким образом, уровень изоляции на участках постоянного тока по выдерживаемому испытательному напряжению под дождем примерно равен 70 кВ.

Для гирлянды, состоящей из двух изоляторов ПФ6-В и одного ПТФ70, мокроразрядное напряжение

$$U_{\text{мг}} = 0,21 (2 \cdot 140 + 1 \cdot 183) = 97 \text{ кВ.}$$

Такая подвесная гирлянда обеспечивает необходимый уровень изоляции по выдерживаемому напряжению под дождем (100 кВ) на участках переменного тока.

Подвесная гирлянда тарельчатых изоляторов в случае их загрязнения и увлажнения обеспечит необходимую изоляцию, если суммарная длина пути утечки всех изоляторов  $L_{\text{ут}}$  не менее 754 мм в местах с небольшим загрязнением и 1160 в местах повышенного загрязнения атмосферы.

Суммарная длина пути утечки у подвесной гирлянды из двух изоляторов ПФ6-А и изоляторов ПТФ50

$$L_{\text{ут}} = 2 \cdot 285 + 1 \cdot 324 = 894 \text{ мм.}$$

Следовательно, такая гирлянда обеспечит необходимую изоляцию в местах небольшого загрязнения, так как в местах повышенного загрязнения суммарная длина пути утечки должна быть не менее 1160 мм. Поэтому в местах с повышенным загрязнением устанавливают грязестойкие изоляторы, например ПФГ-5А или ПФГ-6А, или увеличивают количество в гирлянде других изоляторов. Так, подвесная гирлянда из трех изоляторов ПФГ-5А имеет  $L_{\text{ут}} = 3 \cdot 450 = 1350$  мм, из трех изоляторов ПФ6-В и изолятора ПТФ-50  $L_{\text{ут}} = 3 \cdot 355 + 324 = 1389$  мм; из трех изоляторов ПСД70-Е  $L_{\text{ут}} = 3 \cdot 411 = 1233$  мм.

Принятый уровень изоляции должен в соответствии с воздействующими на изоляцию напряжениями, защитными мерами и целесообразными запасами обеспечивать необходимую надежность. Такое согласование называется координацией изоляции.

## 2.8. Изоляторы и изолирующие вставки из полимерных материалов

Полимерные изоляторы представляют собой изолирующие элементы, которые могут быть установлены в различных узлах и устройствах контактной сети. Широкое применение получили полимерные стержневые изоляторы. Разработаны полимерные подвесные изоляторы, а также консольные, фиксаторные и опорные изоляторы. Полимерные изолирующие вставки, в отличие от полимерных изоляторов, являются частью какого-либо устройства или узла, например секционного изолятора, где устанавливают различные полимерные изолирующие вставки, в том числе по которым допускается скольжение полоза токоприемника. Полимерные изоляторы и изолирующие вставки имеют высокую механическую прочность и дугостойкость, небольшие массу и поперечные размеры, не повреждаются от ударов.

При работе на открытом воздухе загрязненная и увлажненная поверхность полимерной изоляции может разрушаться токами утечки с образованием токопроводящих дорожек — треков, способствующих перекрытию изоляции. Этот вид разрушения носит название *трекинга*. Стойкость материала изолятора или изолирующей вставки к процессам трекинга получила название *трекингостойкости*. Степень трекингостойкости позволяет оценить возможность и эффективность использования полимеров в атмосферных условиях, а также в местах повышенного загрязнения.

Трекингостойкость полимерных изоляторов и изолирующих вставок зависит от состава и структуры материала, из которого они изготовлены, удельной длины пути утечки, состава загрязняющего вещества, формы изоляторов.

Опыт эксплуатации полимерных изоляторов и изолирующих вставок в устройствах контактной сети показывает, что при напряжении 3 кВ длина изоляторов и их форма определяются выдерживаемым напряжением под дождем, а при напряжении 25 кВ — трекингостойкостью.

Одной из особенностей полимерных материалов является то, что их механическая прочность в процессе эксплуатации снижается. Анализ результатов испытаний стеклопластиковых стержней на

растяжение показывает, что разрушение стержней происходит тогда, когда их деформация достигает некоего предела. При этом деформация, обусловленная ползучестью материала (способностью материала деформироваться под нагрузкой во времени), зависит от значения механического напряжения: чем выше это напряжение, тем больше ползучесть стеклопластика, разрушение его при этом происходит быстрее. Расчеты показывают, что предел длительной прочности стеклопластика составляет примерно 50 % предела его кратковременной прочности. Поэтому значение опасного разрушения для однонаправленных стеклопластиков  $\sigma_{оп} = 0,5\sigma_B$  (где  $\sigma_B$  — предел кратковременной прочности материала стеклопластиковых стержней, МПа).

При правильно выбранной площади сечения стеклопластикового стержня прочность полимерного изолятора или вставки будет зависеть от качества закрепления металлических оконцевателей на стержне. Поэтому прочность закрепления оконцевателей у полимерных стержневых изоляторов и вставок, монтируемых в провода контактной сети, должна быть не менее прочности этих проводов.

*Электрическая прочность* полимерных изоляторов и изолирующих вставок зависит от длины их изолирующей части (удельной длины пути утечки) и трекинговостойкости (эрозионной стойкости) материала, из которого они изготовлены.

Выдерживаемое испытательное напряжение под дождем полимерной изоляции контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ должно быть так же, как и другой изоляции, не менее 100 кВ, анкерной изоляции — 125—130 кВ, а контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ — не менее соответственно 40 и 50 кВ.

Как показывают исследования, выдерживаемое напряжение под дождем полимерных изоляторов и вставок зависит от их геометрических размеров, конфигурации и трекинговостойкости материала, из которого они или их защитные чехлы (покрытия) изготовлены. Напряжение изоляторов и вставок из трекинговостойких материалов при их испытаниях под дождем после нескольких перекрытий дугой почти не изменяется. У изоляторов и вставок из нетрекинговостойких материалов такое напряжение после каждого перекрытия снижается; например, мокроразрядное напряжение прессованной

брусковой изолирующей вставки из материала АГ-4С после 10 перекрытий может снизиться на 20 %. Поэтому выдерживаемым напряжением под дождем для полимерных изоляторов и вставок из нетрекинговстойких материалов является значение разрядного напряжения после 10 испытаний.

Выдерживаемое напряжение под дождем  $U_{\text{мр}}$  полимерных изоляторов и вставок линейно зависит от длины изолирующей части  $l_{\text{и}}$ :  $U_{\text{мр}} = \kappa_{\text{мр}} l_{\text{и}}$ , где  $\kappa_{\text{мр}}$  — коэффициент разрядного напряжения для соответствующего материала, кВ/см.

По данным испытаний, при выборе длины изолирующей части полимерных изоляторов и вставок по выдерживаемому напряжению под дождем можно принимать следующие значения  $\kappa_{\text{мр}}$  для различных полимерных материалов:

фторопласт и циклоалифатическая эпоксидная смола (толщина слоя покрытия не менее 1,0 мм) — 1,75 кВ/см;

прессованный стеклопластик АГ-4С, покрытый кремнийорганическим вазелином, — 0,85 кВ/см.

Опыт эксплуатации различных полимерных изоляторов и изолирующих вставок показал, что длина изолирующей части у полимерных изоляторов и вставок на напряжение 3 кВ должно быть не менее:

у прессованных брусковых вставок из материала АГ-4С —  $70/0,85 = 82,3$  см ( $\approx 80$  см);

у стержневых изоляторов и вставок с фторопластовыми защитными трубками или покрытых циклоалифатической эпоксидной смолой —  $70/1,75 = 40$  см.

В отличие от полимерной изоляции на 3 кВ, у которой основным показателем является выдерживаемое напряжение под дождем, полимерная изоляция на 25 кВ характеризуется в основном трекинговстойкостью, а также удельной длиной пути утечки, причем чем больше удельная длина пути утечки, тем ниже может быть трекинговстойкость полимерного материала изолятора или вставки.

Исследования и имеющийся длительный опыт эксплуатации показывают, что при номинальном напряжении в контактной сети 25 кВ необходимая электрическая прочность у полимерных изоляторов и вставок будет обеспечиваться, если трекинговстойкость полимерного материала будет не ниже, чем у фторопласта (его трекинговстойкость можно принять за эталон), а удельная длина пути утечки у полимерного изолятора или вставки будет не менее 2,6 см/кВ

для мест небольшого загрязнения атмосферы и 3,5—4,0 см/кВ для мест повышенного загрязнения атмосферы (промышленные районы, химические заводы, морское побережье, солончаки и т.п.).

Таким образом, изолирующая часть у полимерных изоляторов и изолирующих вставок на номинальное напряжение 25 кВ (максимальное рабочее 29 кВ) при фторопластовых защитных чехлах или чехлах из других полимерных материалов (но с трекинговой стойкостью близкой фторопласту) должна быть не менее:

для мест небольшого загрязнения атмосферы  $29 \cdot 2,6 = 75,4$  см;

для мест с повышенным загрязнением атмосферы  $29 \cdot 3,5 = 101,5$  см ( $\approx 100$  см);

наибольшее значение  $29 \cdot 4,0 = 116$  см.

Изолирующая часть у изоляторов с фторопластовым защитным чехлом по мокроразрядному напряжению должна быть не менее  $120/1,75 = 74,3$  см.

Полимерные гладкостержневые изоляторы с фторопластовой защитой трубой приведены на рис. 2.22, а, а полимерные изо-

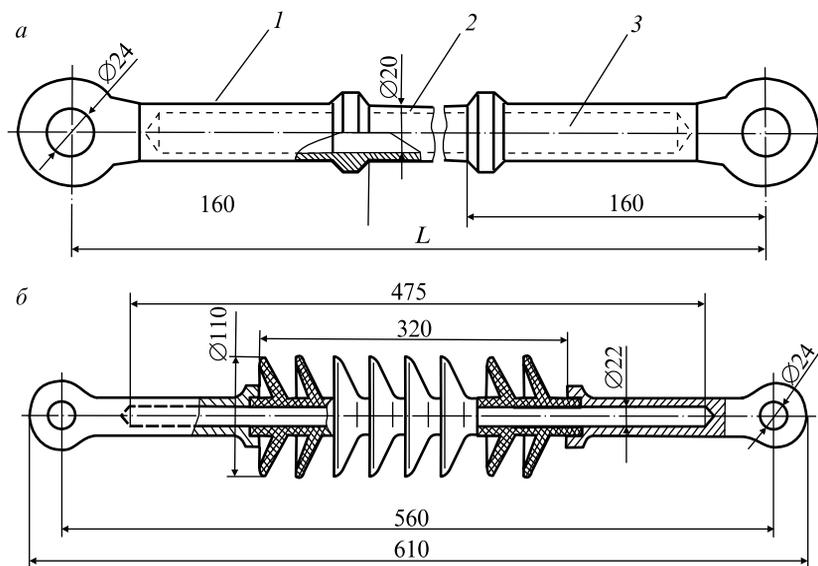


Рис. 2.22. Полимерные натяжные изоляторы: а — НСФТ120/1,2 с фторопластовой защитной трубой; б — НСКр120/0,95 с ребристым защитным чехлом из кремнийорганической резины; 1 — оконцеватель; 2 — защитная трубка; 3 — полимерный стержень

ляторы с ребристым защитным чехлом, в том числе из кремнийорганической резины, на рис. 2.22, б. В контактной сети на напряжение 25 и 3 кВ устанавливают комбинированные полимерные стержневые изоляторы, состоящие из несущих стеклопластиковых стержней и защитных трекингоустойчивых чехлов. Защитный чехол изолятора может быть выполнен из гладкой трубки или в виде прессованных полимерных втулок с ребрами (для уменьшения длины изолятора).

В качестве несущих элементов полимерных изоляторов используют стеклопластиковые стержни диаметром 20—60 мм в зависимости от нагрузок, воспринимаемых изолятором, и его назначения (подвесной, натяжной, фиксаторный, консольный, опорный). Для соединения с арматурой контактной сети на стержни устанавливают металлические оконцеватели.

Конструктивное выполнение и основные размеры полимерных подвесных, натяжных, фиксаторных, консольных и опорных изоляторов показаны на рис. 2.23.

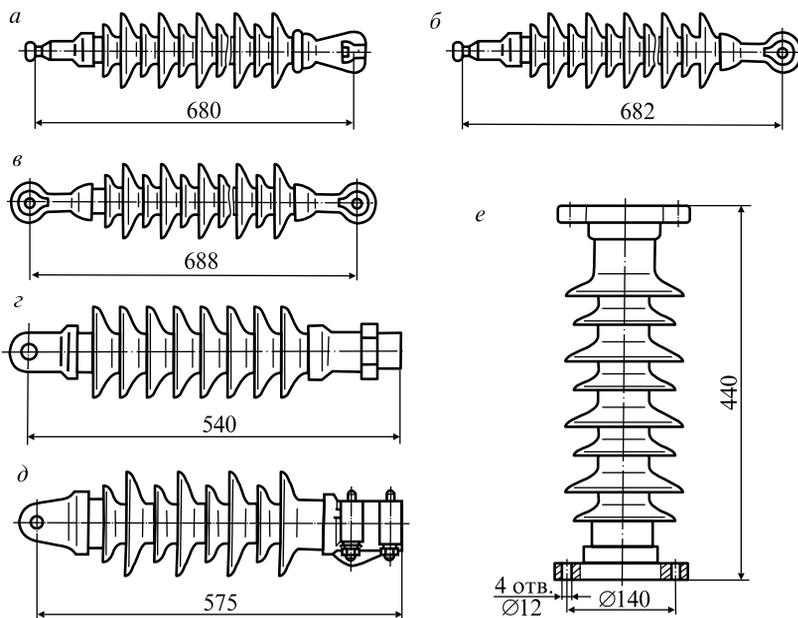


Рис. 2.23. Полимерные изоляторы с ребристым защитным чехлом из кремнийорганической резины: а, б — подвесные ПСКр120/1,5; в — натяжной НСКр 120/1,5; г — фиксаторный ФСКр70/0,9; д — консольный КСКр70/0,9; е — опорный ОСКр70/0,9

Изолирующие вставки из полимерных материалов в зависимости от назначения могут быть прессованными брусковыми (рис. 2.24, а, б, в, г), стержневыми и вставками-скользунами. Секционные изоляторы на на-

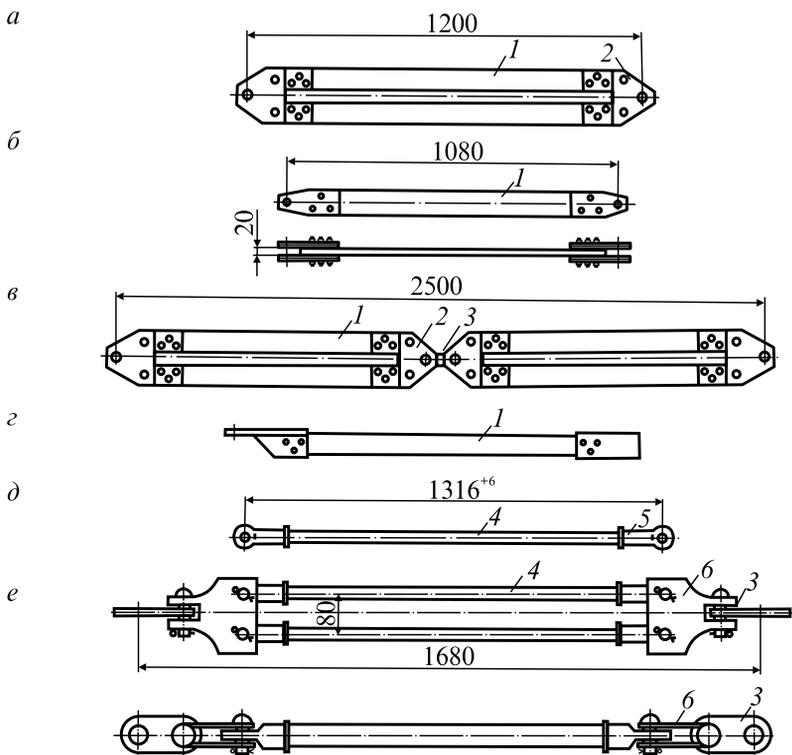


Рис. 2.24. Полимерные вставки и изоляторы: а — изолирующая вставка для несущего троса и контактного провода; б — изолирующий элемент вставки; в — изолирующая вставка в сборе для узла анкеровки несущего троса и контактного провода; г — изолирующий элемент фиксатора; д — стержневой изолятор типа ИСП-25 для фиксирующих тросов; е — тоже для несущего троса и для совместного узла анкеровки контактного провода и несущего троса; 1 — изолирующий элемент из прессматериала АГ-4С; 2 — соединительная скоба; 3 — планка соединительная; 4 — стеклопластиковый стержень, покрытый фторопластовой защитной трубой; 5 — оконцеватель; 6 — скоба анкерочная

пряжение 3 кВ ранее комплектовали прессованными брусковыми изолирующими вставками прямоугольного поперечного сечения (толщина 20 мм, высота 60 мм) из стеклопластика АГ-4С. Мокроразрядное напряжение вставок с изолирующей частью длиной 800 мм составляет 40 кВ, а при покрытии их кремнийорганическим вазелином КВ-3 или пастой КПД — 70 кВ. Однако вставки из стеклопластика АГ-4С имеют низкую трекинговость.

Наиболее рациональные изолирующие вставки для секционных изоляторов на напряжение 3 и 25 кВ приведены на рис. 2.25. В качестве несущих стержней вставок в этих изоляторах используют стеклопластиковые стержни диаметром 14—22 мм. Для соединения с другими элементами секционного изолятора на стержни устанавливают оконцеватели.

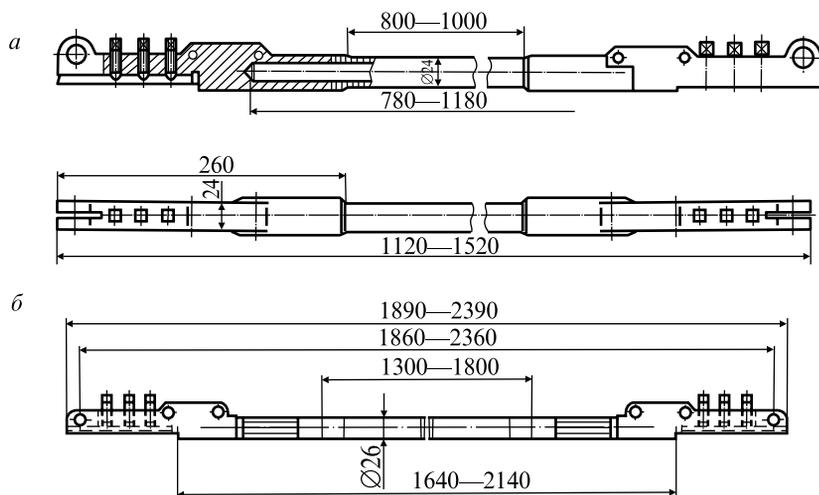


Рис. 2.25. Полимерная изолирующая вставка с фторопластовой защитной трубкой (а); изолирующий элемент ССФт-50-25/(1,3-1,8) для секционных изоляторов контактной сети (б)

В секционных изоляторах на напряжение 3 кВ, эксплуатируемых в условиях чистой и загрязненной атмосферы, могут быть применены стеклопластиковые вставки с фторопластовой защитной трубкой или покрытые слоем циклоалифатической смолы; длина изолирующей части вставок не менее 600 мм. В секционных изолято-

рах на напряжение 25 кВ длину изолирующей части вставок принимают не менее 1000 мм, а в местах с повышенным загрязнением атмосферы — 1200 мм. Изолирующие скользуны в отличие от стержневых изолирующих вставок позволяют полозам токоприемников проходить (скользить) по защитному чехлу вставки; их длина не менее 1300 мм. Поэтому материал защитных чехлов изолирующих скользунов должен быть не только трекингостойким и дугостойким, но и ударопрочным и износостойким.

Защитные чехлы изолирующих скользунов должны быть сплошными, изготовленными из износостойкого и трекингостойкого полимерного материала. Ранее применялись защитные чехлы из втулок (ЦНИИ-12), однако из-за их загрязнения резко снижалась надежность в работе. Такие изолирующие вставки в плановом порядке заменяют.

## 2.9. Контрольные вопросы

1. Какие марки контактных и многопроволочных проводов применяют на электрифицированных железных дорогах переменного и постоянного тока?
2. Какие технические характеристики имеют контактные провода?
3. В зависимости от каких параметров выбирают марки контактных проводов для конкретных условий эксплуатации?
4. Какие существуют способы стыкования контактных и многопроволочных проводов?
5. Каким требованиям должны отвечать соединения проводов контактной сети?
6. Какие электрические и механические характеристики имеют изоляторы контактной сети?
7. Из каких материалов изготавливают изоляторы контактной сети?
8. Какие особенности имеют полимерные, фарфоровые и стеклянные изоляторы?
9. Какие типы изоляторов применяют при электрификации, реконструкции и обновлении контактной сети и их основные технические характеристики?
10. Что такое «длина пути тока утечки» изолятора?
11. Какие зоны СЗА имеются на железных дорогах?

---

---

## Глава 3. Арматура и узлы контактной сети

### 3.1. Основные требования к арматуре контактной сети

*Общие требования.* Арматурой контактной сети называют комплекс изделий, которыми крепят конструкции на опорных устройствах, комплектуют гирлянды изоляторов, фиксируют провода и тросы на заданном расстоянии один от другого и относительно оси пути, соединяют провода и тросы между собой и т.п.

Арматура работает на открытом воздухе в условиях интенсивной коррозии, особенно в местах повышенной загрязненности воздуха от промышленных предприятий, химических удобрений, морских солей, а также от тепловозов. Кроме того, она подвергается постоянным вибрациям при проходе ЭПС, воздействию ветровых и гололедных нагрузок и изменений температуры.

Поэтому арматура должна отвечать повышенным требованиям по надежности: иметь достаточную механическую прочность с учетом возможных перегрузок и усталостных явлений в металле при долговременной работе под переменной нагрузкой, хорошую сопрягаемость, обеспечивающую свободное скольжение в шарнирах, достаточную прочность в узлах жесткого крепления, высокую коррозионную стойкость.

Для обеспечения указанных требований применяют арматуру, изготавливаемую только на специальных предприятиях и соответствующую требованиям утвержденных рабочих чертежей и стандартов.

Для изготовления арматуры контактной сети в зависимости от места крепления используют различные материалы: ковкий и серый чугун, сталь Ст3, цветное литье — латунное, бронзовое, алюминиевое, а также из сплавов и меди.

Выпускаемую на предприятии арматуру подвергают приемосдаточным, периодическим и типовым испытаниям. Детали осматривают,

проверяют размеры, комплектность, качество и прочность покрытий, состояние резьбы и шарнирности. Кроме того, подвергают механическим испытаниям зажимы, предназначенные для соединения и анкеровки проводов.

При периодических испытаниях определяют массу, механическую прочность арматуры и проводят электрические испытания. Периодические испытания проводят после каждой замены литейной модели, но не реже одного раза в год и при возобновлении производства арматуры. Типовым испытаниям подвергается арматура нового типа, а также при изменении конструкции, технологии и изготовления или при замене материалов.

Механические испытания основных деталей проводов проводят в соответствии со схемами приложения нагрузок, соответствующих рабочим нагрузкам и приведенных в приложении 4. Все отобранные образцы испытывают 2-кратной нагрузкой по отношению к допускаемой (для стыковых зажимов контактного провода — 1,5-кратной) и выдерживают в течение 5 мин. При этих нагрузках не должно быть выкрашивания металла при затяжке болтов, остаточных деформаций в материале детали, трещин и нарушений целостности антикоррозионных покрытий, проскальзывания или срыва проводов.

При испытаниях, проводимых до разрушения арматуры, обращают внимание на то, чтобы оно происходило при нагрузках не менее 3-кратной допускаемой (для стыковых зажимов контактного провода — 2,5-кратной) и чтобы остаточная деформация не наступила раньше достижения разрушающей нагрузки. Кроме испытаний на механическую прочность для некоторых деталей определяют нагрузку, при которой закрепленный в них провод начинает проскальзывать.

*Арматура из ковкого или серого чугуна.* Для крепления изоляторов и проводов контактной сети в узлах, не предназначенных для пропуска тока, широкое распространение получили детали из чугуна (рис. 3.1, а, б, в). В зависимости от назначения они имеют различную конфигурацию и рассчитаны на определенную нагрузку.

При изготовлении этих деталей качество отливок проверяют на изгиб, сжатие, растяжение и твердость. При проверке поверхности отливок обращают внимание, чтобы не было трещин, заусенцев, наплывов, пригара, окалины, отколотых частей и других дефектов.

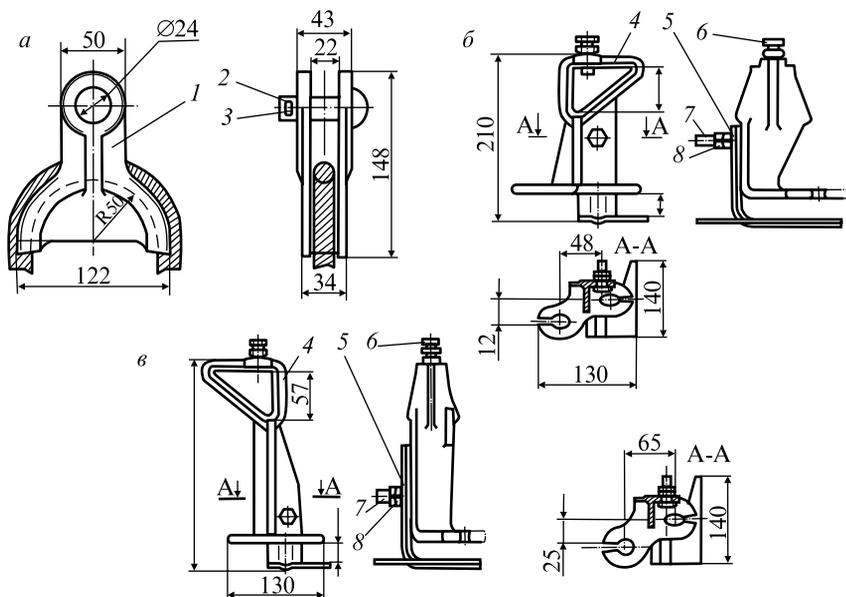


Рис. 3.1. Арматура из чугуна: *а* — коуш вилочный под серьгу 006; *б* и *в* — стойки сочлененного прямого и обратного фиксаторов; *1* — коуш вилочный; *2* — валик; *3* — шплинт; *4* — стойка фиксатора; *5* — отбойник; *6, 7* — болт М12; *8* — гайка М12

Арматуру из чугуна оцинковывают или защищают другим влагоустойчивым покрытием, предотвращающим атмосферную коррозию.

**Арматура из цветного литья.** Для крепления и стыковки контактных проводов и тросов во всех узлах, предназначенных для пропуска тока, применяют детали из цветного литья: латунного, бронзового и медного — для медных, сталемедных, бронзовых проводов и тросов; алюминиевого — для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов (рис. 3.2, *а, б, в*).

При изготовлении деталей из цветных металлов методом литья или штамповки обращают внимание на соответствие химического состава материала требованиям стандартов. Поверхность деталей должна быть гладкой с плавными переходами и не иметь трещин, заусенцев, намывов, пригара и окалины, отколотых частей, раковин и других дефектов, снижающих качество изделий. На деталях,

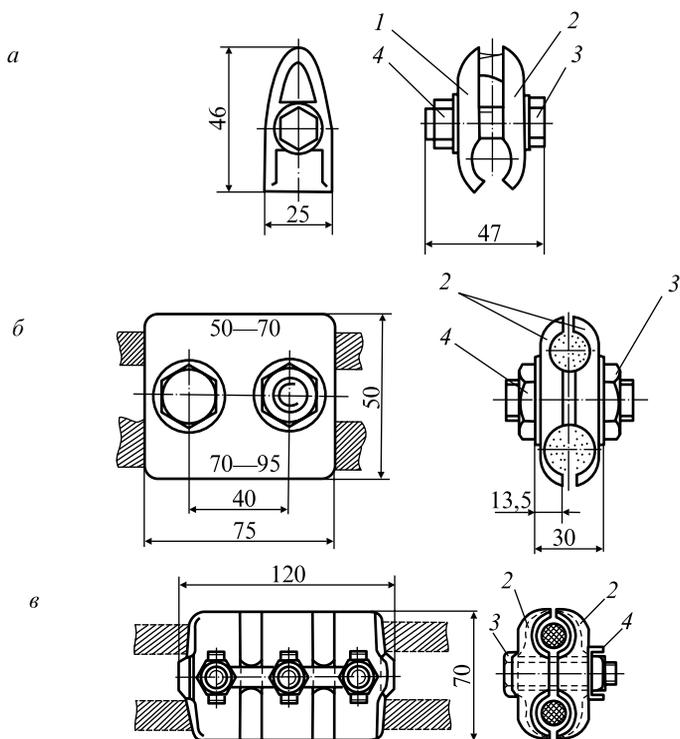


Рис. 3.2. Арматура из цветного литья: *а* — зажим струновой 046; *б* — зажим соединительный 054; *в* — зажим соединительный для алюминиевых проводов; 1 — щека с резьбой; 2 — щека без резьбы; 3 — болт М12; 4 — гайка М12

используемых для крепления различных проводов, указывают площадь их сечения.

**Арматура из стали.** Все детали контактной сети, имеющие резьбу, а также натяжные штанги, соединительные планки, серги и пестики изготовляют из стали СтЗсп5 (спокойной), остальные — из стали СтЗпс5 (полуспокойной) (рис. 3.3, *а*, *б*, *в*). Необходимость применения спокойной стали для арматуры, имеющей резьбу и значительные механические нагрузки, обусловлена требованием обеспечения надежности работы при низких температурах. Сталь СтЗкп2 (кипящую), имеющую при низких температурах повышенную хрупкость, применяют только для изготовления штанг для гру-

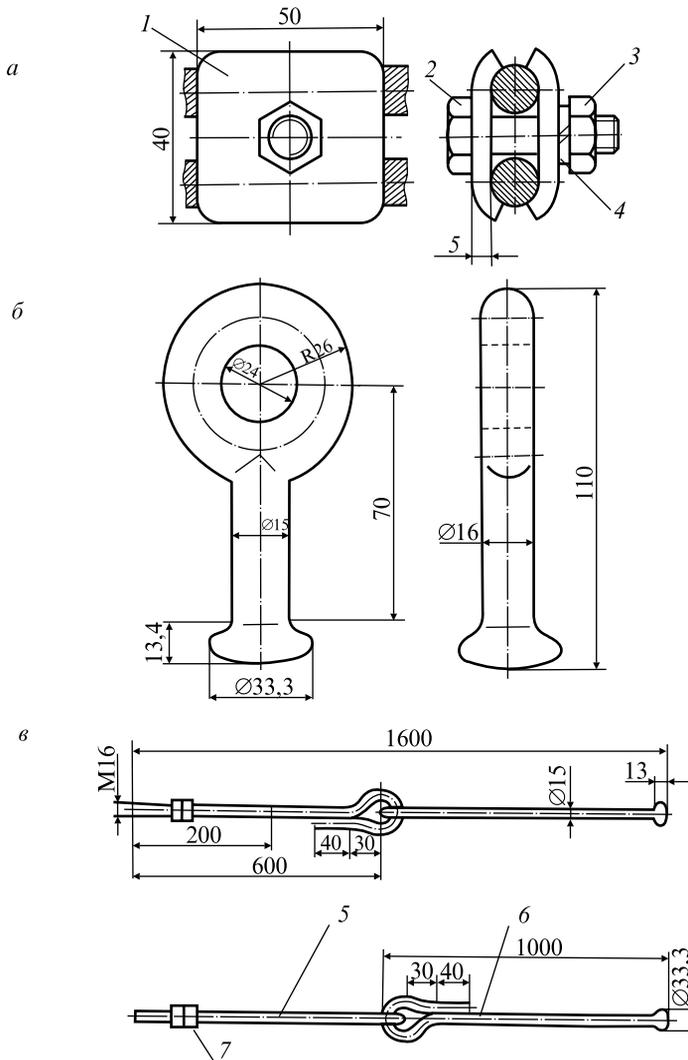


Рис. 3.3. Арматура из стали: *а* — зажим плащечный заземляющего провода 066; *б* — серьга Ср-4, 5 075; *в* — штанга сочлененная пестик-нарезка ( $L=1600$ ) 181; *1* — плашка; *2* — болт М10; *3* — гайка М10; *4* — шайба пружинная; *5* — штанга несочлененная нарезка-ушко ( $L=600$ )168; *6* — штанга несочлененная пестик-ушко ( $L=1000$ )172; *7* — гайка М16

зов, зажимов заземления и других деталей, которые не несут значительных рабочих нагрузок.

При приемке стальных деталей обращают внимание, чтобы не было трещин, заусенцев, отколотых частей и пережогов металла; переход от одного сечения к другому должен быть плавным, без подрезов.

Все сварные швы и прилегающие к ним поверхности должны быть очищены от шлака, окалин, наплывов и брызг металла. Сварное соединение должно иметь прочность не менее прочности основного металла; наплавленный металл должен быть плотным, не иметь трещин, пор и незаваренных кратеров. Для защиты от коррозии детали из стали также покрывают антикоррозионным покрытием, как правило, цинковым толщиной 70—150 мкм (горячим цинкованием) или термомодифузионным цинковым покрытием. Допускается защита лакокрасочными материалами.

Детали контактной сети являются типовыми и имеют определенные номера по Каталогу арматуры контактной сети электрифицированных железных дорог. Например, одинарные седла, предназначенные для укладки несущего троса, обозначают 008 или 009 в зависимости от конструкции узла соединения с изолятором: с серьгой или с пестиком. Первые три цифры обозначают номер детали по каталогу, последние цифры — модификацию.

На каждом изделии арматуры должны быть товарный знак предприятия-изготовителя, год изготовления, а на плашках, соединяющих многожильные провода — площадь сечения проводов таким образом, чтобы была обеспечена ясность знаков в течение всего периода эксплуатации. На сварных, штампованных и кованных изделиях маркировку не наносят.

### **3.2. Детали и струны для крепления проводов контактной сети**

Цепную подвеску контактной сети и отдельные провода крепят различными деталями, тип которых выбирают в зависимости от конструкции опорного устройства. На консолях крепление осуществляют с помощью бугелей различных конструкций: на изогнутых консолях применяют бугель, выполненный из прутка (рис. 3.4, а), на

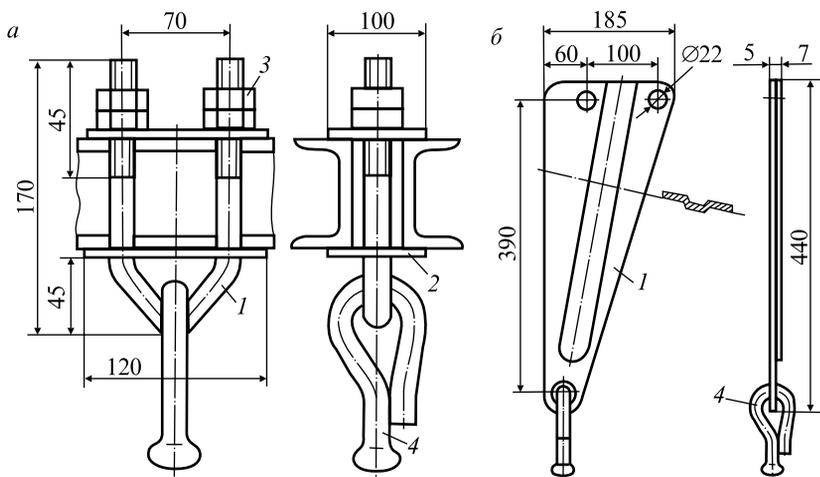


Рис. 3.4. Бугель: *a* — из прутка  $d = 16$  мм; *б* — пластинчатый; 1 — бугель; 2 — планка; 3 — гайка; 4 — серьга сварная

наклонных — пластинчатый (рис. 3.4, *б*). Для жестких поперечин используют треугольный подвес (рис. 3.5, *а*). На станциях, кроме того, провода подвешивают на траверсах. На гибкой поперечине используют комплект деталей для крепления проводов к поперечному несущему тросу с закреплением их к верхнему фиксирующему тросу (рис. 3.5, *б*).

Несущий трос укладывают в седлах (рис. 3.6) и фиксируют двусторонними плашками, у которых одна сторона рассчитана на крепление проводов меньших сечений, а другая — больших. На пере-

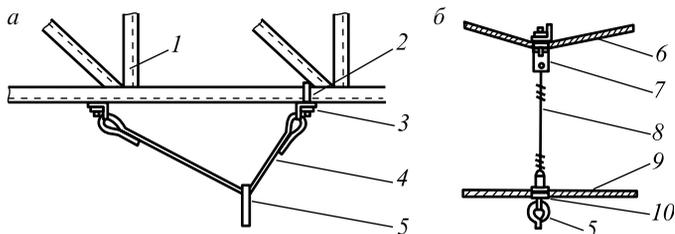


Рис. 3.5. Подвеска на жесткой (*а*) и гибкой (*б*) поперечинах: 1 — жесткая поперечина; 2 — крюковой болт; 3 — опорный уголок; 4 — треугольный подвес; 5 — серьга; 6, 9 — поперечный несущий и верхний фиксирующий тросы; 7 — зажим для поперечных несущих тросов; 8 — струна; 10 — хомутовый зажим

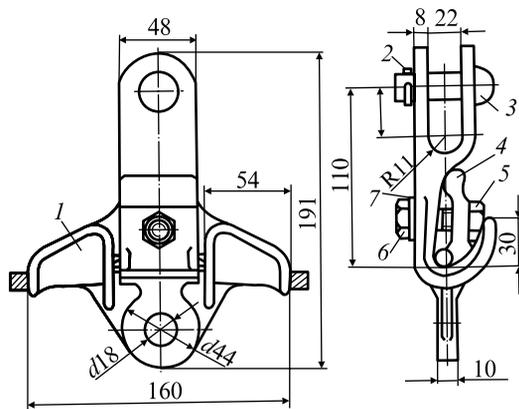


Рис. 3.6. Одинарное седло: 1 — седло; 2 — шплинт; 3 — валик  $d = 16$  мм; 4 — планка с резьбой; 5 — гайка М12; 6 — болт М12×45; 7 — шайба

ходных опорах полукомпенсированных цепных подвесок, на которых к одному изолятору подвешивают два несущих троса, устанавливают двойные седла.

В компенсированной цепной подвеске на жестких и гибких поперечинах, на неповоротных консолях необходимо обеспечить продольное перемещение троса при изменениях температуры, поэтому его подвешивают на специальном ролике 5 (рис. 3.7).

Усиливающие, питающие, отсасывающие и некоторые другие провода подвешивают с помощью тех же седел, которые применяют

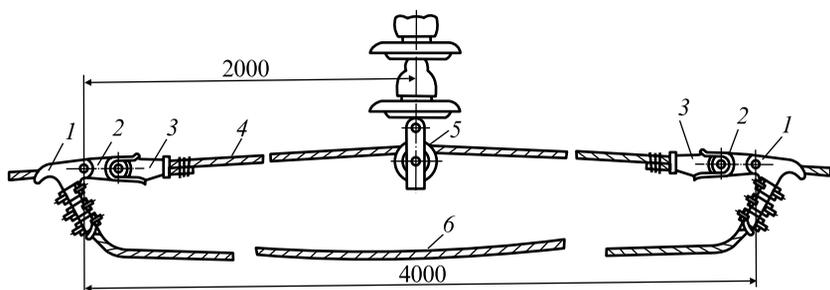


Рис. 3.7. Крепление компенсированного несущего троса на ролике: 1 — натяжной зажим; 2 — соединительная планка; 3 — клиновой зажим; 4 — дополнительный трос; 5 — ролик; 6 — основной несущий трос

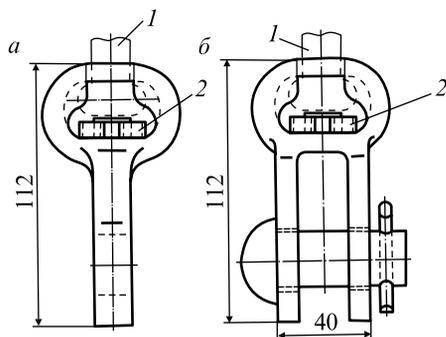


Рис. 3.8. Ушко: *a* — однолапчатое; *б* — двухлапчатое;  
 1 — пестик; 2 — замок

для подвески несущих тросов. Широко распространена подвеска нескольких проводов на общей гирлянде изоляторов. В этом случае провода располагают в двойном седле или в двух-трех одинарных седлах, подвешенных один под другим.

Для сочленения изоляторов и седел различных конструкций служат переходные детали: ушко одно- и двухлапчатое (рис. 3.8, *a*, *б*), серьга и т.п.

Концевую заделку контактных проводов и сталемедных тросов выполняют клиновыми зажимами (рис. 3.9). При заделке конец провода или троса пропускают через зажим, загибают вокруг клина, а затем вместе с клином (большим или малым в зависимости от сечения проводов) вводят в зажим. Малый клин предназначен для крепления стальных и сталемедных проводов сечением 95—120 мм<sup>2</sup> и контактных проводов площадью сечения 100, 120 и 150 мм<sup>2</sup>, боль-

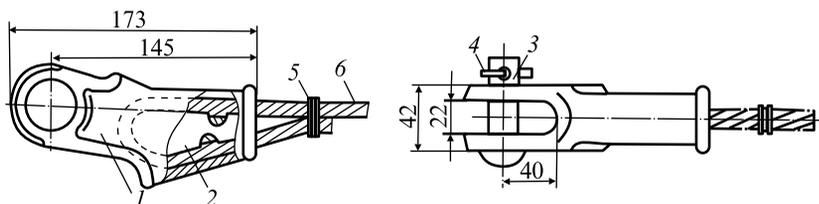


Рис. 3.9. Клиновой зажим: 1 — корпус; 2 — клин (большой или малый); 3 — валик; 4 — шплинт; 5 — бандаж; 6 — трос (провод)

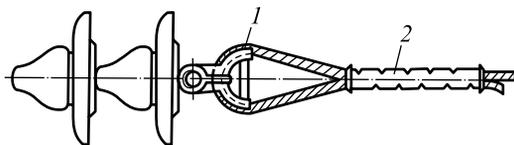


Рис. 3.10. Концевая заделка многожильных проводов

шой — для стальных и сталемедных проводов сечением 50 и 70 мм<sup>2</sup> и контактных проводов сечением 85 мм<sup>2</sup>, клин болтовой — для крепления сталелюминиевых проводов ПБСА-50/70 (см. рис. 2.15).

Концевая заделка многопроводочных проводов может быть также выполнена через вилочный коуш 1 с обжатым трубчатым соединителем 2 (рис. 3.10; см. рис. 2.13) или соединительными зажимами.

Струны в цепных подвесках служат для крепления контактных проводов к несущему тросу, а в двойных цепных подвесках — к вспомогательному проводу и вспомогательного провода — к несущему тросу. Струны должны обеспечивать эластичность подвески, а в полукompенсированной цепной подвеске — также возможность свободных продольных перемещений контактного провода относительно несущего троса при изменениях температуры. Материал струн должен иметь необходимую механическую прочность, долговечность и стойкость к атмосферной коррозии. Связь между контактным проводом и несущим тросом не должна быть жесткой, поэтому струны изготавливают отдельными звеньями или гибкими.

**Звеньевые струны** цепных подвесок изготавливают из сталемедной проволоки диаметром 4 мм (рис. 3.11, *a—z*), отдельные звенья шарнирно связаны между собой. В зависимости от длины струна может быть выполнена из двух и более звеньев, при этом нижнее звено, связанное с контактным проводом, во избежание излома должно быть длиной не более 300 мм. Для уменьшения износа струн в местах соединения звеньев устанавливают коуши. Звеньевые струны прикрепляют к контактному проводу и несущему тросу струновыми зажимами. Двойные контактные провода полукompенсированной подвески крепятся на общих струнах с отдельными нижними звеньями.

Могут применяться также струны из гибкого канатика МГ-16 с плотным креплением концов к струновым зажимам (КС-200). Ранее применялись на контактной сети струны из лавсанового или

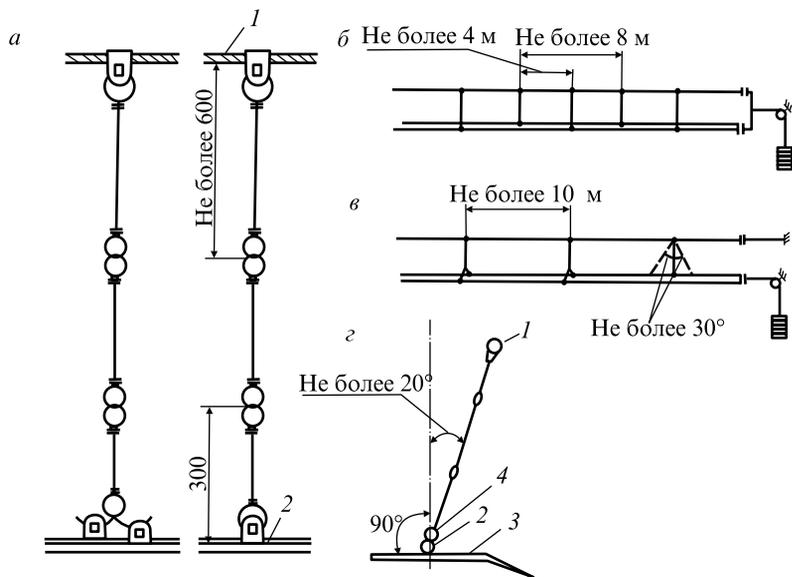


Рис. 3.11. Струны: *a* — звеньевая струна; *б* и *в* — расположение струны на компенсированной и полукompенсированной подвеске; *г* — допускаемый наклон струны к вертикали; 1 — несущий трос; 2 — контактный провод; 3 — полз токоприемника; 4 — струновой зажим 046

капронового каната (шнура) диаметром 3—6 мм. Капроновые струны легко регулируются, их применение экономит цветной металл, но они недолговечны и в настоящее время не используются.

При изменениях температуры происходит взаимное перемещение контактного провода и несущего троса (по обе стороны от средней анкеровки). Особенно сильно сказывается это в полукompенсированной подвеске, в которой несущий трос не имеет продольных перемещений, а у контактного провода эти перемещения достаточно велики (рис. 3.12). Взаимное перемещение проводов приводит к перекосу струн. В результате меняется как положение контактного провода по высоте, так и натяжение проводов цепной подвески. Чтобы уменьшить это влияние, угол наклона струны не должен превышать  $30^\circ$  к вертикали вдоль оси пути (см. рис. 3.11, *в*).

Например, для медных проводов при компенсированной контактной подвеске при температуре воздуха  $-30^\circ\text{C}$  на расстоянии от

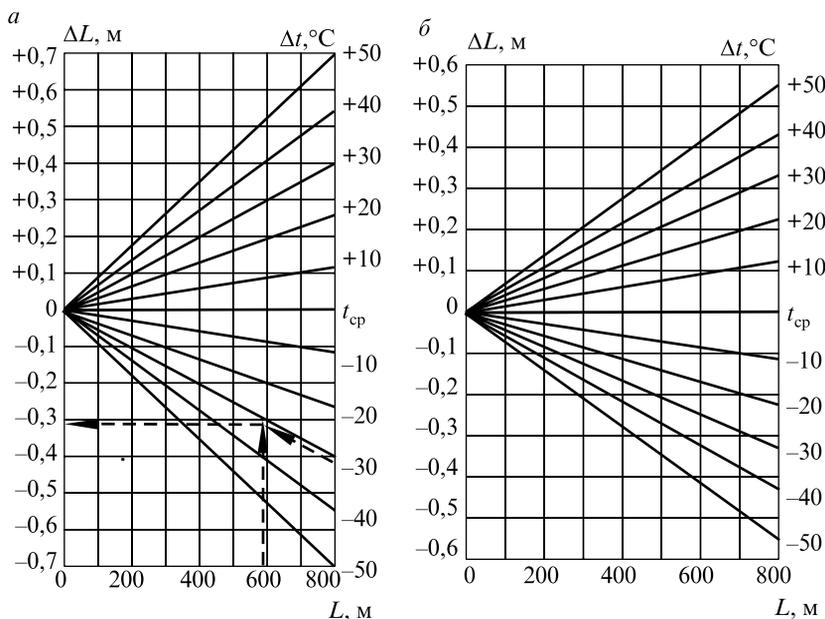


Рис. 3.12. Графики продольных перемещений  $\Delta L$  компенсированных проводов в анкерном участке в зависимости от расстояния  $L$  до средней анкеровки при различных отклонениях температуры воздуха  $t$  °С от среднегодовой температуры воздуха района  $t_{cp}$ :  $a$  — медных, низколегированных и бронзовых;  $b$  — сталемедных и сталеалюминиевых

средней анкеровки 600 м контактный провод и несущий трос переместятся вдоль оси пути в сторону средней анкеровки на 0,3 м (на рис. 3.12,  $a$  показано пунктиром) от положения, которое они занимали при среднегодовой температуре воздуха данного района. Значения перемещения проводов определяют по расположению фиксирующих зажимов дополнительных стержней фиксаторов, звеньевых струн и консолей.

Если это условие не соблюдается, то используют *скользящие струны*. Длина направляющей, устанавливаемой на несущем тросе, должна быть такой, чтобы при крайних температурах обеспечивалось взаимное перемещение контактного провода относительно несущего троса без перекоса струн на угол более 30°. Наибольшее распространение получили скользящие струны при подвешивании секционных изоляторов, а также и на воздушных стрелках (рис. 3.13).

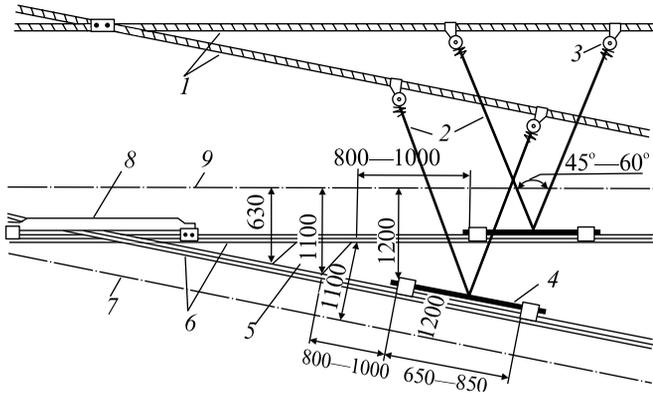


Рис. 3.13. Скользящие струны на воздушных стрелках: 1 — несущий трос; 2 — скользящие струны; 3 — зажим для троса (047, 040-1, 040-2); 4 — скользун диаметром 12—14 мм; 5 — зона подхвата контактных проводов; 6 — контактные провода; 7 — ось пути съезда; 8 — ограничительная накладка; 9 — ось прямого пути

Контактный провод в косых подвесках смещен относительно несущего троса поперек пути (см. рис. 3.11, з), поэтому при угле наклона более  $20^\circ$  поперек оси пути для предотвращения выворачивания (завала) контактного провода применяют специальный рычаг косой струны, обеспечивающий вертикальное положение струновых зажимов (046).

Для более равномерной эластичности и уменьшения стрел провеса контактного провода при температурных изменениях у опорных конструкций его подвешивают на **рессорных струнах** (тросах) (см. рис. 1.3). Рессорные струны изготавливают из сталемедной проволоки диаметром 6 мм или из провода МГ-35. Он прикрепляется к несущему тросу зажимами рессорной струны 048 или зажимами с ушком 040-1; 040-2. Звеньевые струны крепят с одной стороны к рессорной струне (тросу) струновыми зажимами или медными скобами, а с другой — к контактному проводу с обычным креплением струн зажимами.

Струны, устанавливаемые на гибких поперечинах между поперечным несущим и верхним фиксирующим тросами, изготавливают из сталемедной проволоки диаметром 6 мм без звеньев. Области применения рессорных и вертикальных струн приведены в приложении 5.

### 3.3. Электрические соединители

Электрические соединители (продольные и поперечные) устанавливают на сопряжениях анкерных участков и отдельных секций на железнодорожных станциях, в местах соединения усиливающих проводов с контактной подвеской и несущих тросов с контактными проводами, а также на воздушных стрелках при подключении разъединителей и разрядников или ограничителей перенапряжений (ОПН). Они должны обеспечивать надежный электрический контакт, эластичность контактной подвески и возможность продольных температурных перемещений проводов по всей длине.

**Поперечные соединители** (рис. 3.14) устанавливают между всеми проводами контактной сети, относящимися к одному пути или груп-

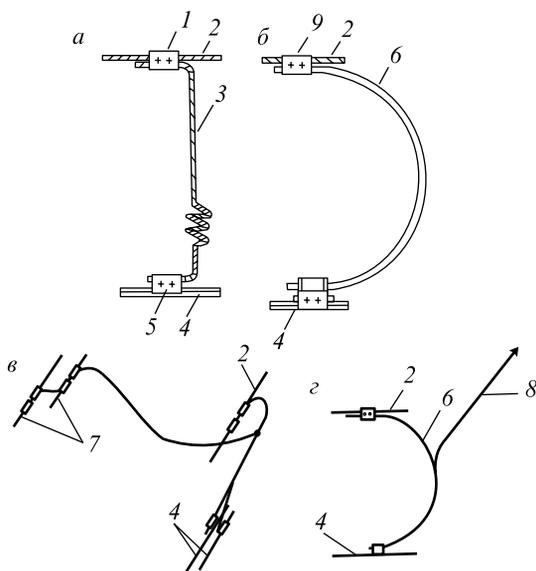


Рис. 3.14. Схемы установки поперечных электрических соединителей (а, б) и подключения усиливающих проводов (в) и шлейфов разъединителя (разрядника, ОПН) к контактной подвеске (г); 1 и 5 — соединительные и питающие зажимы; 2 — несущий трос; 3 — электрический соединитель (провод МГГ); 4 и 7 — контактный и усиливающий провода; 6 — «С-образный» электрический соединитель (провод М, А или АС); 8 — шлейф от разъединителя (разрядника, ОПН); 9 — зажим переходной

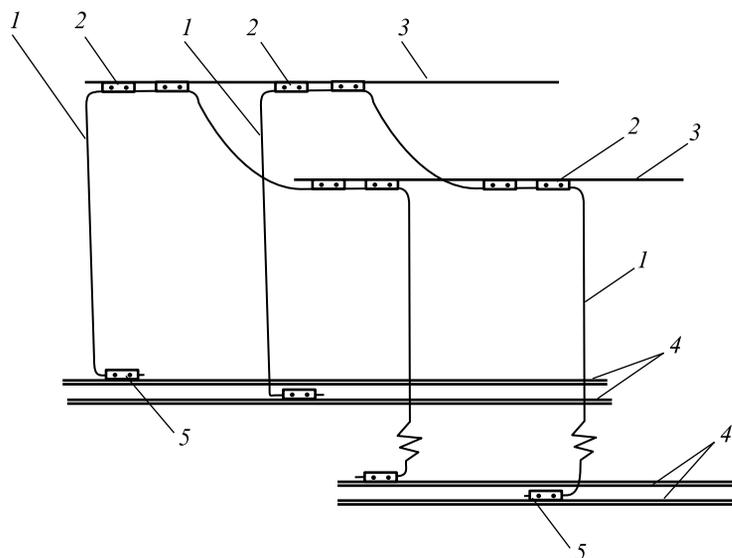


Рис. 3.15. Продольный электрический соединитель: 1 — электрический соединитель (провод МГ); 2 — соединительный зажим; 3 — несущий трос; 4 — контактный провод; 5 — питающий зажим

пе путей ( секции ) на станции ( контактными, усиливающими проводами и несущими тросами). Такое соединение обеспечивает протекание тока по всем параллельно расположенным проводам.

**Продольные соединители** (рис. 3.15) устанавливают в местах сопряжения анкерных участков, на воздушных стрелках и местах подключения усиливающих и питающих проводов к контактной подвеске. Суммарная площадь сечения продольных соединителей должна быть равна площади сечения соединяемых ими подвесок, причем для надежного контакта продольные соединители на главных путях и других ответственных местах контактной сети выполняют из двух и более параллельно расположенных проводов.

В гололедных районах продольные соединители на сопряжениях анкерных участков подключают таким образом, чтобы обеспечить эквивалентную площадь сечения в пределах переходного пролета для возможности плавки гололеда на контактных проводах.

**Обводные соединители** монтируют в тех местах, где необходимо соединить отдельные провода, заанкерованные на опоре или ис-

кусственном сооружении с разных сторон, и восполнить в этом месте недостающую площадь сечения контактной сети. Площадь сечения обводных соединителей выбирают соответствующим общей площади сечения соединяемых подвесок.

Продольные электрические соединители должны иметь площадь сечения, соответствующую сечению соединяемых ими подвесок.

Питающие линии, электрические соединители от усиливающих проводов, шлейфы разъединителей, разрядников и ограничителей перенапряжения подключают непосредственно к электрическому соединителю между несущим тросом и контактным проводом. Длину шлейфов при подключении к компенсированной контактной подвеске выбирают с учетом температурных перемещений проводов.

Продольные электрические соединители к питающим и усиливающим проводам у анкерных следует подсоединять к выходящим из заделки свободным концам, а на неизолирующих сопряжениях и обводы — к каждому несущему тросу двумя соединительными зажимами и к каждому контактному проводу одним питающим зажимом (см. рис. 3.15).

Продольные электрические соединители на неизолирующих сопряжениях по своей длине и взаимному расположению мест крепления на несущих тросах должны обеспечивать температурные перемещения в противоположных направлениях проводов сопрягаемых анкерных участков.

При полукомпенсированной подвеске длина электрического соединителя должна быть не менее 0,8 м и при компенсированной — не менее 2 м.

Расположение мест крепления электрического соединителя на каждой ветви анкерного участка следует выбирать с учетом продольных перемещений компенсированных проводов.

Пересекающие и анкерные ветви, а также отдельные провода контактной сети одной секции должны быть соединены электрическим соединителем с находящейся рядом контактной подвеской.

Все виды электрических соединителей и шлейфы следует выполнять из медных проводов М сечением 70—95 мм<sup>2</sup> на участках переменного тока и 95—120 мм<sup>2</sup> постоянного тока. Допускается применение медных проводов МГ того же сечения, а также проводов М-70 для соединения несущих тросов и контактных проводов при

постоянном токе. Электрические соединители могут быть также выполнены из алюминиевых и сталеалюминиевых проводов соответствующей площади сечения по меди с использованием оконцевателей из плакированных пластин.

Для обеспечения эластичности контактной подвески электрические соединители из проводов М, А или АС должны быть выполнены в виде полукольца при расстоянии между несущим тросом и контактным проводом до 1 м, а при большем расстоянии — соединителями с длиной, превышающей это расстояние в 1,2—1,4 раза. Соединители из провода МГ на расстоянии 300 мм от контактного провода должны иметь три витка провода с диаметром каждого витка 50—60 мм.

При расстоянии между несущим тросом и контактным проводом менее 1 м в полукompенсированных подвесках вблизи компенсаторов электрические соединители следует выполнять из провода МГ длиной, определяемой с учетом максимальных температурных перемещений контактного провода.

Для повышения надежности электрических соединителей и шлейфов из медных и алюминиевых проводов все проволоки с торцов необходимо сваривать или опрессовывать наконечниками. На выступающие концы многопроволочных проводов должен быть наложен бандаж, и они должны быть закреплены на основном проводе.

Для обеспечения надежного электрического контакта поверхности наконечников, зажимов и проводов перед соединением должны быть тщательно очищены от окислов, заусенцы и неровности на проводах также должны быть удалены, а очищенная поверхность смазана техническим вазелином.

Поперечные электрические соединители между несущими тросами и контактными проводами на перегонах, главных и приемо-отправочных путях железнодорожных станций устанавливают за пределами рессорных или первых вертикальных струн на расстоянии 0,2—0,5 м от их мест крепления. На участках постоянного тока они должны быть в каждом пролете, а на малодеятельных участках постоянного тока и при переменном токе на равнинах и спусках — через пролет, на подъемах и в зонах трогания и разгона — в каждом пролете.

Поперечные электрические соединители между несущими тросами и контактными проводами при токопроводящих струнах не устанавливаются.

Электрические соединители между усиливающими проводами и контактной подвеской устанавливаются на затяжных подъемах и в зонах трогания и разгона в каждом пролете, а вне этих зон через 3-4 пролета. Подсоединять их следует к электрическому соединителю между несущим тросом и контактным проводом. Контактные подвески станционных путей, объединенные в одну секцию, соединяют электрическими соединителями в зонах трогания и разгона в каждом пролете, а вне этих зон через 3-4 пролета.

Шлейфы разъединителей, разрядников и ОПН, пересекающие контактную подвеску другой секции, следует располагать над несущим тросом на расстоянии не менее 0,8 м. Подключение электрических соединителей к проводам осуществляется соединительными зажимами (см. рис. 3.2).

Увеличение поверхности соприкосновения питающего зажима с контактным проводом достигается клином, забиваемым в зажим при его креплении на контактном проводе (рис. 3.16). Нижняя по-

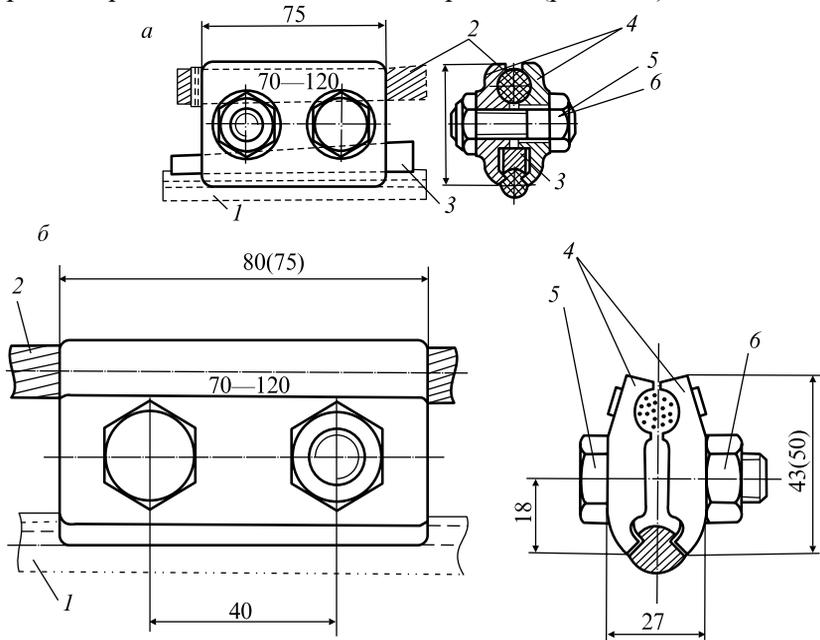


Рис. 3.16. Питающие зажимы: *a* — с клином; *б* — с насечкой без клина; 1 — контактный провод; 2 — соединительный провод; 3 — клин; 4 — плашка; 5 — болт; 6 — гайка

верхность клина, которая соприкасается с контактным проводом, выполняется в виде желоба, имеющего тот же радиус кривизны, что и головка контактного провода. Конец клина после его установки раздвигают по вертикальной прорези, имеющейся на конце клина. В последнее время выпускаются питающие зажимы без клиньев, у которых поверхность соприкосновения зажима с контактным проводом увеличена применением насечек на поверхности плашек. Прессуемые зажимы монтируют с помощью гидравлических прессов, создающих усилие опрессовки 200 кН.

Места соприкосновения меди с алюминием при попадании на них влаги и прохождении электрического тока подвергаются коррозии, в результате чего повышается переходное сопротивление и происходит перегрев и пережог соединяемых проводов. Чтобы предотвратить это явление, для присоединения медных проводов к алюминиевым разработан специальный переходной зажим ПАМ (рис. 3.17). Он изготовлен из алюминия, а та часть зажима, в кото-

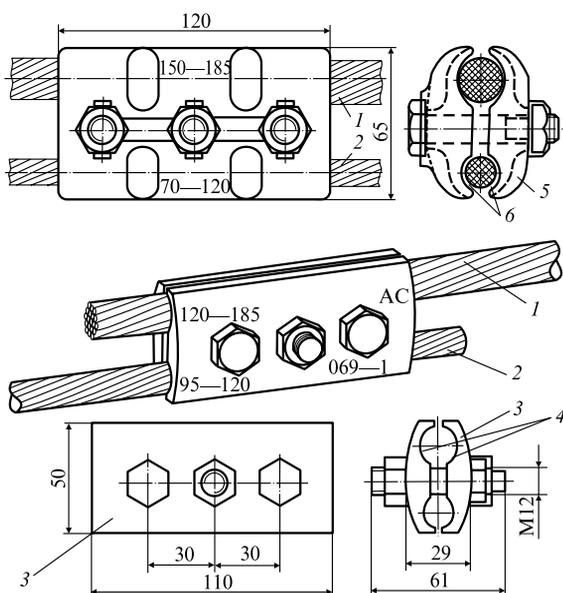


Рис. 3.17. Переходной зажим ПАМ: 1 и 2 — алюминиевый (сталеалюминиевый) и медный провода; 3 — медный зажим; 4 — алюминиевое напыление; 5 — алюминиевый зажим; 6 — медная пластина из ленты (припаивается)

рой крепится медный провод, снабжена впаянными медными пластинами. Имеются улучшенные конструктивные исполнения таких зажимов с бронзовыми плашками и с напылением канавок алюминием.

В процессе эксплуатации постоянно следят за надежностью электрического контакта у соединителей.

### **3.4. Опорные узлы контактных подвесок**

Опорным узлом цепной контактной подвески называют часть ее пролета у опоры между первыми от опоры простыми (вертикальными) струнами (в обе стороны). От конструкции и параметров опорных узлов контактных подвесок во многом зависят размер износа и равномерность изнашивания контактного провода в пролете, качество токосъема, особенно при высоких скоростях движения поездов, надежность работы подвесок при низких и высоких температурах воздуха, сильном ветре, больших гололедно-изморозевых отложениях.

Опорные узлы цепных подвесок должны отвечать следующим требованиям:

- иметь эластичность, по возможности близкую к эластичности контактной подвески в середине пролета;
- обеспечивать одинаковое вертикальное перемещение контактного провода во всех точках опорного узла при изменении температуры воздуха;
- быстро гасить колебания контактного провода после прохода токоприемника;
- обеспечивать равномерное нажатие токоприемников на контактный провод по всей длине пролета;
- препятствовать при автоколебаниях распространению колебаний вдоль цепной подвески, не возбуждать горизонтальные колебания контактного провода.

Опорный узел, как и вся контактная подвеска, представляет собой сложную колебательную систему. Поэтому качество токосъема определяется как статическими, так и динамическими его характеристиками. Основной для опорного узла является характеристика, представляющая зависимость отжатия контактного провода вертикальной силой вверх и вниз от уровня его свободного положения.

Динамические качества опорного узла контактных подвесок оценивают по параметрам (зависимостям) свободных вертикальных колебаний контактного провода у опоры после прохода токоприемника. Такие зависимости получают экспериментально: по ним устанавливают максимальную амплитуду вертикальных колебаний контактного провода в опорном узле, а также степень их затухания. В качестве единицы затухания колебаний принимают натуральный логарифм отношения амплитуд колебаний через один период (логарифмический декремент затухания колебаний). Чем быстрее затухают колебания контактного провода в опорном узле после прохода токоприемника, т.е. чем больше логарифмический декремент, тем лучше динамическая характеристика опорного узла.

В зависимости от конструкции и расположения струн различают следующие опорные узлы одинарных цепных подвесок: с простой струной (рис. 3.18, *a*), под опорой (от таких опорных узлов незначительно отличаются по своим характеристикам опорные узлы с двумя простыми струнами, смещенными от опоры не более чем на 2 м); со смещенными от опоры более чем на 2 м простыми струнами (рис. 3.18, *б*), а также с рессорными струнами (рис. 3.18, *в*).

Рассматривая эквивалентные механические схемы опорных узлов (рис. 3.18, *г, д, е*), нетрудно заметить существенную разницу в

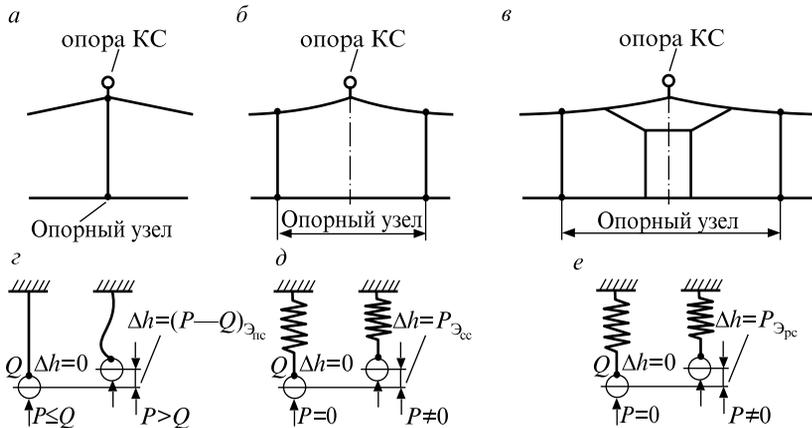


Рис. 3.18. Схемы опорных узлов цепных подвесок (*a, б, в*) и их эквивалентные схемы (*г, д, е*)

работе опорных узлов с простыми опорными струнами и со смещенными от опор с простыми или рессорными струнами (тросами).

Как видно из рис. 3.18, *з*, эквивалентная механическая схема опорного узла цепной контактной подвески с простой струной может быть представлена нерастяжимой нитью, на которой подвешен груз весом  $Q$ , зависящий от веса контактного провода, приходящегося на струну, и от нагрузки на струну от вертикальной составляющей натяжения контактного провода. При беспровесном положении он может достигать 100 Н, а при расположении контактного провода с положительной стрелой провеса — 200 Н.

Если нажатие токоприемника  $P$  на контактный провод будет меньше веса груза  $Q$  или равно ему ( $P < Q$ ), то никакого подъема контактного провода у опоры не произойдет ( $\Delta h = 0$ ), т.е. токоприемник на своем пути встретит жесткую точку, что может привести к отрыву полоза токоприемника от контактного провода. В этом заключается основной недостаток цепных подвесок с простыми струнами, установленными непосредственно у опор.

Чтобы отжать контактный провод у опоры, нажатие токоприемника  $P$  должно быть больше веса груза  $Q$  ( $P > Q$ ). Тогда контактный провод будет отжат вверх на высоту  $\Delta h$ , т.е. струна разгрузится.

**Опорные узлы с рессорными струнами (тросами)**, а также со смещенными от опоры простыми струнами являются эластичными при всех возможных в эксплуатации нажатиях токоприемников, в отличие от опорного узла с простой струной, который становится эластичным только при большом его нажатии. Поэтому эквивалентные механические схемы этих опорных узлов могут быть представлены в виде спиральной пружины с эластичностью, равной эластичности цепной подвески в опорном узле, и подвешенным на этой пружине грузом весом  $Q$ . При приложении к грузу вертикальной силы  $P$  он будет подниматься на высоту  $\Delta h = P/\varepsilon$ . Здесь  $\varepsilon$  — эластичность контактной подвески у опоры (см. п. 10.2).

На рис. 3.19, *а* приведена упругая характеристика опорного узла цепной подвески с рессорными струнами, а на рис. 3.19, *б* — с простой струной.

Конструкцию опорного узла цепной подвески принимают в зависимости от скорости движения поездов, типа контактной подвески (компенсированная или полукompенсированная) и ее расположения в плане (прямой участок пути или кривая).

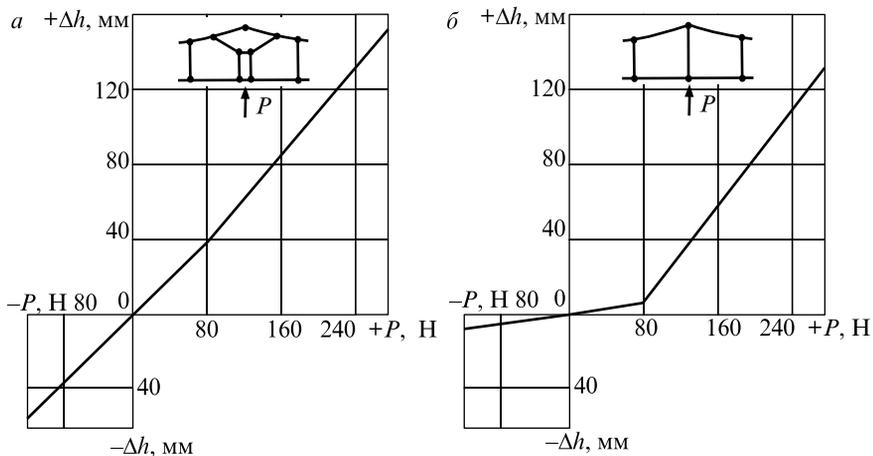


Рис. 3.19. Упругие характеристики опорных узлов цепной подвески:  
 $a$  — с рессорной струной;  $b$  — с простой

На путях перегонов и станций со скоростью движения поездов более 70 км/ч опорные узлы цепных подвесок выполняют с рессорными струнами, при скоростях менее 70 км/ч — с простыми опорными струнами, смещенными на 1,5—2 м от опоры.

Рессорные струны не устанавливают в опорных узлах полукомпенсированных подвесок, расположенных на кривых участках пути радиусом менее 800 м. Не устанавливают их также на нерабочих отходящих ветвях изолирующих и неизолирующих сопряжений при компенсированной цепной подвеске и на изолирующих сопряжениях на рабочих и отходящих ветвях при полукомпенсированной подвеске.

В компенсированных цепных подвесках с двумя контактными проводами на рессорной струне монтируют четыре подрессорных струны (рис. 3.20,  $a$ ). Длину рессорной струны независимо от длины пролета принимают  $l_p = 2a = 2 \cdot 8 = 16$  м. Первые подрессорные струны устанавливают на расстоянии от опоры  $e_0 = 2$  м; длина их должна быть не менее 1 м. Расстояние между подрессорными струнами принято  $c_p = 2e_0 = 2 \cdot 2 = 4$  м. Первые вертикальные струны устанавливают на несущем тросе на расстоянии от опоры  $e = 10$  м.

Длина рессорной струны в опорном узле компенсированной рессорной подвески с одним контактными проводом (рис. 3.20,  $b$ ) принята  $l_p = 2a = 2 \cdot 6 = 12$  м; расстояние от опоры до первой простой

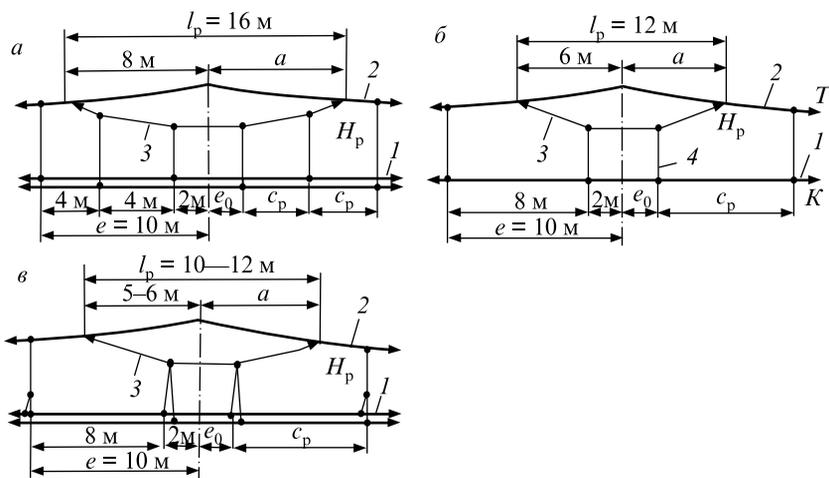


Рис. 3.20. Схемы опорных узлов рессорной цепной подвески: *a* и *б* — компенсированной с одним и двумя контактными проводами; *в* — полукомпенсированной с одним и двумя контактными проводами; 1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — рессорная струна; 4 — подрессорная струна

струны  $e = 10$  м. В приложении 5 (табл. П5.1 и П5.2) приведены области применения рессорных и вертикальных струн и длины рессорных струн.

Для выравнивания эластичности цепной подвески в пролете расстояния между подрессорными струнами увеличивают, принимая, например,  $e_0 = 3$  м. Простые струны устанавливают от опоры на расстояние  $e_p = 14—15$  м. Первые от опор подрессорные струны выполняют одинарными, а вторые — двойными или одинарными с двумя нижними звеньями. В контактных подвесках, предназначенных для скоростей 200 км/ч и выше, длину рессорной струны (троса) увеличивают до 20 м.

В полукомпенсированных цепных подвесках независимо от длины пролета и количества контактных проводов опорные узлы выполняют по схеме рис. 3.20, *в*. Длину рессорной струны определяют исходя из условия одинакового перемещения контактного провода в вертикальной плоскости у опоры и у первых струн при изменении температуры воздуха. На основании монтажных таблиц ее принимают 10, 12 или 14 м (соответственно  $a = 5, 6$  или 7 м).

В опорном узле полукомпенсированной цепной подвески, расположенной на кривой радиусом менее 800 м (рис. 3.21, а), устанавливают две простые струны со смещением от опоры на расстояние  $c_0 = 2$  м. Следующую струну в пролете независимо от его длины закрепляют на расстоянии от опоры  $c = 10$  м.

При монтаже полукомпенсированных цепных подвесок на стационных путях (кроме главных) струны в опорных узлах смещают от опор обычно на  $c_0 = 1,5$  м. Оставшуюся часть пролета ( $l_k = l - 2c_0$ ) делят на равные струновые пролеты длиной не более 10 м. Например, при  $l = 63$  м и  $c_0 = 1,5$  м цепную подвеску монтируют с семью струнами, устанавливая их на расстоянии 10 м одна от другой.

Расстояние  $2c_0 = 3$  м между струнами в опорном узле выбрано с учетом больших сосредоточенных нагрузок на контактный провод от фиксаторов. При большем смещении струн от опоры контактный провод в струновом пролете  $2c_0$  под действием фиксатора получал бы значительный провес. Это ухудшило бы токосъем в опорном узле даже при небольших скоростях движения поездов.

На главных путях перегонов, станций и приемо-отправочных со скоростью движения поездов, превышающей 50 км/ч, устанавливают сочлененные фиксаторы. В этом случае целесообразно простые опорные струны смещать от опоры на большие расстояния — до  $c_0 = 5—5,5$  м (рис. 3.21, б). Такие цепные подвески имеют более равномерную эластичность в пролете. В полукомпенсированных подвесках, кроме этого, получаются меньшие стрелы провеса контактных проводов при крайних температурах за счет сокращения длины пролета контактного провода с  $l$  до  $l_k = l - 2c_0$ , что также повышает качество токосъема.

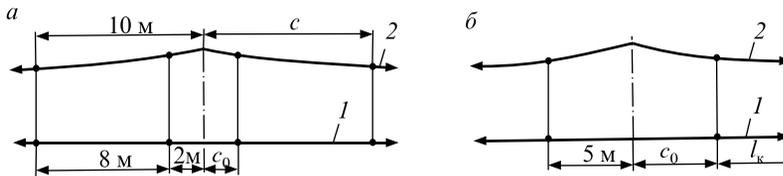


Рис. 3.21. Схемы опорных узлов со смещенными от опор простыми струнами полукомпенсированной подвески: а — на кривой радиусом менее 800 м; б — цепной подвески с сочлененными фиксаторами;  $l$  — контактный провод; 2 — несущий трос

На эластичность рессорной цепной подвески у опоры и у первой простой струны на расстоянии  $e$  от опоры оказывает влияние длина рессорной струны (рис. 3.22). Эластичность цепной подвески у опоры при  $a = 0$  (т.е. при простой струне в опорном узле) до нагрузки струны практически равна нулю. От длины рессорной струны зависит сила  $P$ , при которой происходит разгрузка первой от опоры струны. При этом, чем длиннее этот провод, тем раньше разгружается струна.

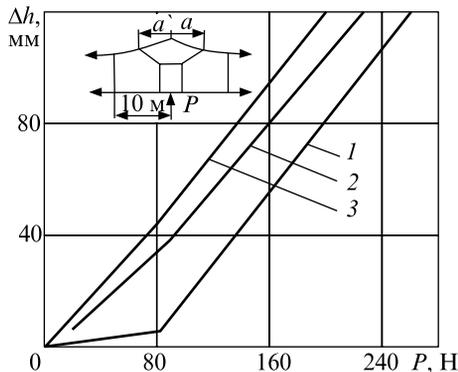


Рис. 3.22. Экспериментальные данные отжатия контактного провода у опоры в пролете 70 м при различной длине рессорной струны: 1 — при  $a = 0$ ; 2 — при  $a = 6$  м; 3 — при  $a = 10$  м

Рессорная струна несколько увеличивает эластичность цепной подвески у первой струны до момента ее разгрузки. После разгрузки влияние длины рессорной струны цепной подвески становится значительным. В то же время расстояние между подрессорными струнами  $2c_0$  в пределах от 0 до 10 м при длине рессорной струны 16—20 м практически не влияет на эластичность цепной подвески у опоры.

Эластичность цепной подвески у опоры зависит также и от расстояния от опоры до первой простой струны  $e$ . Изменение этого расстояния с 6 до 15 м (при длине рессорной струны 12 м,  $a = 6$  м) увеличивает эластичность на 25—30 %.

Экспериментальные исследования эластичности одинаковых рессорных подвесок в пролетах различной длины и при различных натяжениях несущего троса показали, что длина пролета и натяжение несущего троса (например,  $l = 50$  и 70 м, соответственно  $T = 15$  и 10 кН) мало влияют на эластичность цепной подвески у опоры и у первой вертикальной струны. Однако в средней части пролета эластичность цепной подвески существенно зависит от длины пролета и натяжения проводов. Из этого следует, что эластичность по длине пролета можно выравнять сокращением длины пролета и повышением натяжения проводов.

### 3.5. Анкерные участки контактных подвесок и их сопряжения

Контактные подвески выполняют в виде отдельных участков длиной не более 1600 м, механически независимых друг от друга. До обновления и реконструкции допускается увеличение длины анкерного участка, но не более 1800 м. На участках скоростного движения поездов (161—200 км/ч) длина анкерного участка должна быть не более 1400 м. На перегонах с кривыми участками пути длину анкерного участка уменьшают в зависимости от радиуса и расположения кривых. Такое разделение позволяет осуществить компенсированные анкеровки проводов, уменьшить зону повреждения в случае обрыва проводов контактной сети, упрощает монтаж подвески, так как ее можно сооружать отдельными участками.

Достигается такое разделение закреплением (анкеровкой) одного конца провода на специальной, более мощной опоре, способной воспринять натяжение провода. Затем провод подвешивают к ряду промежуточных опор, рассчитанных только на нагрузки от массы проводов, гололеда и ветра. Другой конец провода закрепляют (через компенсатор или жестко) на такой же мощной специальной опоре (рис. 3.23). Опоры, воспринимающие натяжение провода, называются **анкерными**, а расстояние между этими опорами  $L_{ay}$  — длиной анкерного участка, или **анкерным участком**.

Чтобы устранить возможные нежелательные перемещения проводов в сторону одного из компенсаторов, примерно в середине анкерного участка устраивают специальный узел контактной подвески, называемый **средней анкеровкой**. В полукompенсированных подвесках среднюю анкеровку делают только для контактного провода (рис. 3.24, а), в компенсированных — для контактного провода и несущего троса (рис. 3.24, б).

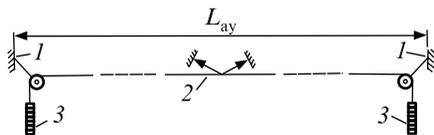


Рис. 3.23. Схема анкерного участка провода при двусторонней его компенсации: 1 — анкерная опора; 2 — средняя анкеровка; 3 — компенсатор

Длину анкерного участка  $L_{ay}$  определяют исходя из условия, чтобы изменение натяжения компенсированных проводов в анкерном участке вследствие реакции консолей, струн и

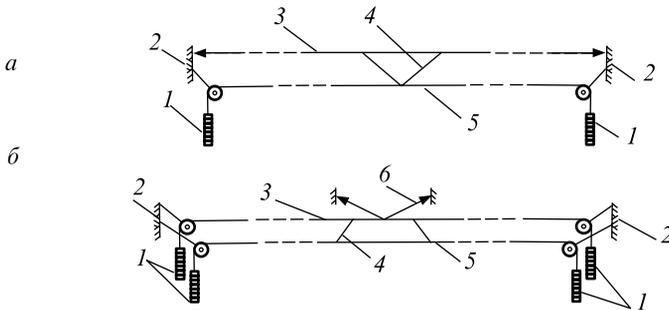


Рис. 3.24. Схема анкерного участка полукомпенсированной (а) и компенсированной подвески (б): 1 — компенсатор; 2 — анкерная опора; 3 — несущий трос; 4 и б — средняя анкеровка контактного провода и несущего троса; 5 — контактный провод

фиксаторов не превышало для контактных проводов  $\pm 15\%$  и для несущих тросов  $\pm 10\%$  (на скоростных участках  $\pm 5\%$ ) номинального их натяжения, создаваемого компенсаторами.

Определим, почему может измениться натяжение проводов в анкерном участке. В полукомпенсированных цепных подвесках на натяжение контактного провода большое влияние оказывают струны. При изменении температуры воздуха длина контактного провода также изменяется, по этой причине контактный провод перемещается вдоль анкерного участка. Соответственно струны, смонтированные вертикально при средней температуре воздуха для данного района, наклоняются в плоскости подвески (см. рис. 3.11, в). Причем, чем дальше струна установлена от средней анкеровки и чем больше температура изменилась по сравнению со средней, тем больше струна наклонится. В результате наклона струн в контактном проводе возникнут дополнительные усилия  $\Delta K_c$  (рис. 3.25), направленные вдоль контактного провода, которые будут складываться

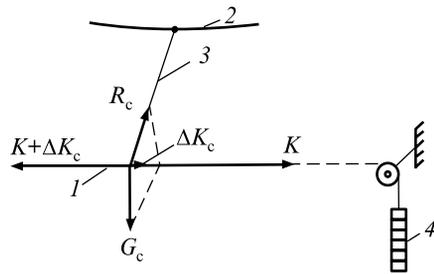


Рис. 3.25. Схема влияния наклонной струны на натяжение контактного провода: 1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — наклонная струна (при  $t < t_{cp}$ ); 4 — компенсатор;  $\Delta K_c$  — реакция струны;  $G_c$  — вертикальная нагрузка на струну;  $R_c$  — усилие в струне

(или вычитаться при  $t > t_{cp}$ ) с номинальным натяжением контактного провода  $K$ , создаваемым компенсатором. Усилие  $\Delta K_c$  зависит от длины струны, угла ее наклона в вертикальной плоскости и вертикальной нагрузки на струну  $G_c$ . Последняя в свою очередь зависит от длины струнового пролета и стрелы провеса контактного провода. Наибольшие изменения натяжения контактного провода при отклонении температуры от средней происходят в пролетах, расположенных у средней анкеровки контактного провода, наименьшие — в пролетах у компенсаторов.

На натяжение контактного провода аналогичное влияние оказывают фиксаторы, когда при продольном перемещении провода они оказываются перпендикулярными в плане к оси пути.

В компенсированных цепных подвесках струны и фиксаторы меньше влияют на натяжение контактного провода, поскольку при изменении температуры происходит одновременное продольное перемещение как контактного провода, так и несущего троса.

На кривых участках пути натяжение компенсированного несущего троса зависит от расположения в плане поворотных консолей. При отклонении от своего нормального положения консоли, подобно фиксаторам, изменяют натяжение несущего троса за счет реакции  $\Delta T_k$  (рис. 3.26).

При двойном контактном проводе в полукомпенсированной подвеске среднюю анкеровку выполняют одним тросом, присоединяя его поочередно к каждому контактному проводу специальным зажимом.

В компенсированной цепной подвеске среднюю анкеровку делают в двух пролетах (рис. 3.27): одну из поворотных консолей закрепляют неподвижно с помощью троса средней анкеровки 2 несущего троса, заанкеровав жестко на опорах с оттяжками 5, и жестко крепят к ней несущий трос 1. Среднюю анкеровку контактного провода 4 выполняют с помощью двух отрезков биметаллического троса 3 сечением не менее  $70 \text{ мм}^2$ , закрепляемых на несущем тросе. Максимальное натяжение средней анкеровки несущего троса компенсированной подвески не должно превышать  $10 \text{ кН}$ .

Длину каждой ветви троса средней анкеровки контактного

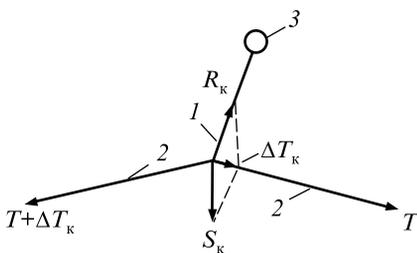


Рис. 3.26. Схема влияния перемещения консолей на натяжение несущего троса:  $\Delta T_k$  — реакция консоли;  $R_k$  — усилие в консоли;  $S_k$  — нагрузка на консоль; 1 — консоль; 2 — несущий трос; 3 — опора

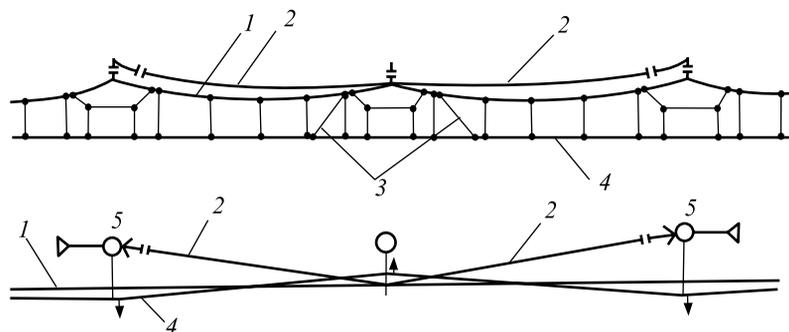


Рис. 3.27. Схема средней анкеровки компенсированной цепной подвески: 1 — несущий трос; 2 — трос средней анкеровки несущего троса; 3 — трос средней анкеровки контактного провода; 4 — контактный провод; 5 — опоры с оттяжками

провода как компенсированной, так и полукompенсированной подвески принимают не менее 10-кратного минимального расстояния между контактным проводом и несущим тросом этого пролета.

Места, где токоприемники переходят с контактных проводов одного анкерного участка на контактные провода следующего анкерного участка, называют *сопряжениями анкерных участков*. Эти сопряжения должны обеспечивать плавный переход токоприемников с одного провода на другой при установленной скорости движения поездов, а также нормальную работу компенсирующих устройств в анкеровках проводов, т.е. допускать взаимное продольное перемещение проводов контактной сети при изменении температуры воздуха. Сопряжения анкерных участков бывают *неизолирующие*, т.е. только с механическим разделением цепных подвесок, и *изолирующие* (с секционированием), в которых, кроме механического, осуществлено и электрическое разделение. Одновременное взаимодействие полоза токоприемника с контактными проводами обеих ветвей трехпролетного сопряжения в средней части должно быть при неизолирующем сопряжении на длине 8—12 м, при изолирующем 6—12 м.

Неизолирующие сопряжения выполняют в трех пролетах. Двухпролетные сопряжения анкерных участков контактных подвесок сохраняются до обновления и реконструкции на путях депо и на станционных путях, на которых скорость не превышает 50 км/ч.

Рассмотрим расположение контактных проводов при двухпролетном сопряжении анкерных участков (рис. 3.28). Сопряжение выполнено между двумя анкерными опорами 1 и 3. Контактные про-

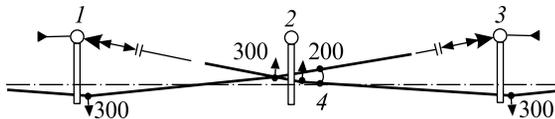


Рис. 3.28. Схема двухпролетного сопряжения анкерных участков без секционирования

да разных анкерных участков пересекаются у переходной опоры 2. В месте пересечения устанавливают ограничительную накладку, которая обеспечивает их одновременный подъем. Надежное электрическое соединение между анкерными участками осуществляют с помощью продольного электрического соединителя 4.

На главных путях станций и перегонов монтируют неизолирующие трехпролетные сопряжения (рис. 3.29). Жирными линиями обозначены рабочие участки контактных проводов (где токоприемник осуществляет контакт с проводом), тонкими — нерабочие. При трехпролетных сопряжениях между двумя анкерными опорами располагают две переходные опоры А и Б, при этом переход токоприемника с одного провода на другой происходит в переходном (среднем) пролете. В этом пролете каждый из контактных проводов по высоте регулируют так (рис. 3.30), чтобы у переходной опоры нерабочий контактный провод 1 располагался на 200 мм выше рабочего 2. На неизолирующих и изолирующих сопряжениях расстояние между проводами должно соответствовать приведенным в табл. 3.1.

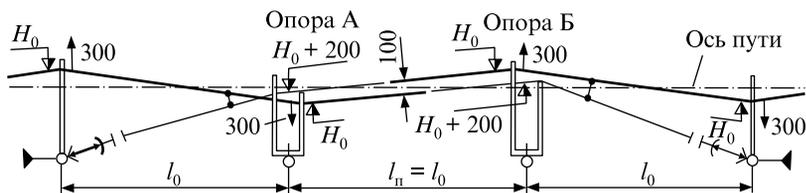


Рис. 3.29. Схема трехпролетного сопряжения анкерных участков без секционирования:  $H_0$  — номинальная высота подвески контактного провода над УГР, принимаемая при проектировании;  $H_0 + 200$  — отметка высоты подвески контактного провода над УГР у опоры; 300 — номинальный зигзаг контактного провода от оси пути у опоры;  $l_0$  — длина пролета, принимаемая при проектировании



Рис. 3.30. Расположение проводов цепных подвесок в переходном пролете трехпролетного сопряжения анкерных участков

Таблица 3.1

**Расстояние между проводами на сопряжениях анкерных участков**

Вид и место расстояния	Расстояние, мм, на сопряжении	
	неизолирующим	изолирующим
Горизонтальное между внутренними сторонами рабочих контактных проводов в переходном пролете при скорости движения поездов, км/ч:		
до 160	100 ±30	550* ±50
от 161 до 200	100 ±20	550 ±40
Вертикальное от рабочего контактного провода до:		
нерабочего контактного провода переходных опор	200 ±20	
нерабочего контактного провода в начале зоны прохода токоприемника	300 + 20	300 + 20
нижней поверхности врезного фарфорового изолятора:		
при двух контактных проводах		250 + 20
при одном контактном проводе		300 + 20
нижней поверхности гладкостержневого полимерного изолятора		300 + 20
нижней поверхности гладкостержневого изолирующего элемента, допускающего взаимодействие с токоприемником		200 + 20

\* По ветровым отклонениям на действующих участках, а также на нормально замкнутых изолирующих сопряжениях допускается при постоянном токе 400 мм и при переменном 500.

Изолирующие сопряжения (воздушные промежутки) на прямых и кривых участках пути радиусом более 2000 м выполняют трех- или четырехпролетными, на кривых участках пути радиусом 2000 м и менее и в стесненных местах — трехпролетными.

Не рекомендуется располагать сопряжения и особенно изолирующие на кривых участках пути радиусом менее 1200 м. Не допускается совмещать на изолирующих сопряжениях компенсированные и полукompенсированные подвески.

Для поддержания требуемого натяжения компенсированных проводов контактных подвесок в их анкеровках устраивают авто-

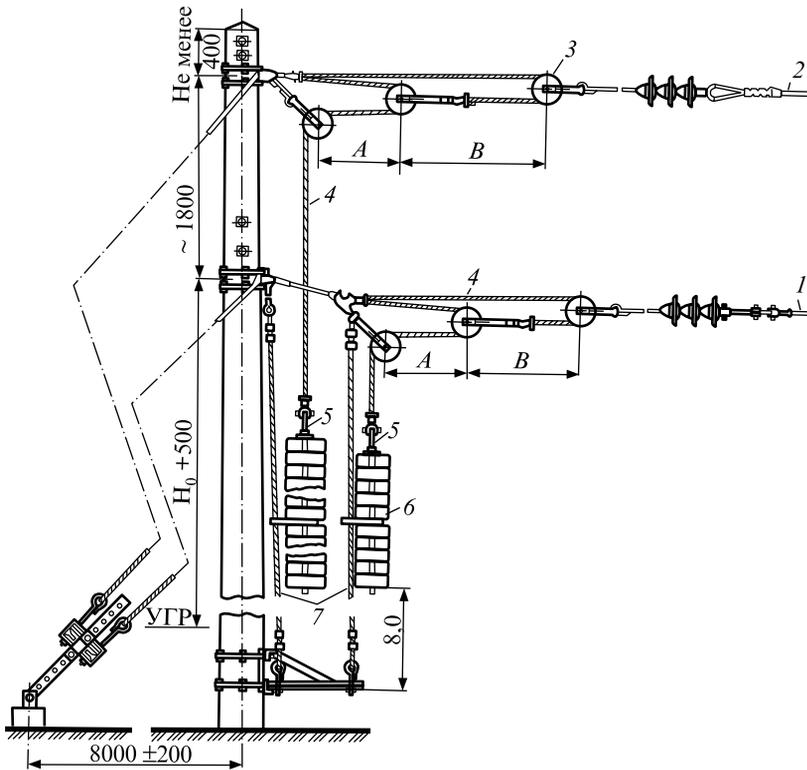


Рис. 3.31. Трехблочные компенсаторы: 1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — блок компенсатора; 4 — трос компенсатора; 5 — штанга для грузов; 6 — грузы; 7 — трос ограничителя раскачивания грузов;  $A$  и  $B$  — расстояния между роликами

матически действующие устройства — компенсаторы. Применяют блочные, блочно-полиспастные, рычажные и построенные на принципе вёрота грузовые компенсаторы, а также пружинные и газогидравлические. Наибольшее распространение получили грузовые двух- и трехблочные (рис. 3.31) и в последнее время — блочно-полиспастные компенсаторы (рис. 3.32), где применен стальной канат диаметром 9,5—11,0 мм.

Для анкеровки одного или двух контактных проводов, а также контактного провода вместе с несущим тросом используют трехблочные компенсаторы с коэффициентом передачи 4:1, т.е. вес грузов компенсатора в 4 раза меньше натяжения компенсированного провода. Например, для создания натяжения 10 кН у контактного провода МФ-100 на штангу трехблочного компенсатора необходимо положить груз 250 кг (десять грузов по 25 кг). Для анкеровки одного контактного провода применяют также двухблочные компенсаторы с коэффициентом передачи 2:1. В блочно-полиспаственном компенсаторе коэффициент передачи 3:1.

Уменьшая вес грузов в 4 или в 2 раза по сравнению с натяжением провода, блочный компенсатор во столько же раз увеличивает перемещение грузов по сравнению с продольным перемещением провода у анкеровки при изменении температуры воздуха.

Контактный провод и несущий трос компенсированной цепной подвески анкеруют отдельно, каждый на свой компенсатор.

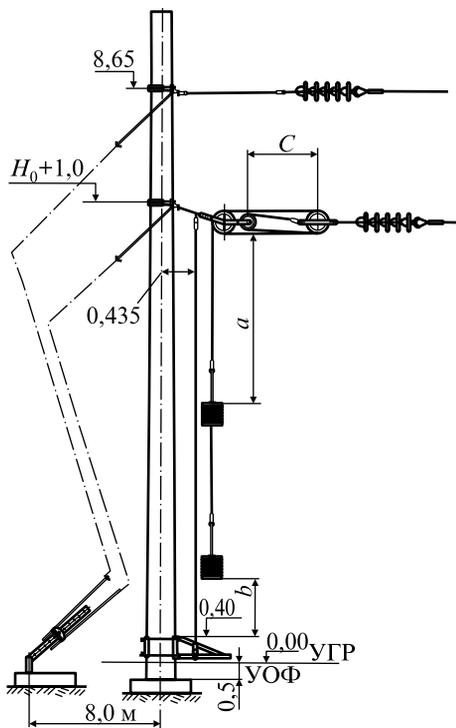


Рис. 3.32. Схема блочно-полиспастного компенсатора:  $C$  — расстояние между роликами

В трехблочном и двухблочном компенсаторах расстояние между неподвижным роликом и первым от опоры подвижным ролике выполняют в пределах от 3 м при максимальной температуре нагрева проводов до 6,5 м при минимальной температуре (размер *A*, табл. 3.2). В трехблочном компенсаторе расстояние между подвижными роликами должно быть не менее 1,5 м при минимальной температуре и не более 3,5 при максимальной температуре нагрева проводов (размер *B*, табл. 3.2).

В блочно-полиспаственном компенсаторе расстояние (*C*) между вторым от опоры неподвижным и подвижным роликами выполняют не менее 1,5—2 м при максимальной температуре нагрева проводов и не более 3—3,5 м при минимальной.

Грузовые компенсаторы с различной системой блоков, смонтированных в виде полиспаста, имеют коэффициент передачи до 5:1; компенсаторы барабанного типа — 3:1 или 4:1.

Таблица 3.2

Температура нагрева провода	Трехблочный компенсатор (рис. 3.31)		Блочно-полиспастный компенсатор (рис. 3.32)
	Размер <i>A</i> , м	Размер <i>B</i> , м	Размер <i>C</i> , м
Максимальная	Не менее 3	Не более 3,5	Не менее 1,5—2
Минимальная	Не более 6,5	Не менее 1,5	Не более 3—3,5

### 3.6. Воздушные стрелки

Воздушные стрелки должны обеспечивать плавный, без ударов и искрений, переход полоза токоприемника с контактных проводов одного пути (съезда) на контактные провода другого, свободное взаимное перемещение подвесок, образующих воздушную стрелку, и минимальное взаимное вертикальное перемещение контактных проводов в зоне подхвата полозом токоприемника провода примыкающего пути.

Воздушные стрелки над обыкновенными и перекрестными стрелочными переводами и над глухими пересечениями путей должны

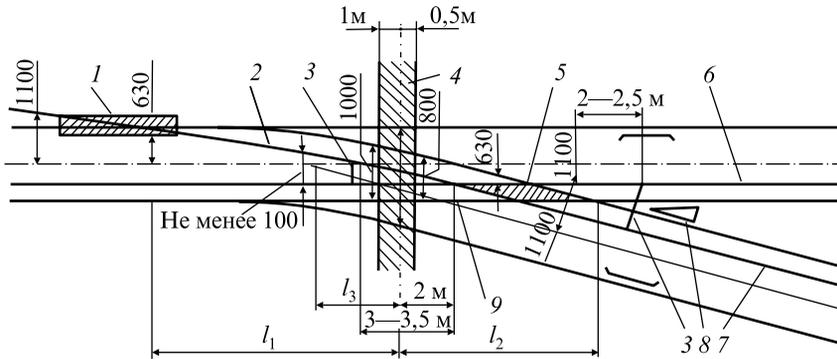


Рис. 3.33. Схема фиксированной воздушной стрелки при обыкновенном стрелочном переводе: 1 — зона прохода полоза токоприемника под нерабочей ветвью контактного провода; 2 — нерабочая ветвь контактного провода; 3 — электрические соединители; 4 — область расположения фиксирующего устройства; 5 — зона подхвата ползком токоприемника контактных проводов; 6 и 7 — контактный провод прямого и примыкающего путей; 8 — крестовина; 9 — место пересечения контактных проводов

быть фиксированными с обеспечением возможности взаимных продольных перемещений контактных проводов. На второстепенных путях допускается применять нефиксированные воздушные стрелки.

На воздушных стрелках контактные провода главных путей или путей преимущественного направления движения поездов должны быть расположены снизу.

Пересечение контактных проводов, образующих воздушную стрелку при обыкновенном стрелочном переводе, должно отстоять от осей прямого и примыкающего путей на 360—400 мм и находиться в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов составляет 730—800 мм (рис. 3.33).

При перекрестном стрелочном переводе контактные провода пересекающихся путей должны иметь двойное (ромбовидное) пересечение в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов составляет 730—800 мм (рис. 3.34, а). Допускается одинарное пересечение контактных проводов над центром пересечения осей путей. При глухом пересечении путей контактные провода располагают над центром пересечения осей путей (рис. 3.34, б).

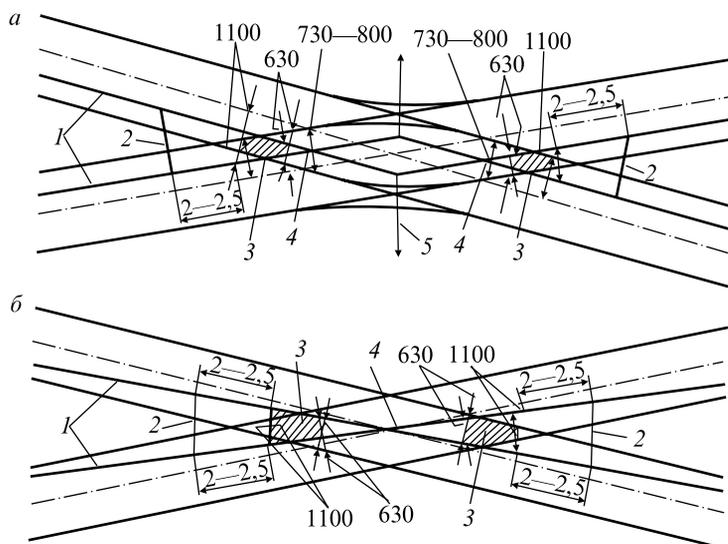


Рис. 3.34. Схемы воздушной стрелки: *a* — при перекрестном стрелочном переводе; *б* — при глухом пересечении путей; 1 — контактные провода пересекающихся путей; 2 — электрические соединители; 3 — зона подхвата ползком токоприемника контактных проводов; 4 — место пересечения контактных проводов; 5 — фиксирующее устройство

Зона подхвата ползком токоприемника контактных проводов при смыкающего или пересекающего пути и зона прохода полза токоприемника ЭПС под нерабочими ветвями контактных проводов должны располагаться на расстоянии 630—1100 мм от оси пути.

Контактные провода, образующие стрелку, должны иметь между собой в точке пересечения связь, чтобы подъем одного из проводов был невозможен без одновременного подъема другого провода. Без такой связи токоприемник, двигаясь по контактному проводу одной подвески при подходе к стрелке, отжал бы его, а контактный провод другой подвески остался бы на прежней высоте. В результате последний мог оказаться на скосе полза или под ползком токоприемника, что вызвало бы серьезные повреждения контактной сети и токоприемника. Поэтому пересекающиеся контактные провода связывают между собой с помощью ограничительной накладкой, установленной

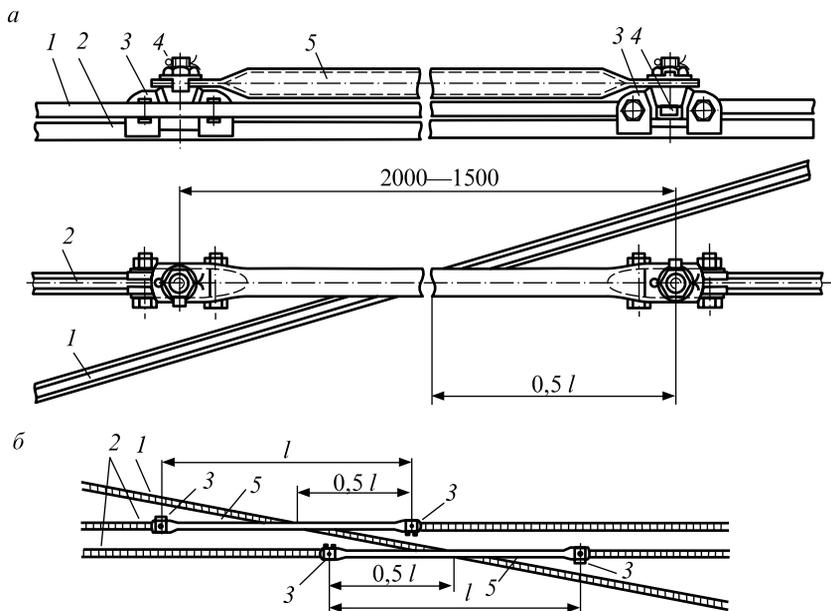


Рис. 3.35. Пересечение контактных роводов на воздушной стрелке и положение ограничительной накладки при среднегодовой температуре воздуха: *а* — при пересечении одинарных контактных проводов; *б* — при пересечении одинарного провода с двойным; *l* — длина ограничительной накладки

на нижнем контактном проводе (рис. 3.35, *а*). Верхний контактный провод *1* пропускается между ограничительной накладкой *5* и нижним контактным проводом *2*. Специальными болтами с гайками и со шпильками *4* ограничительную накладку крепят к фиксирующим зажимам *3*, установленным на контактном проводе.

Длину ограничительной накладки выбирают такой, чтобы она не препятствовала перемещению компенсированных контактных проводов в разные стороны при изменении температуры воздуха. В зависимости от расстояния между воздушной стрелкой и средней (или жесткой) анкерровкой нижнего контактного провода длину ограничительной накладки принимают длиной 1,5 м при марке крестовины 1/9 и круче, 1,7 м — при марке крестовины 1/11 и 2,0 м — при марке крестовины 1/18 и плавнее. Расстояние между ограничитель-

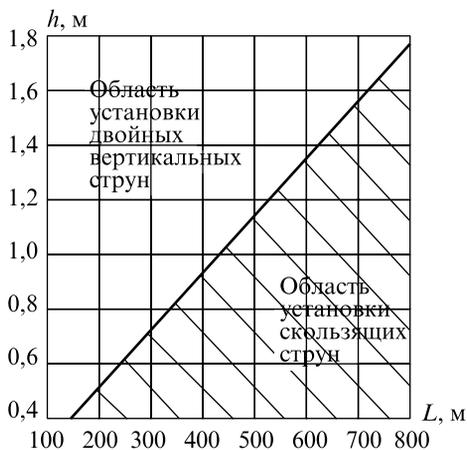


Рис. 3.36. Области установки различных видов струн на воздушных стрелках полукompенсированной подвески в зависимости от расстояния  $h$  между несущим тросом и контактным проводом и  $L$  от воздушной стрелки до жесткой или средней анкеровки контактного провода

За зоной подхвата полозом токоприемника контактных проводов, на расстоянии не более 1 м в сторону крестовины, должны быть установлены двойные вертикальные или скользящие струны. Скользящие струны необходимо устанавливать при полукompенсированной подвеске в соответствии с рис. 3.36.

Если расстояние между струнами с двух сторон пересечения превышает допустимый межструновой пролет, ограничительные накладки на пересечении следует подвесить на дополнительные, соответственно двойные вертикальные или скользящие струны.

Вместо скользящих струн могут применяться устройства одновременного подъема контактных проводов воздушной стрелки, перекрестные гибкие струны и жесткие распорки. Применение рессорных струн на воздушных стрелках не допускается.

При полукompенсированных цепных подвесках связь между проводами на нефиксированных воздушных стрелках, помимо ограничительных накладок на контактных проводах, обеспечивают также

ной накладкой и контактным проводом, на котором она установлена, должно быть 13—15 мм.

Ограничительные накладки устанавливают на каждый контактный провод, расположенный снизу (рис. 3.35, б). Головки болтов фиксирующих зажимов, крепящих ограничительную накладку, должны быть обращены к контактному проводу примыкающего провода при среднегодовой температуре воздуха данного температурного района должно располагаться в средней части ограничительной накладки.

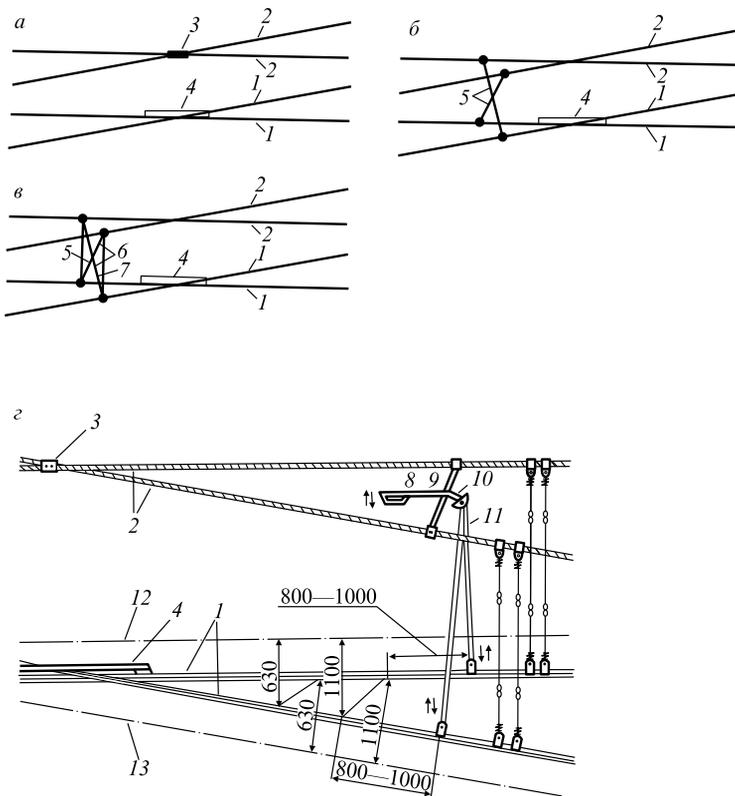


Рис. 3.37. Схемы связей проводов цепных подвесок на воздушных стрелках: *a* — жесткое соединение несущих тросов; *б* — посредством перекрестных струн; *в* — с помощью перекрестной жесткой распорки; *г* — устройство «Балансир» одновременного подъема контактных проводов на воздушной стрелке; 1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — жесткое соединение; 4 — ограничительная накладка; 5 и 6 — перекрестные и вертикальные струны; 7 — жесткая перекрестная распорка; 8 — противовес; 9 — соединительный элемент; 10 — основной рычаг; 11 — жесткие распорки; 12 и 13 — оси прямого и примыкающего пути (съезда)

установкой соединительных зажимов на образующих воздушную стрелку несущих тросах в месте их пересечения (рис. 3.37, *a*).

В том случае, когда воздушная стрелка образована пересечением ветвей компенсированных цепных подвесок или компенси-

рованной и полукомпенсированной, связь между проводами подвесок обеспечивают установкой перекрестных струн (рис. 3.37, б), крепящих контактные провода каждой образующей воздушную стрелку подвески к несущему тросу другой контактной подвески, или перекрестных вертикальных струн и жесткой перекрестной распорки (рис. 3.37, в). Обеспечивая одновременный подъем контактных проводов, образующих воздушную стрелку, такие струны и распорки позволяют в то же время как контактным проводам, так и несущим тросам перемещаться вдоль пути при изменениях температуры воздуха. Перекрестные струны иногда выполняют скользящими.

Устройство одновременного подъема контактных проводов на воздушной стрелке «Балансир» (рис. 3.37, г) при нажатии токоприемника на контактный провод обеспечивает подъем на эту же величину примыкающего контактного провода.

На качество токосъема при проходе токоприемником воздушной стрелки, особенно при высоких скоростях, влияют также:

- превышение при монтаже уровня контактного провода примыкающего пути над уровнем контактного провода главного пути в точке подхвата ползком токоприемника контактного провода примыкающего пути;
- разница в подъеме контактных проводов в точке подхвата при приложении к одному из них вертикальной статической нагрузки, имитирующей возможное в эксплуатации нажатие токоприемника;
- разность между эластичностью цепной подвески, по которой идет токоприемник, и суммарной эластичностью двух подвесок при подхвате токоприемником контактного провода другой подвески, а также равномерность нарастания суммарной эластичности подвесок в зоне воздушной стрелки;
- расстояние от точки подхвата ползком токоприемника контактного провода другой подвески до места пересечения контактных проводов.

В зоне подхвата ползком токоприемника контактные провода должны находиться по высоте на одном уровне. При скорости движения поездов более 70 км/ч контактные провода примыкающего пути (съезда) должны быть в зоне подхвата на 20—40 мм выше контактных проводов главного пути.

Между точкой пересечения контактных проводов и струнами, расположенными за зоной подхвата, установка зажимов на контактных проводах, кроме крепления ограничительной накладки, не допускается.

Нерабочие ветви контактных проводов, где они входят в зону прохода полоза токоприемника, должны быть закреплены на двойных струнах струновыми зажимами и расположены на 150 мм выше рабочего контактного провода с допуском +50 мм.

Несущие тросы полукомпенсированных подвесок над пересечением контактных проводов должны быть механически соединены между собой болтовыми зажимами. Допускается дополнительное соединение несущих тросов над зоной подхвата контактных проводов, при этом боковой угол наклона поддерживающих струн не должен превышать  $20^\circ$ .

Несущие тросы компенсированных подвесок над пересечением контактных проводов не должны иметь механических соединений и соприкосновений друг с другом в месте пересечения при температурных изменениях.

При обыкновенном стрелочном переводе электрические соединители контактных подвесок на воздушных стрелках устанавливаются на расстоянии 3—3,5 м от точки пересечения контактных проводов в сторону острья стрелочного перевода, а также на расстоянии 2—2,5 м от зоны подхвата в сторону крестовины стрелочного перевода.

При перекрестном стрелочном переводе и глухом пересечении путей электрические соединители контактных подвесок размещают с обеих сторон воздушной стрелки на расстоянии 2—2,5 м от зоны подхвата в сторону крестовин.

Фиксирующие устройства на опоре, на фиксирующем тросе гибкой или жесткой поперечины при обыкновенном стрелочном переводе располагают на расстоянии 2 м с допусками  $-0,5$  и  $+1$  м от точки пересечения контактных проводов в сторону острья стрелочного перевода, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов 800—1000 мм (см. рис. 3.33). Расстояния от фиксирующего устройства до острья стрелочного перевода, центра крестовины и математического центра перевода приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Расстояние от фиксирующего устройства до элементов стрелочного перевода на воздушной стрелке**

Марка крестовины	Расстояние от фиксирующего устройства, м		
	до остряка стрелочного перевода $l_1$	до центра крестовины $l_2$	до математического центра стрелочного перевода $l_3$
1/22	39,5	21,0	12,5
1/18	32,5	17,0	11,0
1/11	17,5	9,5	6,0
1/9	17,0	8,0	5,0
1/6	10,0	5,5	3,0

Фиксирующие устройства при перекрестном стрелочном переводе размещают напротив места пересечения осей пересекающихся путей (см. рис. 3.34).

На главных путях участков скоростного движения поездов (161—200 км/ч) воздушные стрелки должны быть, как правило, зафиксированы с помощью двух консолей при расстоянии между ними 1,2 м. При марке крестовины 1/11 оптимальное расстояние от опоры для фиксации воздушной стрелки до математического центра стрелочного перевода 4,5 м.

Расстояние между контактными проводами в плане в месте их фиксации на воздушных стрелках должно быть не менее 100 мм. Фиксаторы должны работать только на растяжение.

Воздушные стрелки следует размещать не ближе двух пролетов от компенсированной анкеровки и максимально приближать к средней или жесткой анкеровке контактного провода.

### **3.7. Контактная подвеска в искусственных сооружениях**

Искусственные сооружения (мосты, путепроводы, тоннели и другие сооружения), встречающиеся на перегонах и станциях электрифицируемой линии, часто не позволяют смонтировать типовую цепную подвеску. Способ прохода контактной подвески в искусст-

венных сооружениях выбирают в зависимости от напряжения в контактной сети, высоты искусственного сооружения над уровнем верха головок рельсов, длины его вдоль электрифицированных путей, скорости движения поездов.

Размещение контактной подвески в искусственных сооружениях при ограниченных габаритах связано с решением двух основных задач:

- обеспечение необходимых воздушных зазоров между контактной подвеской и заземленными частями искусственных сооружений;
- выбор материала, конструкции и способа закрепления поддерживающих устройств.

Площадь сечения подвески в пределах искусственного сооружения должна быть равна площади сечения контактной подвески на прилегающих участках, для чего в необходимых случаях монтируют обводы, восполняющие площадь сечения несущего троса или усиливающих

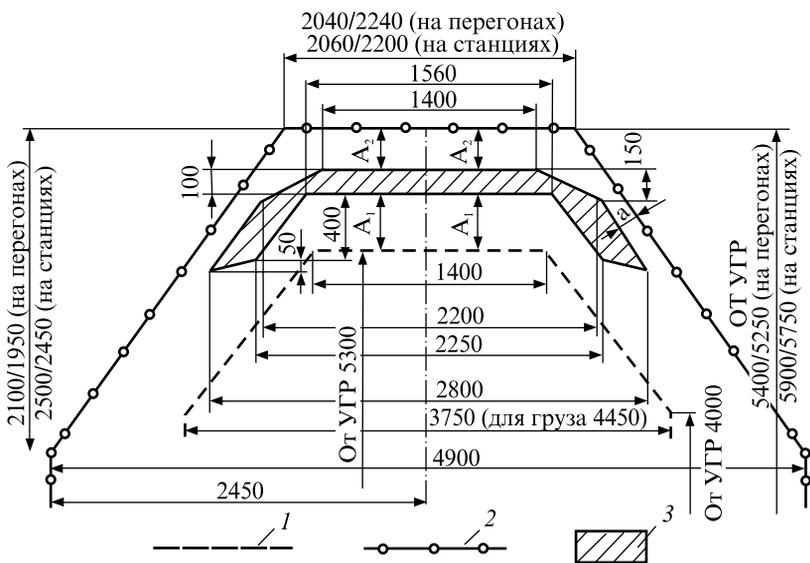


Рис. 3.38. Расстояние между сооружениями, устройствами контактной сети, токоприемником и подвижным составом: 1 — габарит подвижного состава; 2 — габарит искусственных сооружений; 3 — положение токоприемника с учетом его смещения; в числителе для контактной подвески с несущим тросом, в знаменателе — без него

проводов. В сооружениях со стесненными габаритами подвешивают, как правило, два контактных провода; жесткое крепление их не допускается.

В пределах искусственных сооружений расстояния от частей токоприемника и контактной сети, находящихся под напряжением, до заземленных частей сооружений и подвижного состава должны соответствовать расстояниям, приведенным на рис. 3.38 и в табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Допустимые расстояния между проводами контактной сети и токоприемником в искусственном сооружении**

Номинальное напряжение в контактной сети относительно земли, кВ	$A_1$ — величина вертикального воздушного зазора между габаритом подвижного состава и наинищим положением контактного провода, мм			$A_2$ — величина вертикального воздушного зазора между токонесущими частями контактной подвески и заземленными частями искусственных сооружений, мм		$a$ — величина бокового воздушного зазора между деталями токоприемника, находящегося под напряжением, и заземленными частями искусственных сооружений, мм	
	Номинальная		Минимальная допустимая для перегонов и путей на станциях, на которых не предусматривается стоянка подвижного состава	Номинальная	Минимальная допустимая	Номинальная	Минимальная допустимая
	для перегонов и путей на станциях, на которых не предусматривается стоянка подвижного состава	для остальных путей на станциях					
3	450	950	250	200	150	200	150
25	450	950	375	350	300	250	200

*Примечания:* 1. Во всех случаях, когда это не связано с большими экономическими нецелесообразными затратами или длительными перерывами движения, переустройство существующих сооружений под электрическую тягу должно производиться с соблюдением норм для напряжения в контактном проводе, максимально возможного на рассматриваемой линии в перспективе.

2. Минимальные допустимые величины  $A_1$ ,  $A_2$  и  $a$  могут применяться с разрешения ОАО «РЖД» только в исключительных случаях на существующих искусственных сооружениях.

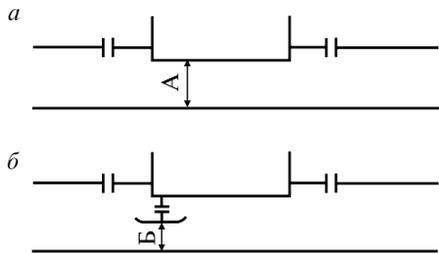


Рис. 3.39. Расположение контактных проводов в искусственных сооружениях: *a* — без отбойника; *б* — с отбойником; расстояние от контактного провода до искусственного сооружения — *A*, до изолированного отбойника — *B*

Расстояние от контактного провода до расположенных над ним заземленных частей искусственных сооружений и поддерживающих устройств (мостов, путепроводов, тоннелей, сигнальных мостков) должно быть при двух контактных проводах не менее 500 мм, при одном — не менее 650 мм. Расположение контактных проводов в искусственных сооружениях и условия установки изолированных отбойников приведены на рис. 3.39 и в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Допустимые расстояния *A* от контактного провода до искусственного сооружения и *B* до отбойника

Наличие изолированного отбойника на искусственном сооружении	При двух контактных проводах, мм	При одном контактном проводе, мм
Не имеется	Более 500	Более 650
Имеется	70—500	100—650

Изолированные отбойники (рис. 3.40) или ограничители подъема контактных проводов исключают возможность приближения контактных проводов и токоприемника к расположенным над ними заземленным частям. Отбойники должны иметь форму, исключаящую удар по ним полоза токоприемника при поджатии контактного провода.

Минимально допустимые расстояния от контактного провода до изолированного отбойника (без учета отжатия контактного провода токоприемником) следующие:

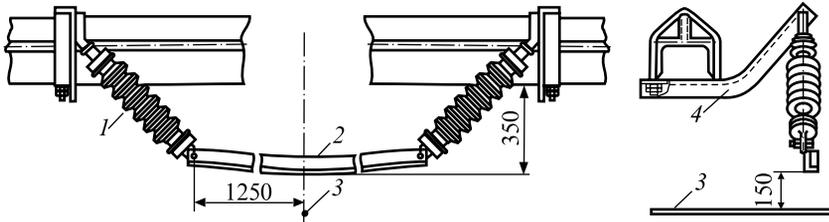


Рис. 3.40. Отбойник для контактного провода: 1 — изолятор; 2 — отбойник; 3 — контактный провод; 4 — крепежный кронштейн

не менее 150 мм для одного и 100 мм для двух рабочих контактных проводов при скорости движения ЭПС от 121 до 200 км/ч; не менее 100 мм для одного и 70 мм для двух рабочих контактных проводов при скорости движения поездов от 51 до 120 км/ч; не менее 50 мм — на станциях, деповских и других второстепенных путях, где скорости движения не превышают 50 км/ч.

Минимальный воздушный зазор от фарфора изолятора, находящегося со стороны напряжения (или первого от напряжения ребра стержневого изолятора), до заземляющих опорных устройств и искусственных сооружений должен быть не менее 150 мм при постоянном токе и не менее 300 мм при переменном токе. От фарфора изолятора, находящегося со стороны заземленных частей (или первого от заземленных частей ребра стержневого изолятора), это расстояние должно быть не менее 100 мм независимо от системы тока и напряжения.

Изоляторы, поддерживающие контактную подвеску в пределах искусственного сооружения и находящиеся в анкеровках на эти сооружения, следует устанавливать в таких местах, где исключается возможность протечек и попадания на изоляторы загрязненных стоков при дожде и таянии снега. В тоннелях, имеющих течь воды, для предотвращения перекрытия изоляторов устанавливают защитные экраны (зонтики) из полимерных или других материалов (по местным условиям).

В тех случаях, когда при номинальном напряжении в контактной сети нельзя по условиям необходимых габаритных расстояний для этого напряжения разместить без реконструкции искусственного сооружения контактную подвеску, в пределах искусственного сооружения монтируют неизолированную контактную подвеску с устройством с обеих ее сторон нейтральных вставок с применением

секционных изоляторов (до переустройства сооружения). Поезда в этом случае проходят искусственное сооружение с выключенным током по инерции или с опущенным токоприемником. Возможность такого прохода поездами искусственных сооружений проверяют соответствующим расчетом.

Конструкция крепления поддерживающих и фиксирующих устройств контактной сети на железнодорожных мостах и путепроводах должна противостоять воздействию вибрации, возникающей при проходе подвижного состава.

В пределах искусственных сооружений, подверженных вибрации, не допускается применение стержневых фарфоровых изоляторов. В этих случаях следует применять полимерные изоляторы, а крепления контактной подвески выполнять безболтовой арматурой.

Узлы крепления контактной подвески в искусственных сооружениях должны обеспечивать свободное перемещение компенсированных проводов при изменении температуры. Поддерживающие струны при подходе к искусственным сооружениям и в его пределах при стесненных габаритах должны быть скользящие. Расстояние между находящимися под напряжением несущим тросом и контактным проводом в середине пролета должно быть не менее 150 мм.

Заземленные вставки несущих тросов под искусственными сооружениями должны быть выполнены из стального проката с креплением безболтовой арматурой и проложены открыто.

Непосредственно на подходах к искусственному сооружению и в его пределах при скорости движения поездов 161—200 км/ч для выравнивания эластичности контактной подвески вдоль пролета:

- устанавливают у опорного узла простые струны при длине пролета до 18 м или укороченные рессорные струны длиной 12 м при длине пролета от 25 до 40 м;
- переходят от простых струн к укороченной рессорной струне на смежных опорах в пролете длиной от 18 до 25 м;
- переходят от опорного узла с укороченной рессорной струной к типовому опорному узлу в ближайшем к искусственному сооружению пролете длиной более 40 м.

На подходах к искусственному сооружению должен быть выполнен уклон контактного провода со снижением высоты от УГР, а за искусственным сооружением — уклон с повышением высоты от УГР.

Под сигнальными и пешеходными путепроводами, имеющими ширину вдоль пути 10—15 м и достаточно большую высоту, контактную подвеску пропускают свободно, не подвешивая ее к этим сооружениям. При этом опоры контактной сети располагают так, чтобы сооружение оказалось примерно в середине пролета, т.е. в той его части, где несущий трос имеет наибольший провес. Для предотвращения возможности поджатия к мостику подвески в случае, например, повышенного натяжения токоприемника устанавливают отбойники несущего троса.

На мостах с ездой поверху проход контактной подвески не требует каких-либо специальных устройств, кроме закрепления на них опор. На мостах с ездой понизу контактную подвеску монтируют короткими пролетами длиной 10—25 м, применяя специальные поддерживающие конструкции, укрепляемые на фермах и поперечных связях моста.

На мостах, имеющих пролетные строения средней длины с низкими фермами, несущий трос пропускают над пролетным строением и закрепляют на специальных кронштейнах. Контактный провод подвешивают к несущему тросу на струнах, размещенных в промежутках между верхними ветровыми связями моста (рис. 3.41). При необходимости над контактным проводом устраивают отбойники.

В том случае, если мосты состоят из высоких ферм, несущий трос проходит под поперечными связями такого моста и крепится на них с помощью звеньев из круглой стали или поперечных тросов, натянутых между элементами боковых ферм (между дополнительными кронштейнами).

При компенсированных подвесках для крепления несущего троса применяют ролики, обеспечивающие его продольные перемещения.

На мостах, в тоннелях, как правило, применяют полукompенсированную цепную подвеску с двумя контактными проводами

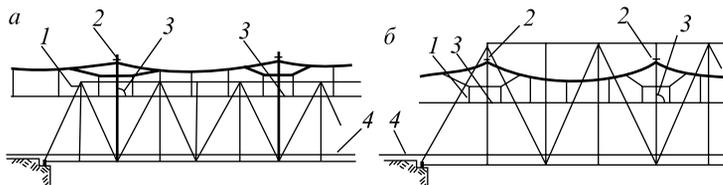


Рис. 3.41. Схема прохода контактной подвески на мостах с ездой понизу: а и б — несущий трос сверху и внутри моста; 1 — отбойник; 2 — специальный кронштейн; 3 — фиксатор; 4 — уровень головки рельса

(ромбовидную). Расстояние между точками подвеса несущего троса принимают 10—30 м. Расстояние между контактным проводом и несущим тросом 0,25—0,5 м.

В сооружениях со стесненными габаритами применяют контактную подвеску пространственно-ромбическую или без несущего троса с двумя контактными проводами. В практике имеются примеры применения медной шины вместо контактных проводов.

### **3.8. Контрольные вопросы**

1. Как подвешивают, стыкуют и анкеруют провода контактной сети?
2. Какие расстояния между струнами принимают в контактных подвесках?
3. Из каких материалов выполняют струны контактных подвесок?
4. Как выполняют электрические соединители контактных подвесок?
5. Что такое опорный узел контактной подвески?
6. Как выполняют опорные узлы цепных контактных подвесок, что представляют собой их эквивалентные схемы?
7. Что такое анкерные участки контактных подвесок и как выполняют сопряжения анкерных участков?
8. Как выполняют воздушные стрелки контактных подвесок? Какие их схемы возможны?
9. С решением каких задач связано размещение контактных подвесок в искусственных сооружениях?

### **3.9. Практические занятия № 1 по теме:**

#### **Подбор деталей и материалов для узлов контактной сети**

1. Узел подвеса несущего троса на неизолированной консоли полукомпенсированной подвески.
2. Узел подвеса несущего троса на жесткой поперечине полукомпенсированной подвески.
3. Узел подвеса несущего троса на жесткой поперечине компенсированной подвески.
4. Узел жесткой анкеровки несущего троса на опоре.
5. Узел компенсированной анкеровки одинарного контактного провода.

6. Узел компенсированной анкеровки двойного контактного провода.

7. Звеньевая струна, крепление к несущему и контактному проводу.

8. Продольные электрические соединители на неизолирующем сопряжении, узлы крепления к несущему тросу и контактному проводу.

9. Узлы стыкования провода ПБСМ-70 клиновым зажимом, то же ПБСМ-95.

10. Стыкование провода клиноболтовым зажимом.

11. Крепление контактного провода на фиксирующем тросе.

12. Крепление контактного провода на прямом фиксаторе, то же на обратном.

---

---

## Глава 4. Ветроустойчивость контактной сети

### 4.1. Основные положения

Нормальное взаимодействие токоприемников с контактными подвесками при ветре (особенно при порывистом) может быть нарушено вследствие больших горизонтальных отклонений контактного провода от оси полоза токоприемника, длительных устойчивых вертикальных колебаний проводов подвесок в пролетах, больших отжатию контактных проводов токоприемниками у фиксаторов. При сильном ветре также может произойти обрыв или пережог проводов вследствие касания заземленных конструкций.

Чтобы обеспечить ветроустойчивость подвески, необходимо правильно выбрать длину пролетов (расстояния между опорами), от которой в значительной степени зависит и стоимость контактной сети. Чем больше длина пролета, тем дешевле контактная сеть, поскольку на ее сооружение требуется меньше опорных и поддерживающих устройств. Поэтому при проектировании контактной сети длины ее пролетов устанавливают всегда по возможности большими, но с учетом ограничений, вызываемых условиями обеспечения надежной работы, обеспечения безопасности движения поездов. Длины пролета сокращают дифференцированно.

Основными ограничениями являются: допустимое отклонение контактного провода от оси токоприемника в пролете под действием максимального ветра или ветра при гололеде на проводах, обеспечение необходимых вертикальных габаритных расстояний контактных проводов при гололеде или большом нагреве их тяговыми токами, а в некоторых случаях — также и свободно подвешенных проводов на опорах контактной сети. На участках со скоростями

движения более 160 км/ч длина пролета ограничивается по условию надежного токосъема как в нормальных условиях, так и при сильном ветре, гололеде и определяются проектом.

Надежность токосъема при ветре во многом зависит от длины и очертания полозов токоприемников. На всех отечественных токоприемниках длина полоза 2260 мм, горизонтальная часть 1270 мм, углы наклона скосов полоза  $30^\circ$  и  $42^\circ$ .

Для таких полозов с учетом порывистости ветра, а также упругого прогиба опор на уровне контактного провода  $\gamma_k$  наибольшее допустимое отклонение контактного провода от оси токоприемника ветром  $b_{k \text{ доп}}$  при расчетах длин пролетов принимают 500 мм на прямых и 450 мм на кривых участках пути. При двух контактных проводах в цепной подвеске указанные значения  $b_{k \text{ доп}}$  относятся к наружному от оси токоприемника проводу.

Опыт эксплуатации показывает, что при качественном изготовлении и содержании полозы токоприемников могут обеспечивать взаимодействие с контактным проводом при большем, чем нормативное отклонении последнего ветром от оси полоза. Отсюда следует, что при определении длин пролетов имеется запас по допустимому значению отклонения ветром контактного провода от оси полоза. Однако в эксплуатации этот запас может быть исчерпан такими не учитываемыми при расчетах длин пролетов факторами, как смещение оси токоприемника от оси пути, поперечное колебание токоприемника, боковое смещение кузова электровоза, изменение со временем положения пути на выходах и входах в кривые, возвышение одного рельса над другим на прямых и кривых участках пути и др. Поэтому значение  $b_{k \text{ доп}}$  при расчете длин пролетов обычно принимают 450—500 мм. Экспериментальные исследования ветровой нагрузки, действующей на провод, показывают, что она меняется во времени и вдоль пролета. Под действием горизонтальной составляющей ветровой нагрузки провода совершают вынужденные колебания, характер которых определяется пульсациями скорости ветра и параметрами колебательной системы (одиночный контактный провод, цепная контактная подвеска). Постоянная составляющая ветровой нагрузки, обусловленная средней скоростью ветра, вызывает статическое отклонение провода. Реакцией провода на действие пульсирующей составляющей вет-

ровой нагрузки являются его вынужденные колебания (динамическое отклонение) около положения статического отклонения провода. Значение динамической составляющей отклонения провода зависит от пульсации скорости ветра как во времени в какой-либо точке пролета, так и вдоль пролета. Пульсации скорости ветра в свою очередь зависят от средней скорости ветра, длины пролета и веса проводов (амплитудно-частотной характеристики колебательной системы), шероховатости поверхности земли и высоты проводов над ней.

**Метод статического расчета** длин пролетов контактных подвесок имеет следующие недостатки: ветровая нагрузка считается во времени и по длине пролета постоянной, соответствующей средней расчетной скорости ветра; не учитывается изменение натяжения проводов, образующих контактную подвеску, при воздействии на них пульсирующей ветровой нагрузки.

**Метод динамического расчета** ветровых отклонений проводов контактной сети и максимально допустимых длин пролетов контактных подвесок основан на решении уравнения колебаний проводов при действии случайной пространственно-временной ветровой нагрузки. Расчетная схема этого метода с большой точностью отражает действительный динамический процесс колебаний проводов при воздействии на них ветровой нагрузки.

При динамическом расчете ветровых отклонений учитывают: возможные пульсации скорости ветра как во времени, так и по длине пролета; изменения натяжения компенсированных контактных проводов и несущих тросов при воздействии на них ветровой нагрузки. Динамический расчет позволяет определять ветровые отклонения проводов контактной сети с заданной надежностью (до 98,5 %). Однако он требует применения сложных математических формул и поэтому в учебнике не рассматривается. Расчеты длин пролетов по этому методу осуществляют на ЭВМ по специально разработанной программе. На рис. 4.1 приведены результаты таких расчетов в виде графиков допустимых длин пролетов (кривые 1—12) цепных контактных подвесок с одним (МФ-100) и с двумя (2МФ-100) контактными проводами. Номера кривых для расчетной скорости ветра показаны в табл. 4.1.

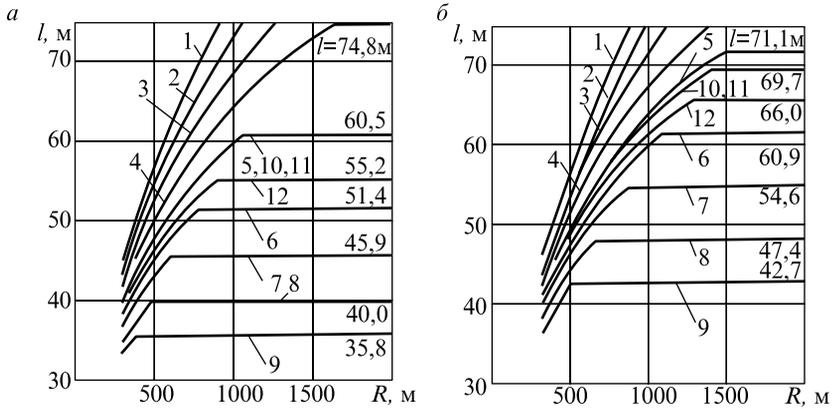


Рис. 4.1. Графики допустимых длин пролетов цепной подвески: *a* — компенсированной (ПБСМ-70+МФ-100) на изолированных консолях при  $K = 10$  кН,  $C_x=1,25$ ; *b* — полукомпенсированной (М-120+2МФ-100) на гирляндах из двух изоляторов при  $2K = 20$  кН,  $C_x = 1,55$

Таблица 4.1

Расчетная толщина стенки гололеда, мм	Номера кривых (см. рис. 4.1) для расчетной скорости ветра $v$ , м/с									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
До 10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
15	10				11					
20	12									

Наибольшие допустимые длины пролетов между опорами определяют с учетом типа подвески; марок, сечений и натяжения проводов; радиуса кривых; расчетных климатических и эксплуатационных условий для двух расчетных режимов — максимального ветра и ветра с гололедом. Принимается к проектированию меньшее из двух значений. Наибольшие допустимые длины пролета для различных типов подвесок приведены на номограммах (рис. 4.2, *a*, *b*) проектирования контактной сети.

Для пользования номограммами необходимо знание расчетных климатических условий для данной местности:  $v$  — максимальной скорости ветра без гололеда и при гололеде, м/с,  $B$  — толщины стенки гололеда, мм, а также плана пути (прямая или кривая радиусом  $R$ , м). По расчетным скоростям ветра и толщине стенки гололеда на левой части номограммы для данной подвески на кривой отмечают ветровую нагрузку при максимальном ветре без гололеда и расчетном ветре при гололеде. После чего, проведя горизонтальные линии, на правой части находят соответствующую этим нагрузкам длину пролета в метрах. Принимается к проектированию меньшее из двух значений. Порядок определения на схеме рис. 4.2 показан стрелками.

Длину пролета для промежуточных значений: скорость ветра  $v$ , толщина стенки гололеда  $B$  и радиус кривой  $R$  на номограммах определяют линейной интерполяцией.

Для определения длины пролетов и отклонений проводов под действием ветра и при сочетании гололеда с ветром скорость ветра и толщину стенки гололеда берут по данным многолетних наблюдений о максимальных скоростях ветра и толщине стенки гололеда с повторяемостью один раз в 10 лет. При этом учитывают характер подстилающей поверхности и высоту насыпи на отдельных участках в соответствии с Нормами проектирования контактной сети.

Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ПУТЕКС) установлены предельные длины пролета контактной сети независимо от результатов расчета.

Наибольшая длина пролета контактной подвески не должна превышать:

на прямых участках пути 70 м, а при скорости движения поездов более 160 км/ч — 65 м;

в незащищенных от ветра местах и на насыпях высотой от 5 до 10 м в лесистой местности — 60 м;

на насыпях высотой от 5 до 10 м открытой местности, в поймах рек и над оврагами — 50 м;

на насыпях, эстакадах и мостах при высоте более 10 м над открытой местностью или над деревьями в лесистой местности — 40 м.

Наибольшая длина пролета контактной подвески в кривых участках пути, не защищенных от ветра, не должна превышать: при радиусе кривой 1500 м — 60 м; 1200 — 50; 1000 — 45; 800 — 40; 300 м — 30 м.

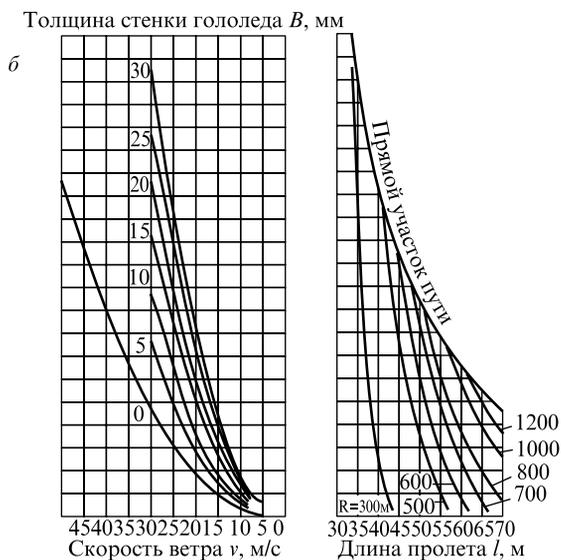
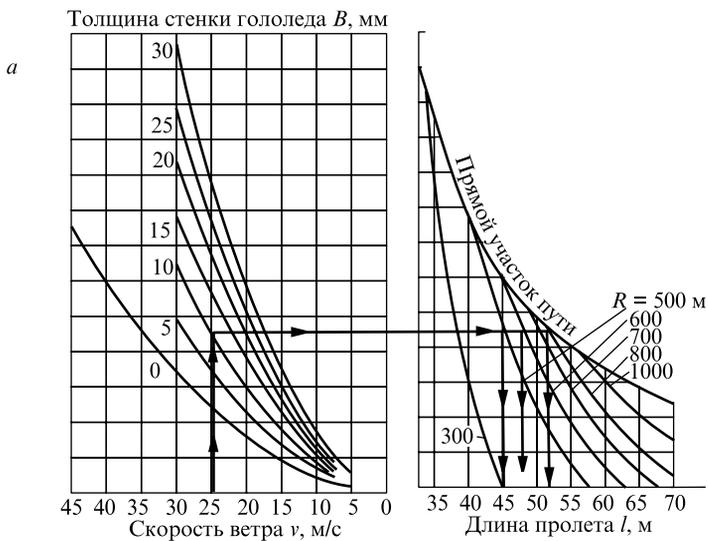


Рис. 4.2. Наибольшие допустимые длины пролетов при компенсированных подвесках: *а* — переменного тока на изолированных консолях ПБСМ–70(95)+МФ-100 и ПБСА-50/70+МФ-100; *б* — постоянного тока на гирлянде из двух изоляторов ПБСМ-95+2МФ-100, М-120+2МФ-100

Длину переходных пролетов контактной подвески на изолирующих сопряжениях сокращают на прямых и кривых участках пути радиусом более 1500 м на 25 %; на кривых участках пути радиусом более 1000—1500 м на 20 %; то же более 500—1000 м на 15 %; то же менее 500 м на 10 %. Длину пролета со средней анкерровкой контактного провода сокращают на 10 % по сравнению с расчетной. Отклонение фактической длины от расчетной допускается от +1 до -2 м, а на участках со скоростями движения поездов более 160 км/ч — не более  $\pm 0,5$  м.

## 4.2. Ветровое отклонение одиночного провода

Ветровое отклонение одиночного (одинарного) провода при действии на провод равномерно распределенных по пролету вертикальной  $g$  и горизонтальной  $p$  нагрузок провод расположится в наклонной плоскости, как показано на рис. 4.3.

Обозначив через  $b_x$  величину горизонтального статического отклонения провода в точке на расстоянии  $x$  опоры и через  $y$  — провес провода в этой точке в направлении суммарной нагрузки  $q$ , из подобия треугольников получим

$$b_x = yp / q.$$

Провес провода в любой точке пролета определяют:

$$b_x = px(l-x) / (2H),$$

где  $H$  — натяжение провода в нижней точке провеса.

Наибольшее горизонтальное отклонение  $b_{\max}$  провод получит в середине пролета, где имеет стрелу провеса  $f$ :

$$b_{\max} = pl^2 / (8H).$$

Выражения для определения ветровых отклонений одиночного провода можно использовать и при расчете ветровых отклонений контактного провода простых контактных под-

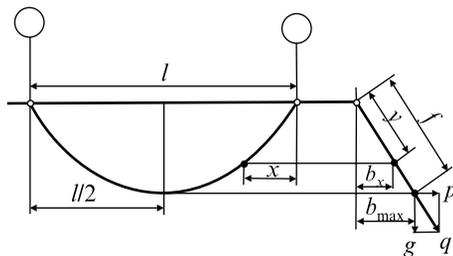


Рис. 4.3. Схема для определения статических отклонений одиночного провода ветром в различных точках пролета

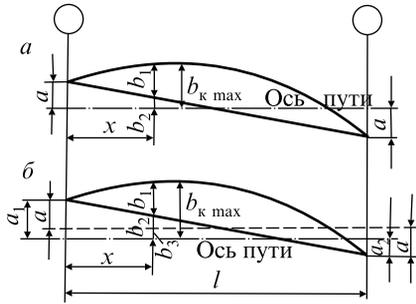


Рис. 4.4. Схемы для определения допустимой длины пролета на прямом участке пути при заданном (а) и среднем (б) значениях зигзага контактного провода

от оси пути в горизонтальной плоскости при ветре будет определяться суммой отклонений  $b_1$  и  $b_2$  (рис. 4.4, а), значения которых могут быть найдены по формулам

$$b_1 = p_k x(l - x)/(2K);$$

$$b_2 = a(l - 2x)/l,$$

где  $a$  — зигзаг контактного провода.

Отсюда получим статическое отклонение контактного провода  $b_{кx}$  от оси пути в любой точке пролета, расположенной на расстоянии  $x$  от опоры:

$$b_{кx} = \frac{p_k x(l - x)}{2K} + \frac{a(l - 2x)}{l}.$$

Наибольшее отклонение контактного провода от оси пути (или, что то же самое, на прямом участке пути оси токоприемника) будет в точке, расположенной от опоры на расстоянии

$$x = \frac{1}{2} - \frac{2aK}{p_k l}.$$

С учетом этого

$$b_{к\max} = \frac{p_k l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{p_k l^2}.$$

При различных зигзагах контактного провода у опор наибольшее его отклонение от оси пути при ветре можно определить сле-

весок, в которых провод расположен в плане между точками подвеса по прямой линии. Вместо  $H$  надо подставить натяжение контактного провода  $K$ .

В случае, когда точки подвеса контактного провода у опор в плане смещены от оси пути в разные стороны (провод относительно оси пути расположен зигзагообразно), его отклонение

дующим образом. Обозначим  $a$  — среднее значение зигзага контактного провода, т.е. Примем

$$a = 0,5(a_1 + a_2),$$

тогда согласно рис. 4.4,  $b$  получим

$$b_3 = a_1 - a = a_1 - 0,5(a_1 + a_2) - 0,5(a_1 - a_2).$$

Наибольшее статическое отклонение провода в пролете:

$$b_{\text{к max}} = \frac{p_{\text{к}} l^2}{8K} + \frac{(a_1 + a_2)^2 K}{2p_{\text{к}} l^2} + \frac{a_1 - a_2}{2}.$$

Наибольшее допустимое значение пролета будет в том случае, когда наибольшее отклонение провода  $b_{\text{к max}}$  получится равным наибольшему допустимому отклонению провода от оси токоприемника  $b_{\text{к доп}}$ . Поэтому, приняв  $b_{\text{к max}} = b_{\text{к доп}}$  и решив его относительно  $l$ , получим выражение для определения допустимой длины пролета  $l_{\text{max}}$  на прямых участках пути при данных  $p_{\text{к}}$ ,  $K$ ,  $b_{\text{к доп}}$  и зигзагах  $a_1$  и  $a_2$ :

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2K}{p_{\text{к}}} \{2b_{\text{к доп}} \pm (a_1 - a_2) + [2b_{\text{к доп}} \pm (a_1 - a_2)]^2 - (a_1 + a_2)^2\}}.$$

При расчетах следует так выбирать знаки, чтобы получить меньшее значение  $l_{\text{max}}$ . Верхние знаки соответствуют направлению ветра со стороны зигзага  $a_2$ , а нижние — со стороны  $a_1$ .

Обычно на большей части прямых участков пути контактный провод монтируют с одинаковыми зигзагами, т.е.  $a_1 = a_2$  (по абсолютной величине). Приняв  $a_1 = a_2 = a$ , получим выражение для определения допустимой длины пролета на прямых участках пути при равных зигзагах провода:

$$l_{\text{max}} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_{\text{к}}} (b_{\text{к доп}} + \sqrt{b_{\text{к доп}}^2 - a^2})}.$$

Рассматривая эту формулу, следует заметить, что допустимая длина пролета растет с увеличением натяжения контактного провода  $K$ , допустимого отклонения  $b_{\text{к доп}}$  и уменьшается с увеличением ветровой нагрузки  $p_{\text{к}}$  и зигзага  $a$ . Таким образом, ветроустойчивость контактной подвески зависит от расположения ее проводов в плане.

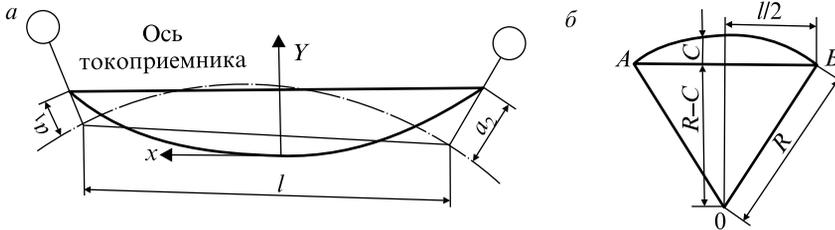


Рис. 4.5. Схемы для определения допустимой длины пролета на кривом участке пути (а) и отклонения кривой оси пути (б)

Схема для определения допустимой длины пролета на кривом участке показана на рис. 4.5, а. Отклонение кривой оси пути  $C$  можно определить с помощью схемы, показанной на рис. 4.5, б. Для треугольника  $OAB$  имеем

$$(l/2)^2 + (R - C)^2 = R^2.$$

Раскрыв скобки и пренебрегая сравнительно малым значением  $C^2$ , получим

$$C = l^2/8R.$$

Максимальное ветровое отклонение контактного провода от оси токоприемника на кривом участке пути радиуса  $R$  при неодинаковых зигзагах контактного провода у опор можно найти по формуле

$$b_{\text{к макс}} = \frac{l^2}{8} \left( \frac{p_{\text{к}} \pm 1}{K \pm R} \right) + \frac{(a_1 - a_2)^2}{2(p_{\text{к}}K \pm 1/R)l^2} \pm \frac{a_1 + a_2}{2}. \quad (4.1)$$

При неодинаковых зигзагах  $a_1$  и  $a_2$ , максимальное ветровое отклонение контактного провода будет несколько смещено от середины пролета. Это смещение определяется

$$x = \pm \frac{a_1 + a_2}{(p_{\text{к}}/K \pm 1/R)l}.$$

Если  $b_{\text{к макс}} = b_{\text{к доп}}$  и решить его относительно  $l$ , получим выражение для определения допустимой длины пролета  $l_{\text{макс}}$  на кривых участках пути радиуса  $R$  при данных  $p_{\text{к}}$ ,  $K$ ,  $b_{\text{к доп}}$  и зигзагах  $a_1$  и  $a_2$ :

$$l_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{2K}{p_{\text{к}} \pm K/R} \{2b_{\text{к доп}} \pm (a_1 + a_2) + [2b_{\text{к доп}} \pm (a_1 + a_2)]^2 - (a_1 - a_2)^2\}}. \quad (4.2)$$

При одинаковых зигзагах  $a_1 = a_2 = a$  максимальное отклонение контактный провод получит в середине пролета:

$$b_{\text{к макс}} = \frac{l^2}{8} \left( \frac{p_{\text{к}}}{K} \pm \frac{1}{R} \right) \pm a$$

и соответственно

$$l_{\text{ макс}} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_{\text{к}} \pm K/R} (b_{\text{к доп}} \pm a)}.$$

В формулах (4.1) и (4.2) верхние знаки принимают при направлении ветра от центра, а нижние — к центру кривой. При расчетах по формулам следует брать те знаки, которые дадут меньшее значение  $l_{\text{ макс}}$ .

На кривых участках пути значения  $l_{\text{ макс}}$  при нормальных зигзагах контактного провода ( $a = 0,4$  м) могут оказаться больше длины пролета  $l_{\text{ макс}}$ , найденной для прямых участков. При проектировании длину пролета на кривых обычно ограничивают наибольшей длиной пролета для прямых участков, с учетом которой определяют высоту опор и размещение на них поддерживающих устройств. Зигзаги контактного провода у опор ( $a_1$  и  $a_2$ ) в таких случаях находят из условия расположения провода в середине пролета по оси токоприемника. Расположение контактного провода в пролете при этом зависит от допустимого пролета для прямого участка пути  $l_{\text{ макс}}$  и радиуса кривой  $R$  (рис. 4.6, а—д).

Для обеспечения более равномерного износа контактных пластин (вставок) токоприемников зигзаг контактного про-

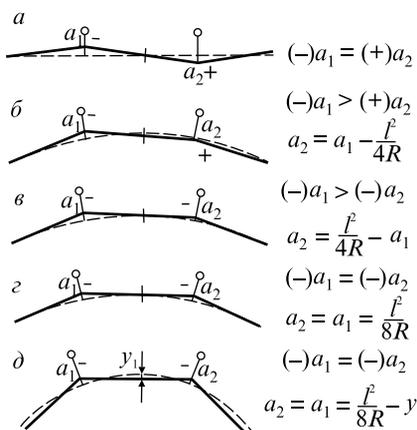


Рис. 4.6. Расположение контактного провода в плане на кривых различных радиусов

вода у одной из опор  $a_1$  при его расположении в пролете по схемам рис. 4.6, б, в принимают 0,3 м. Зигзаг контактного провода у другой опоры  $a_2$  находят по формулам:

для рис. 4.6, б

$$a_2 = a_1 - l_{\max}^2 / (4R), \text{ если } R \geq \frac{l_{\max}^2}{1,2};$$

для рис. 4.6, в

$$a_2 = l_{\max}^2 / 4R - a_1, \text{ если } \frac{l_{\max}^2}{1,2} > R \geq \frac{l_{\max}^2}{2,4}.$$

На кривых участках, радиус которых меньше, зигзаги контактного провода у опор принимают одинаковыми:  $a_1 = a_2 = a$  (рис. 4.6, в) и 0,3—0,4 м в зависимости от радиуса кривой. В этом случае зигзаг контактного провода у опор находят

$$a = C = \frac{l_{\max}^2}{8R},$$

где  $C$  — отклонение кривой оси пути.

Все приведенные выражения для  $b_{\text{к max}}$  и  $l_{\max}$  были выведены без учета изменения упругого прогиба опор на уровне контактного провода  $\gamma_{\text{к}}$  под действием ветровой нагрузки на опоры и провода. Значение  $\gamma_{\text{к}}$  может достигать  $\pm 65$  мм. Поэтому при определении длин пролетов контактных подвесок значение  $\gamma_{\text{к}}$  необходимо учитывать. В этом случае формулы для определения  $b_{\text{к max}}$  и  $l_{\max}$  будут иметь вид:

для прямых участков пути при одинаковых зигзагах контактного провода у опор

$$b_{\text{к max}} = \frac{p_{\text{к}} l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{p_{\text{к}} l^2} + \gamma_{\text{к}};$$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_{\text{к}}} [b_{\text{к доп}} - \gamma_{\text{к}} + \sqrt{(b_{\text{к доп}} - \gamma_{\text{к}})^2 - a^2}]};$$

для кривых участков пути при одинаковых зигзагах контактного провода у опор

$$b_{\text{к max}} = \frac{p_{\text{к}} l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{p_{\text{к}} l^2} + \gamma_{\text{к}};$$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_{\text{к}}} [b_{\text{к доп}} - \gamma_{\text{к}} + \sqrt{(b_{\text{к доп}} - \gamma_{\text{к}})^2 - a^2}]}$$

### 4.3. Ветровые отклонения проводов контактных подвесок

Приведенные формулы для определения ветрового отклонения одиночных проводов можно использовать и при расчетах ветровых отклонений контактных проводов вертикальных цепных подвесок, если в них учесть влияние несущего троса на ветровое отклонение контактного провода. Диаметр, натяжение и способ крепления на опоре несущего троса и контактного провода значительно отличаются друг от друга. Поэтому под действием ветра несущий трос и контактный провод получают разные смещения в горизонтальной плоскости. Если контактный провод под действием ветра отклонится больше, чем несущий трос (рис. 4.7, *а*), струны расположатся наклонно и в них появятся горизонтальные составляющие их натяжения  $p_c$ , направленные против ветровой нагрузки  $p_k$ . В этом случае несущий трос будет препятствовать отклонению контактного провода.

Возможно и другое положение проводов (рис. 4.7, *б*), когда несущий трос отклонится ветром больше, чем контактный провод; в этом случае струны расположатся с наклоном в противоположном направлении. При этом направление  $p_c$  будет совпадать с  $p_k$  и они будут складываться; несущий трос будет увеличивать отклонение контактного провода.

Возможен случай, когда ветровые отклонения несущего троса и контактного провода будут одинаковыми (рис. 4.7, *в*), струны займут вертикальное положение, а  $p_c = 0$ ; несущий трос не будет оказывать влияния на ветровое отклонение контактного провода.

Точный учет взаимодействия несущего троса и контактного провода при их ветровом отклонении, даже при допущении статического и равномерного по длине пролета приложения ветровой нагрузки, представляет значительные трудности. Поэтому нагрузку от реакции струн при расчетах допустимых длин

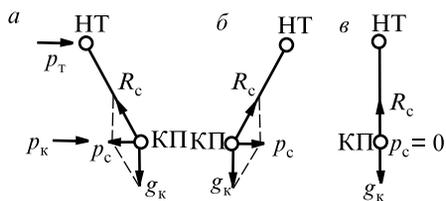


Рис. 4.7. Схемы влияния несущего троса на отклонение контактного провода: *а* — уменьшение отклонения, *б* — увеличение, *в* — нулевое

пролетов вертикальных цепных подвесок определяют с некоторыми допущениями. Считают, что контактный провод и несущий трос взаимодействуют между собой в горизонтальной плоскости лишь в средней части пролета, равной половине его общей длины. Такое допущение является достаточно обоснованным, так как на участках пролета, прилегающих к опорам, струны ввиду большой их длины получают меньшие углы наклона по отношению к вертикали.

Вследствие этого и нагрузки, передаваемые на таких участках с одного провода на другой, имеют небольшую величину. Кроме того, эти нагрузки располагаются на небольших расстояниях от опор и поэтому мало влияют на отклонение проводов в средней части пролета.

Струны в средней части пролета, где учитывается взаимодействие несущего троса и контактного провода, незначительно отличаются по своей длине и по наклону. Поэтому в расчетах они заменяются струнами, имеющими одинаковую (среднюю) длину и один и тот же наклон к вертикали, а сосредоточенные нагрузки  $p_c$ , передающиеся через эти струны в средней части пролета с контактного провода на несущий трос (или наоборот), условно заменяются равномерно распределенной по длине всего пролета эквивалентной удельной нагрузкой  $p_3$ , вызывающей такое же горизонтальное отклонение контактного провода, как и сосредоточенные нагрузки  $p_c$  в средней части пролета.

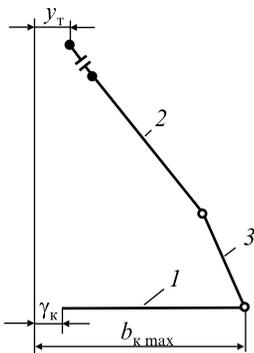


Рис. 4.8. Схемы расположения проводов цепной подвески, отклоненных ветром:  
1 — контактный провод; 2 — несущий трос; 3 — струны

В расчетной схеме для определения ветрового отклонения контактного провода вертикальной цепной подвески, приведенной на рис. 4.8, несущий трос меньше отклонен ветром, чем контактный провод, нагрузка  $p_3$  имеет положительное значение (направлена в противоположную сторону от ветровой нагрузки  $p_k$  и вычитается из нее). В тех случаях, когда несущий трос получит большее отклонение, чем контактный

провод, нагрузка  $p_3$  будет иметь отрицательное значение (направлена в ту же сторону, что и ветровая нагрузка  $p_k$ , и складывается с ней).

Формула для определения удельной эквивалентной нагрузки

$$p_3 = \frac{p_k T - p_T K - \frac{8KT}{l^2} \left( \frac{h_{и} p_T}{q_T} + \gamma_T - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6s_{ср} KT}{g_k l^2}},$$

где  $h_{и}$  — длина подвесной гирлянды (изоляторов и других крепительных деталей) несущего троса;

$s_{ср}$  — средняя длина струны в двух средних четвертях пролета.

Зная  $p_3$  определяют  $b_{k \max}$  и  $l_{\max}$  с учетом влияния несущего троса на ветровое отклонение контактного провода вертикальной цепной подвески. Так, при расположении контактного провода вертикальной цепной подвески по оси пути (без зигзагов) наибольшее отклонение провода в середине пролета

$$b_{k \max} = \frac{(p_k - p_3) l^2}{8K} + \gamma_k.$$

Наибольшее отклонение контактного провода от оси пути при одинаковых его зигзагах у опор

$$b_{k \max} = \frac{(p_k - p_3) l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{(p_k - p_3) l^2} \gamma_k.$$

Это отклонение имеет место в точке, расположенной от середины пролета на расстоянии  $x = 2a K / [l(p_k - p_3)]$ .

Допустимая длина пролета вертикальной цепной подвески на прямых участках пути при одинаковых зигзагах контактного провода и статических нагрузках  $p_k$  и  $p_3$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k - p_3} [b_{k \text{ доп}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{k \text{ доп}} - \gamma_k)^2 - a^2}]}$$

Соответствующие формулы для кривых участков:

$$b_{k \max} = \frac{b^2}{8} \left[ \frac{p_k - p_3}{K} + \frac{1}{R} \right] - a + \gamma_k;$$

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{p_k - p_3 + \frac{K}{R}} (b_{k \text{ доп}} - \gamma_k + a)}.$$

Наибольшие горизонтальные отклонения провода цепной подвески происходят обычно при ветре наибольшей интенсивности. Однако в некоторых случаях это может иметь место и при небольшом ветре, но когда провода покрыты гололедом или изморозью значительной толщины. Следовательно, допустимые длины пролетов цепных подвесок необходимо определять исходя из двух расчетных режимов: ветер наибольшей интенсивности, гололед с ветром. Поэтому величины пролетов должны соответствовать определенному расчетному режиму.

Расчет обычно ведут в следующем порядке. Определяют расчетные ветровые нагрузки на несущий трос  $p_T$  и контактный провод  $p_K$ , а также суммарные нагрузки на несущий трос  $q_T$  при ветре наибольшей интенсивности и гололеде с ветром. Находят  $g_K$  — нагрузку на несущий трос от веса контактного провода (контактных проводов) с учетом веса гололеда на контактных проводах.

Для учета влияния несущего троса на ветровое отклонение контактного провода необходимо знать натяжение троса  $T$  при ветре наибольшей интенсивности или при гололеде с ветром. Натяжение несущего троса компенсированной подвески не зависит от ветровых и гололедных нагрузок, поэтому вместо  $T$  подставляют значение номинального натяжения компенсированного несущего троса. В полукompенсированных цепных подвесках натяжение несущего троса зависит от температуры окружающего воздуха и дополнительных нагрузок, а также от длины пролета. В этом случае вместо  $T$  подставляют значение натяжения несущего троса для режима ветра наибольшей интенсивности или для режима гололеда с ветром  $T_0$ , которое для этих режимов, а также при беспровесном положении контактных проводов определяют по расчету полукompенсированных цепных подвесок. При определении длин пролетов предварительно, до выполнения таких расчетов, значение  $T$  принимают ориентировочно по данным табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Натяжение несущего троса при различных режимах**

Материал несущего троса	Натяжение троса $T$ , %, от максимально допустимого натяжения для режимов			
	ветер наибольшей интенсивности при $t_{\min}$ °С			гололед с ветром
	–30	–40	–50	
Медь	75	70	60	65
Биметалл	80	75	70	75

Значение ветрового отклонения контактного провода пропорционально отношению  $c_x H/K$  (здесь  $c_x$  — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления;  $H$  и  $K$  — соответственно высота сечения и натяжение нового или изношенного контактного провода). Это отношение может служить показателем ветроустойчивости контактных проводов: чем оно меньше, тем выше ветроустойчивость контактного провода. Если для нового провода МФ-100 этот показатель ветроустойчивости принять за единицу (100 %), то другие новые, а также изношенные контактные провода относительно него будут иметь меньшие значения (табл. 4.3).

Таблица 4.3

**Показатель ветроустойчивости контактных проводов**

Износ проводов, %	Значения $c_x H/K$ для проводов марки				Износ проводов, %	Значения $c_x H/K$ для проводов марки			
	МФ-100	МФО-100	МФ-150	2МФ-100		МФ-100	МФО-100	МФ-150	2МФ-100
0	1,00	0,82	0,85	0,62	20	0,92	0,82	0,83	0,57
10	0,90	0,78	0,78	0,56	30	0,97	0,87	0,83	0,60

Изношенные контактные провода с учетом уменьшения их натяжения более ветроустойчивы, чем новые, за исключением овального провода МФО-100 с 30 %-м износом. Поэтому при расчете ветровых отклонений цепных подвесок принимают отсутствие износа и номинальное натяжение контактных проводов, чтобы получить более тяжелый режим.

Ветровые отклонения проводов МФО-100 и МФ-150 в среднем будут в 1,2 раза меньше, чем у МФ-100, а МФ-150 по сравнению с двойным проводом 2МФ-100 — в 1,3 раза больше при прочих равных условиях. Поэтому допустимые длины пролетов цепных подвесок с контактным проводом МФ-150 примерно в 1,5 раза меньше допустимых подвесок с двойными проводами 2МФ-100.

Средняя длина струны в двух средних четвертях пролета

$$s_{\text{cp}} = s_{\text{min}} + \frac{F_0}{12} = s_{\text{min}} + \frac{gl^2}{96T_0},$$

где  $s_{\text{min}}$  — расстояние между контактным проводом и несущим тросом в середине пролета (длина струны, подвешенной в середине пролета);

$F_0$  и  $T_0$  — стрела провеса и натяжение несущего троса при беспривесном положении контактного провода.

В зависимости от конструктивной высоты цепной подвески  $h$  значение  $s$  определяется

$$s_{\text{ср}} = h - \frac{11gl^2}{12 \cdot 8T_0} = h - 0,115 \frac{gl^2}{T_0},$$

где  $g$  — нагрузка на несущий трос от веса всех проводов цепной подвески.

Значение  $T_0$  ориентировочно можно принимать  $0,75 T_{\text{max}}$  для медного несущего троса и  $0,8 T_{\text{max}}$  для биметаллического.

Длину подвесной гирлянды несущего троса  $h_{\text{и}}$  принимают  $0,16$  м (длина серьги и седла) при изолированных консолях;  $0,56$  м при двух подвесных изоляторах в гирлянде;  $0,73$  м при трех;  $0,90$  м при четырех. Если применяют малогабаритные подвесные изоляторы, длину гирлянд соответственно уменьшают.

Дополнительные прогибы опор под действием ветровой нагрузки  $\gamma_{\text{к}}$  и  $\gamma_{\text{т}}$  (соответственно на уровне подвески контактного провода и на уровне закрепления на консоли подвесной гирлянды) определяют с учетом давления ветра как на опоры и провода цепной подвески, так и на усиливающие и другие провода, подвешенные на этих опорах.

Прогибы типовых железобетонных консольных опор для расчетной скорости ветра ориентировочно принимают (табл. 4.4):

Таблица 4.4

**Прогибы железобетонных консольных опор**

$v$ , м/с	До 25	30	35	40
$\gamma_{\text{к}}$ , м	0,010	0,015	0,022	0,030
$\gamma_{\text{т}}$ , м	0,015	0,022	0,030	0,040

Определение длин пролетов вертикальных цепных контактных подвесок целесообразно начинать с установления расчетного режима (ветер наибольшей интенсивности или гололед с ветром), при котором ветровое воздействие на контактную подвеску будет наибольшим.

Ориентировочно расчетный режим можно установить сравнением ветровых нагрузок на контактные провода при максимальном ветре ( $p_{\text{к}}$ ) и при ветре с гололедом ( $p_{\text{кг}}$ ). Если окажется, что

какая-либо из этих ветровых нагрузок превышает другую более чем на 20 %, то определять длины пролетов можно только в режиме одной наибольшей нагрузки. Если  $p_k$  и  $p_{кг}$  отличаются менее чем на 20 %, то длину пролета для данной подвески следует рассчитывать как в обоих режимах ветра, а при трассировке контактной сети принимать наименьшее значение.

При определении  $p_3$  необходимо знать длину пролета  $l$ , которая на данной стадии расчетов неизвестна. Поэтому при решении уравнений прибегают к методу последовательных приближений. Для этого сначала находят длины пролетов  $l'_{\max}$  для прямого и кривого участков пути при  $p_3 = 0$ . Далее определяют следующие значения  $p'_3$ , подставляют их в формулы и находят  $l'_{\max}$ . Если полученные значения для соответствующего расчетного режима не отличаются от  $l_{\max}$  более чем на 5 %, то это означает, что  $l'_{\max}$  определены правильно. Если же  $l'_{\max}$  отличается более чем на 5 % от  $l_{\max}$ , то полученное значение  $l'_{\max}$  вновь подставляют в формулу, находят  $p''_3$ , а затем длины пролетов.

Нагрузка  $p_3$  может оказаться нулевой, иметь положительное или отрицательное значение. Поэтому при определении допустимых длин пролетов необходимо учитывать знак перед  $p_3$ .

#### **4.4. Контактные подвески повышенной ветроустойчивости**

В процессе эксплуатации контактной сети выявляются отдельные участки, на которых скорость ветра значительно (на 5—10 м/с и более) превышает принятую в расчетах при определении длин пролетов. На таких участках отклонение контактного провода от оси токоприемника при сильном ветре может превысить максимальное безопасное значение  $b_{к\max} = 0,8$  м. При этом возможен выход контактного провода за пределы полоза токоприемника с последующим их повреждением.

Необходимую ветроустойчивость контактной сети на участках с интенсивными ветрами обеспечивают: переоборудованием вертикальных подвесок в косые; монтажом ромбовидной или пространственно-ромбической контактной подвески; монтажом жестких распорок между несущим тросом и основным стержнем

фиксатора, а также сокращением длины пролета контактного провода, увеличением натяжения контактного провода и другими техническими мерами.

Длину пролета контактного провода можно сократить установкой промежуточных опор или соответствующим переоборудованием вертикальной цепной подвески. Установка промежуточных опор в пролетах является дорогим и неоправданным (за редким исключением) способом повышения ветроустойчивости вертикальных цепных контактных подвесок. Наиболее рациональным является сокращение длины пролета контактного провода за счет подвески к нему оттяжного провода у опор (рис. 4.9, а, б) или переоборудованием цепных подвесок с двумя контактными проводами в ромбовидные (рис. 4.10, а, б).

Для подвесок с оттяжными проводами оптимальное значение параметра  $\lambda$  находится в пределах  $(0,15—0,2) l$ , а для ромбовидных —  $(0,2—0,25) l$ . При этом большее значение  $\lambda$  соответствует большему расстоянию между контактными и оттяжными проводами или между контактными проводами у опор.

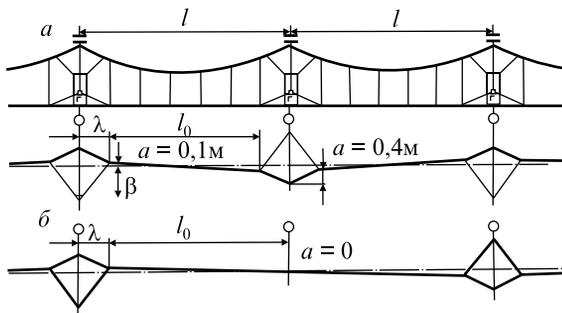


Рис. 4.9. Схемы подвесок повышенной ветроустойчивости с оттяжными проводами к контактному проводу у каждой опоры (а) и через одну опоры (б)

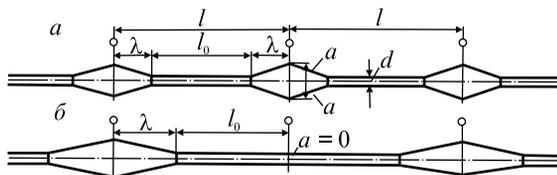


Рис. 4.10. Схемы ромбовидных контактных подвесок с ромбом у каждой опоры (а) и через одну опоры (б)

Сравнение полученных при расчете максимально допустимых длин пролетов цепных подвесок повышенной ветроустойчивости с длинами пролетов типовых цепных подвесок с одним и двумя контактными проводами показывает значительное преимущество цепных подвесок повышенной ветроустойчивости.

Максимально допустимые длины пролетов цепных подвесок с оттяжными проводами на каждой опоре примерно на 30 % больше, а для ромбовидных подвесок примерно на 25 и 13 % больше для подвесок с ромбами у каждой опоры и через опору по сравнению с принимаемыми при обычной подвеске.

Таким образом, наибольший эффект получается при переоборудовании вертикальных цепных подвесок на всех опорах в подвески повышенной ветроустойчивости (см. рис. 4.9, *a* и 4.10, *a*). Однако при переоборудовании контактных подвесок требуется все прямые фиксаторы заменить на обратные, что сложно осуществить в условиях эксплуатации на двухпутных участках пути при расположении опор контактной сети в створе.

#### **4.5. Автоколебания и вибрация проводов**

Незатухающие вынужденные колебания требуют, как известно, для своего поддержания внешней периодической силы. Однако в некоторых случаях колебания в системе могут быть незатухающими и без ее воздействия. Такие колебания называют самоподдерживающимися (самовозбуждающимися) колебаниями или автоколебаниями.

В то время как частота вынужденных колебаний совпадает с частотой внешней силы, а амплитуда колебаний зависит от амплитуды этой силы, частота и амплитуда автоколебаний определяются свойствами системы. Автоколебания отличаются от свободных колебаний тем, что они не затухают с течением времени и их амплитуда не зависит от начального кратковременного воздействия («толчка»), которое возбуждает колебания.

Автоколебания и вибрация проводов контактной сети происходят при скоростях ветра 5—20 м/с, чаще всего при ветре более 15 м/с на участках с открытой местностью. При сильном ветре (более 20 м/с) автоколебания проводов цепных подвесок не наблюдались. В большинстве случаев автоколебаниям подвергаются провода, имеющие односторонние отложения гололеда или изморози. Частота колебаний

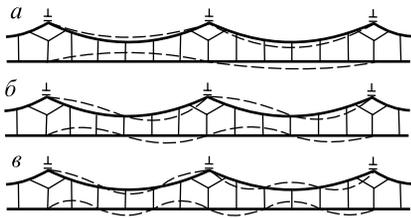


Рис. 4.11. Виды автоколебаний цепной контактной подвески с одной (а), двумя (б) и тремя (в) полуволнами в пролете

проводов при этом 0,6—1 Гц, а число полуволн (штриховые линии) в пролете, как правило, 1—3 (рис. 4.11, а, б, в). Возникая при определенной скорости ветра и при какой-либо форме отложений гололеда на проводах, вибрация может существовать на неизменной частоте при значительных колебаниях скорости ветра и изменении как формы, так и объема атмосферных отложений.

Размах колебаний (амплитуда) проводов цепной подвески при «пляске» может достигать 1 м и более. Между амплитудой вибрации проводов и скоростью ветра нет четкой связи из-за происходящих срывов колебаний, тогда как при «пляске» отмечается увеличение амплитуды колебаний при возрастании скорости ветра.

Автоколебания цепных контактных подвесок (одиночных проводов) происходят с частотами, близкими к частотам собственных колебаний системы, которые для цепной контактной подвески определяют по формуле

$$f_{\text{п}} = \frac{\kappa}{l} = \sqrt{\frac{9,81Z}{q}},$$

где  $\kappa$  — коэффициент, зависящий от конструкции опорного узла контактной подвески: при рессорных струнах в опорном узле  $\kappa = 0,46$ ; при простых  $\kappa = 0,5$ ;

$l$  — длина пролета, м;

$Z$  — суммарное натяжение проводов контактной подвески, даН;

$q$  — нагрузка от веса проводов цепной подвески (с гололедом), даН/м.

Профессор И.И. Власов показал, что автоколебания проводов вызываются аэродинамическими силами, возникающими при обтекании воздушным потоком проводов, получивших в результате гололедных отложений или износа неправильную (отличную от круглой) площадь сечения. Если профиль сечения провода близок к круглому, то по знаку подъемная сила и угол атаки ветра совпадают (рис. 4.12). В этом случае кривая подъемной силы в зависи-

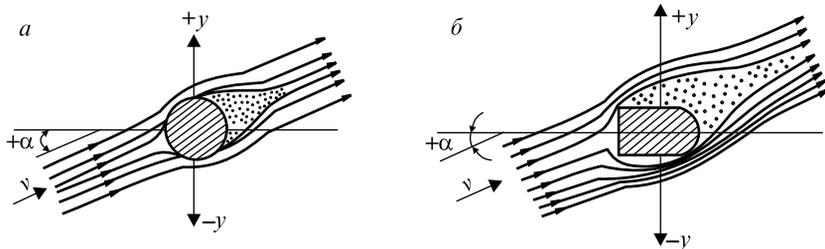


Рис. 4.12. Схема обтекания воздушным потоком цилиндра (а) и тела некруглой формы (б)

мости от угла атаки  $\alpha$  приближается к наклонной прямой, проходящей через начало координат. Причем положительным значениям угла  $\alpha$  отвечают положительные значения подъемной силы  $y$  и наоборот.

Иная картина получается у проводов с сечением некруглой формы, например при одностороннем отложении гололеда на проводе. Рассмотрим обтекание такого провода воздушным потоком, направленным со стороны гололеда (рис. 4.12, б). В нижней части провода воздушный поток тесно прилегает к поверхности провода. Линии потока здесь сгущены и скорость потока увеличена, что приводит к понижению давления в этой зоне. К верхней части сечения провода прилегает зона, в которой давление примерно равно атмосферному. В результате такого распределения давления по поверхности провода равнодействующая этих давлений получает вертикальную составляющую, направленную сверху вниз.

Рассмотрим зависимость подъемной силы от угла атаки  $\alpha$ : в некотором диапазоне углов атаки положительным значениям  $\alpha$  соответствуют отрицательные подъемные силы  $y$ , и наоборот. В этом случае при движении провода вниз при некоторых положительных углах атаки  $\alpha_2 > \alpha > 0$  подъемная сила также получает отрицательное значение (направлена вниз), а при движении провода вверх при отрицательных углах  $\alpha_1 < \alpha < 0$  подъемная сила имеет положительные значения (направлена вверх). В результате при колебании провода возникает аэродинамическая сила, направленная по движению провода и усиливающая его колебания.

Таким образом, для развития и поддержания колебаний провода необходимо, чтобы аэродинамические подъемные силы, возникающие в процессе колебаний, в течение всего периода или на от-

дельных частях его действовали в направлении перемещения провода. В зависимости от формы атмосферных отложений могут быть самые разнообразные аэродинамические характеристики. Однако условием возникновения автоколебаний является наличие в этих характеристиках участков с отрицательным наклоном вблизи оси ординат.

После возникновения автоколебаний происходит их дальнейшее развитие до тех пор, пока не наступит энергетическое равновесие системы, т.е. когда приток энергии извне делается равным энергии, поглощаемой силами сопротивления колеблющегося провода, которая поддерживается до тех пор, пока не изменятся внешние условия, определяющие возможность возникновения автоколебаний. Амплитуда устойчивых колебаний зависит от частоты собственных колебаний цепной подвески (одиночного провода), аэродинамической характеристики проводов с атмосферными отложениями и скорости ветра.

При рассмотрении явления автоколебаний условно было принято, что провод колеблется строго в вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению воздушного потока. В действительности, как показывают наблюдения, такое допущение не всегда справедливо, так как часто наряду с вертикальными наблюдаются также горизонтальные колебания и периодические закручивания проводов относительно продольной их оси. Изучение таких явлений показало, что в этих случаях возникновение как горизонтальных колебаний, так и кручение провода может быть объяснено появляющимися в процессе колебаний аэродинамическими силами.

Горизонтальные колебания проводов, вызываемые изменениями скоростного напора (порывистостью ветра), также могут явиться причиной развития автоколебаний. Действительно, поскольку горизонтальные смещения провода при порывах ветра сопровождаются в средних частях пролета некоторым подъемом и затем опусканием провода, то этим и могут создаваться начальные изменения углов атаки, достаточные для того, чтобы начались вертикальные колебания.

Длительные устойчивые автоколебания проводов наблюдаются в местах, где нет каких-либо значительных препятствий движению воздушных масс. Поэтому наиболее эффективным мероприятием в этих случаях является создание лесных защитных полос вдоль

электрифицированных линий, проходящих по открытой, незащищенной местности. Лесные полосы одновременно уменьшают гололедо-изморозевые отложения на проводах.

Образование на проводе даже небольшого (2—3 мм) одностороннего гололеда придает проводу аэродинамически неустойчивую форму сечения, что и приводит к автоколебаниям. В связи с этим на электрифицированных участках, расположенных в гололедных районах, заранее подготавливают схемы и конкретные указания по профилактическому подогреву проводов или плавке гололеда, а также по организации работ установки МОГ для механического удаления гололеда с контактного провода (см. п. 13.6). Когда автоколебания цепных подвесок с двумя контактными проводами происходят и без гололеда, аэродинамически неустойчивое сечение контактных проводов изменяют перемонтажом контактной подвески в ромбовидную. При этом контактные провода располагают один от другого на расстоянии 120—150 мм, тогда практически исчезает их взаимное экранирующее влияние. На кривых участках малых радиусов избежать автоколебаний можно устройством косой подвески. При этом чем больше будет наклонена подвеска к горизонтальной плоскости, тем она будет устойчивее против автоколебаний.

Эффективным может оказаться также аэродинамический способ уменьшения автоколебаний одиночных проводов и контактных подвесок, заключающийся в том, что на проводах устанавливают аэродинамические стабилизаторы, изменяющие характер обтекания провода воздушным потоком и придающие ему аэродинамически устойчивое сечение при средних отложениях гололеда.

Развитие и усиление колебаний проводов в соседних пролетах происходит из-за перемещения подвесных гирлянд изоляторов вдоль пути и периодической передачи усилий через рессорные струны. При этом чем ближе собственные частоты колебаний соседних пролетов, тем интенсивнее будет проходить процесс распространения колебаний вдоль анкерного участка, охватывая один пролет за другим. Поэтому с целью локализации колебаний соседние пролеты контактной сети должны иметь разную длину. Опыт эксплуатации электрифицированных участков, на которых осуществлено чередование пролетов различной длины, показал, что это мероприятие является эффективным только при значительном (на 20—25 %) отличии длин соседних пролетов.

Не является эффективным и мероприятием, заключающееся в увеличении веса цепной подвески при закреплении на несущем тросе каких-либо тяжелых грузов. Грузы только увеличивают инерционные силы и никак не влияют на процесс автоколебаний. В таких условиях затрудняется затухание колебаний вследствие накопления колеблющейся системой большой энергии.

Проволочные или металлические полосы как аэродинамические гасители автоколебаний проводов имеют простую и надежную конструкцию. Гаситель представляет собой проволочную скрутку, которая наматывается на несущий трос контактной подвески. Проволоки предварительно деформируются, изгибаются для образования острых углов и при скручивании создают пространственную структуру с острыми кромками.

Гасители устанавливают на несущий трос подвески по всей длине пролета, не доходя до опор на 5 м. При установке гасителя на несущий трос последний приобретает случайную форму, а острые углы проволок создают точки отрыва воздушного потока. Гололедные отложения на тросе также будут иметь случайную форму с острыми углами.

Проволочные гасители изготавливают на дистанциях электропитания. В качестве материала для гасителей используют проволоки, из которых свит несущий трос, диаметром 2—3 мм. Металлические полосы (шириной 45 мм, длиной 1,2 м) устанавливают на несущем тросе (через пролет) на расстоянии 2—2,5 м от подвесных точек и закрепляют струновыми зажимами.

Провода ДПР подвешивают в седлах (через пролет) на рессорах из провода длиной 1,6 м. На усиливающий и экранирующий провод с двух сторон от седла на расстоянии 3 м подвешивают типовые балансиры (через пролет).

#### **4.6. Контрольные вопросы**

1. Как достигается ветроустойчивость контактных подвесок?
2. Как определяют длину пролета по номограммам?
3. Как взаимодействуют несущий трос и контактный провод цепной подвески при воздействии на нее ветровой нагрузки?
4. Как можно повысить ветроустойчивость контактных подвесок в эксплуатационных условиях?

5. Что такое автоколебания проводов контактной сети?
6. Какие имеются меры для уменьшения автоколебаний проводов?
7. Какие длины пролетов должны быть на ветровых участках?

#### **4.7. Практические занятия № 2 по теме:**

##### **Определение допустимых длин пролета, расчетных нагрузок, выбор расчетного режима и типа подвески**

1. Определение допустимой длины пролета по номограммам для одной из подвесок.
2. Расчет максимальной длины пролета простой контактной подвески для прямых и кривых участков пути.
3. Расчет максимальной длины пролета вертикальной цепной подвески для прямых и кривых участков пути.
4. Выбор контактной подвески повышенной ветроустойчивости.
5. Расчет частоты собственных колебаний цепной контактной подвески.

---

---

## Глава 5. Питание и секционирование контактной сети

### 5.1. Схемы питания и секционирования контактной сети

На электрифицированных линиях ЭПС получает электроэнергию через контактную сеть от тяговых подстанций, расположенных на таком расстоянии между ними, чтобы было обеспечено стабильное номинальное напряжение на ЭПС и работала защита от токов к.з. При системе электроснабжения постоянного тока (рис. 5.1, *a*) в контактную сеть электрическая энергия поступает от шин положительной полярности напряжением 3,3 кВ тяговых подстанций и возвращается после прохождения через тяговые двигатели ЭПС по рельсовым цепям, присоединенным к шинам отрицательной полярности. Расстояние между тяговыми подстанциями постоянного тока в зависимости от грузонапряженности колеблется в широких пределах от 7 до 30 км.

В системе электроснабжения однофазного переменного тока (рис. 5.1, *б*) электроэнергия в контактную сеть поступает от двух фаз *A* и *B* напряжением 27,5 кВ (на шинах тяговых подстанций) и возвращается по рельсовой цепи к третьей фазе *C*. При этом питание осуществляют одной фазой встречно на фидерную зону (параллельная работа смежных тяговых подстанций) с чередованием питания для последующих фидерных зон с целью выравнивания нагрузок отдельных фаз энергоснабжающей системы. При этой системе электроснабжения вследствие высокого напряжения тяговые подстанции располагают через 40—60 км.

В системе электроснабжения  $2 \times 25$  кВ с автотрансформаторами (рис. 5.1, *в*), на тяговой подстанции уставляют специальные однофазные трансформаторы, вторичные обмотки которых состоят из

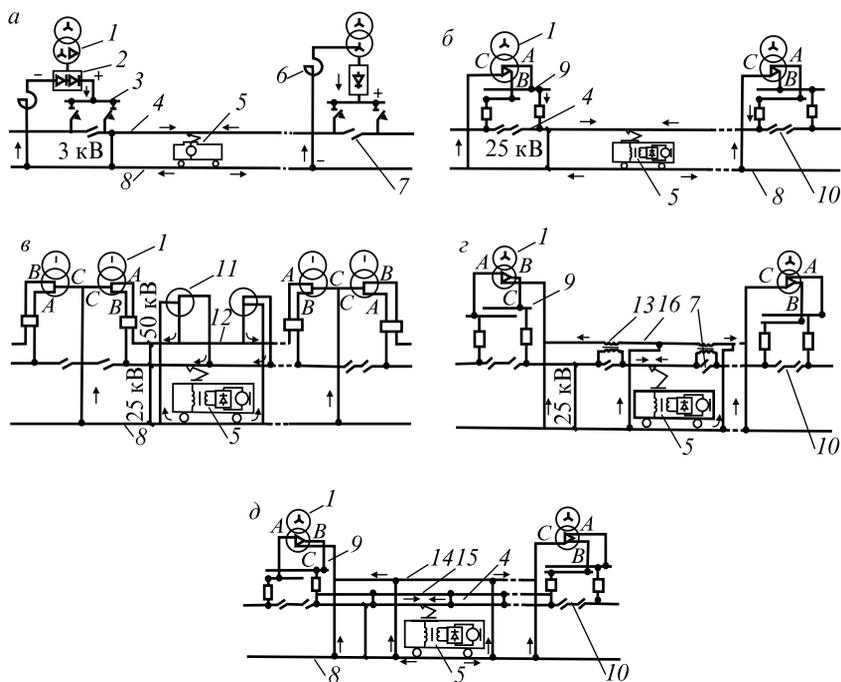


Рис. 5.1. Схемы тягового электроснабжения: *а* — постоянного тока 3,0 кВ; *б* — однофазного переменного тока 25 кВ; *в* — переменного тока по системе  $2 \times 25$  кВ; *г* — переменного тока 25 кВ с отсасывающими трансформаторами; *д* — переменного тока 25 кВ по системе ЭУП; 1 — силовой тяговый трансформатор тяговой подстанции; 2 — выпрямительный агрегат; 3 — распределительное устройство 3,3 кВ; 4 — контактная подвеска; 5 — ЭПС; 6 — реактор; 7 — открытый воздушный промежуток (изолирующее сопряжение анкерных участков); 8 — тяговая рельсовая цепь; 9 — распределительное устройство 27,5 кВ; 10 — нейтральная вставка; 11 — автотрансформаторный пункт; 12 — питающий провод; 13 — отсасывающий трансформатор; 14 — экранирующий провод; 15 — усиливающий провод; 16 — отсасывающие линии; А, В, С — фазы силового тягового трансформатора; 3 и 25 кВ — уровень напряжения между контактной подвеской и рельсовой цепью; 50 кВ — уровень напряжения между контактной подвеской и питающим проводом (стрелки показывают направление движения тягового тока)

двух секций, каждая напряжением 27,5 кВ. Секции соединяют последовательно, а общую точку подключают к рельсам. Вывод одной секции вторичной обмотки подключают к проводам контактной сети, а другой — к дополнительному питающему проводу, который подвешивают на опорах контактной сети. Таким образом, контактная сеть и питающий провод (с учетом потери напряжения) находятся под напряжением 25 кВ по отношению к земле, а напряжение между ними составляет 50 кВ.

В межподстанционной (фидерной) зоне на расстоянии от 8 до 15 км один от другого установлены автотрансформаторы с коэффициентом трансформации 2/1, обмотки которых присоединены к проводам контактной сети и питающему проводу, а средняя точка — к рельсам.

При этой системе электроэнергия от тяговой подстанции передается по питающему проводу к проводам контактной сети при номинальном напряжении 50 кВ, в результате чего ток в тяговой сети вдвое меньше потребляемого ЭПС, что уменьшает потери напряжения и энергии и позволяет увеличить расстояние между тяговыми подстанциями до 80—100 км. При движении поезда по участку автотрансформаторы принимают нагрузку, понижают напряжение до 25 кВ и подают его в контактную сеть, от которой питаются ЭПС.

В системе электроснабжения однофазного тока для снижения магнитного влияния на смежные сети устанавливают отсасывающие трансформаторы с коэффициентом трансформации 1/1 на расстоянии 3—4 км между ними (рис. 5.1, з) в местах, где контактная сеть разделяется изолирующими сопряжениями. Первичную обмотку такого трансформатора подключают в пределах изолирующего сопряжения в рассечку контактной сети, а вторичную — в рассечку обратного тока.

На ряде электрифицированных участков на однофазном переменном токе применяется система многопроводной тяговой сети с экранирующим (Э) и усиливающим (У) проводами (система ЭУП), схема которой приведена на рис. 5.1, д. Такая система тягового электроснабжения позволяет увеличить расстояние между тяговыми подстанциями и повысить на 20 % допустимый ток. Экранирующий провод располагается по всему участку между тяговыми подстанциями, соединяется с путевыми троссель-трансформаторами на каждом третьем блок-участке и подвешивается на опорах контактной сети.

На электрифицированных железных дорогах применяют схему двухстороннего питания: каждый находящийся на линии локомотив

получает электроэнергию от двух тяговых подстанций. Исключение составляют участки контактной сети, расположенные в конце электрифицированной линии, где может быть применена схема консольного (одностороннего) питания от крайней тяговой подстанции.

Контактную сеть вдоль путей делят на отдельные электрически не связанные участки (секции), для чего у тяговых подстанций и постов секционирования монтируют изолирующие сопряжения — это так называемое *продольное секционирование*. Каждая секция получает электроэнергию от питающей линии тяговой подстанции и от соседних секций контактной сети, которые подключают через посты секционирования.

При продольном секционировании выделяют в отдельные секции контактную сеть каждого перегона и станции, а в некоторых случаях — и крупных тоннелей или мостов. На узловых станциях, имеющих несколько электрифицированных парков, контактную сеть отдельных парков выделяют в самостоятельные секции с питанием при возможности непосредственно от тяговой подстанции. Секции между собой соединяют секционными разъединителями, что позволяет при необходимости отключать любую из них от электрического питания.

На двухпутных и многопутных участках электрически разделяют контактную сеть каждого главного пути перегона и станции от других путей — это так называемое *поперечное секционирование*. В этом случае на станциях контактную сеть группы путей выделяют в отдельные секции и питают их электроэнергией от главных путей через секционные разъединители, которые при необходимости могут быть отключены. Секции контактной сети на соответствующих съездах между главными и группами второстепенных путей изолируют секционными изоляторами, чем достигается их электрическое разделение. Это облегчает схему и устройство защиты и дает возможность при повреждении или отключении одной из секций осуществлять движение поездов по другим секциям и главным путям. В отдельных случаях допускается на промежуточных станциях контактную сеть одного или двух путей подключать непосредственно к контактной сети главных путей.

На контактной сети переменного тока у тяговых подстанций монтируют два рядом расположенных изолирующих сопряжения с нейтральной вставкой между ними. Это вызвано тем, что смежные секции

питаются от разных фаз и соединение их между собой через полз токоприемника, проходящего по изолирующему сопряжению недопустимо, иначе произойдет межфазное короткое замыкание сети.

На тяговых подстанциях, питающих контактную сеть постоянного тока, защита от токов к.з. осуществляется с помощью быстродействующих автоматических выключателей, а на линиях переменного тока — с помощью масляных выключателей.

Кроме того, для защиты контактной сети от токов перегрузки и к.з. между тяговыми подстанциями устанавливают посты секционирования. На двухпутных и многопутных участках ПС электрически соединяют контактную сеть параллельно расположенных главных путей. Таким образом создается схема узлового питания, при которой ЭПС получает электроэнергию по контактной сети всех главных путей от двух тяговых подстанций. При схеме узлового питания в случае повреждения на каком-либо из участков между тяговой подстанцией и постом секционирования защита отключит сеть только того участка, где произошло повреждение, а на остальных участках может продолжаться движение поездов. На грузонапряженных двухпутных и многопутных линиях для повышения напряжения на токоприемнике и снижения сопротивления контактной сети предусмотрено параллельное соединение контактных сетей между тяговыми подстанциями и постами секционирования, которое осуществляется установкой пунктов параллельного соединения (рис. 5.2).

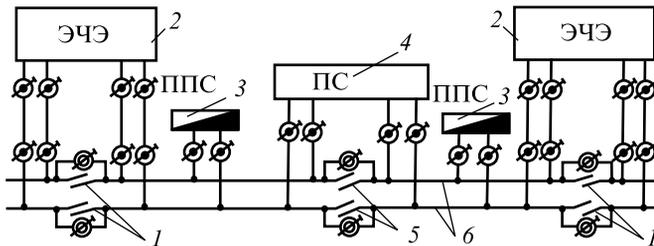


Рис. 5.2. Принципиальная схема питания контактной сети при наличии поста секционирования (ПС) и пунктов параллельного соединения (ППС): 1 — изолирующее сопряжение (воздушный промежуток) на участках постоянного тока или нейтральная вставка на участках переменного тока; 2 — тяговая подстанция; 3 — пункт параллельного соединения; 4 — пост секционирования; 5 — изолирующее сопряжение у поста секционирования; 6 — контактная сеть главных путей на двухпутных участках

Все разъединители контактной сети в зависимости от назначения и частоты переключений оборудуют моторными (для дистанционного управления) или ручными приводами. При этом моторные приводы должны быть у разъединителей питающих линий тяговых подстанций, постов секционирования, автотрансформаторов, а также разъединителей, участвующих в схемах профилактического подогрева и плавки гололеда на контактной сети. Дистанционно управляют разъединителями с пунктов, где постоянно находится дежурный персонал: района контактной сети (ЭЧК), тяговой подстанции, помещений дежурного по станции, парка и депо. На участках с телеуправлением моторные приводы разъединителей вводят в систему телеуправления и переключают их с энергодиспетчерского пункта.

Для каждого участка электрифицированной линии при ее проектировании разрабатывают схему *питания и секционирования контактной сети*, а также схемы питания продольных линий электроснабжения СЦБ и других нетяговых потребителей, которые утверждаются начальником железной дороги.

Схемы питания и секционирования, а также сопряжения анкерных участков должны предусматривать электрическую плавку гололеда или профилактический подогрев проводов контактной сети главных путей станций и перегонов, а также ВЛ электроснабжения. В I и II гололедных районах, а также на электрифицированных участках железных дорог III и IV категории допускается не оборудовать сопряжения анкерных участков устройствами для плавки гололеда на контактном проводе.

Изменения в схемы вносят по согласованию со службой электрификации и электроснабжения железной дороги с уведомлением энергодиспетчера, персонала ЭЧК и других причастных лиц. Схемы выверяются ежегодно на 1 января и переутверждаются каждые 5 лет.

Утвержденные схемы питания и секционирования должны быть на энергодиспетчерском пункте, а выкопировки из схем — в районах контактной сети (в пределах своего и примыкающих районов), на тяговых подстанциях (в пределах зоны питания), а также в техническо-распорядительном акте железнодорожной станции (в пределах ее путей) и в электродепо (в пределах тракционных путей).

На схемах питания и секционирования контактной сети и продольных линий электроснабжения должны быть показаны

условными обозначениями: контактная сеть; кабельные и воздушные линии продольного электроснабжения (ВЛ ПЭ) и СЦБ (ВЛ СЦБ) и других нетяговых потребителей; питающие и отсасывающие линии; тяговые подстанции; ПС и ППС; пункты группировки (ПГ); трансформаторы и автотрансформаторные пункты (АТП); питающие пункты, разъединители в нормальном положении, изолирующие сопряжения анкерных участков, нейтральные вставки; секционные изоляторы и воздушные стрелки с присвоенными им обозначениями или номерами; номера путей станций и перегонов; пересечения контактной сети и ВЛ другими ВЛ, канатными дорогами, надземными трубопроводами, искусственными сооружениями, а также депо; остановочные пункты; подъездные пути ЭЧК, тяговых подстанций, районов электроснабжения; примыкающие неэлектрифицированные пути; границы дистанций электроснабжения (ЭЧ), районов контактной сети и электроснабжения; пикеты и километры осей пассажирских зданий, постов электрической централизации, пунктов связи, тяговых подстанций, постов секционирования, изолирующих сопряжений, нейтральных вставок, пересечений контактной сети, сигнальных точек и другие необходимые сведения.

Изолирующие сопряжения и их разъединители должны быть обозначены заглавными буквами русского алфавита по направлению счета километров, которые наносят на приводе разъединителя. Секционные изоляторы и воздушные стрелки должны иметь присвоенный номер. Таблички с номерами секционных изоляторов устанавливают на несущем тросе.

Переключатели станций стыкования постоянного и переменного тока должны иметь номера секций контактной сети, которые наносят над дверью ячейки и на обратной стороне ячейки, в которой находится переключатель.

Условные графические обозначения в схемах питания и секционирования и планах контактной сети и ВЛ железных дорог приведены в приложении 6. При разработке схем питания и секционирования контактной сети электрифицированной линии используют типовые принципиальные схемы секционирования, разработанные на основе опыта эксплуатации, с учетом затрат на сооружение контактной сети.

Разъединители, устанавливаемые на питающих линиях, на схеме питания и секционирования обозначают буквой Ф; поперечные — буквой П. К каждой из указанных букв в случае необходимости добавляют цифровой индекс, соответствующий номерам путей и направлений.

На схемах, кроме того, указывают номера путей, воздушных стрелок, которые должны соответствовать номерам стрелочных переводов.

Изолирующие сопряжения, разделяющие контактную сеть железно-дорожных станций и перегонов, должны быть расположены между входными светофорами или знаком «Граница станции» и первыми входными стрелочными переводами станции.

Длину нейтральной вставки выбирают с учетом находящихся в обращении серий электровозов и электропоездов.

На участках скоростного движения поездов (161—200 км/ч) нейтральные вставки в местах разделения фаз питания или стыкования электротяги постоянного и переменного тока оборудуют устройствами, обеспечивающими автоматическое отключение-включение тягового тока на ЭПС.

На станциях стыкования между изолирующим сопряжением, отделяющим перегон, и изолирующим сопряжением переключаемой секции должна быть непереключаемая секция длиной, исключающей одновременное перекрытие полозками токоприемников изолирующих сопряжений (рис. 5.3).

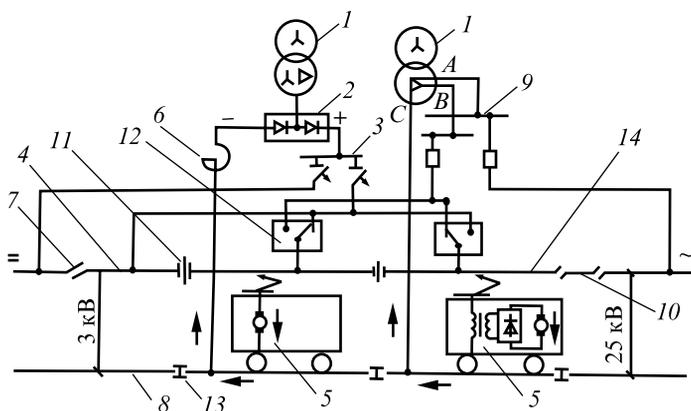


Рис. 5.3. Схема тягового электроснабжения станции стыкования постоянного и переменного тока: 1 — тяговый трансформатор; 2 — выпрямительный агрегат; 3 — распределительное устройство 3,3 кВ; 4 — контактная подвеска (непереключаемая секция); 5 — ЭПС; 6 — реактор; 7 — открытый воздушный промежуток (изолирующее сопряжение анкерных участков); 8 — тяговая рельсовая цепь; 9 — распределительное устройство 27,5 кВ; 10 — нейтральная вставка; 11 — секционный изолятор; 12 — пункт группировки; 13 — изолирующий стык рельсовой цепи (стрелками показано направление движения тягового участка (условно)); 14 — контактная подвеска (переключаемая секция)

Секции контактной сети, где движение ЭПС осуществляется на одном роде тока, не включают в группу переключаемых секций и питают их через разъединители непосредственно от соответствующего фидера.

При необходимости шины пунктов группировки секционируют.

На станциях стыкования взаимное расположение секционных изоляторов, светофоров и изолирующих стыков рельсовой цепи должно исключать заезд полозом токоприемника электровоза на секцию с другим напряжением при передвижении с любым (передним или задним) поднятым токоприемником. Секционные изоляторы, разделяющие разные по роду тока секции, должны располагаться над изолирующими стыками рельсовой цепи так, чтобы при остановке ЭПС у светофора исключалась возможность перекрытия ползками токоприемников смежных секций.

ВЛ ПЭ, ВЛ СЦБ и другие линии электроснабжения нетяговых потребителей (ВЛ 10 (6), 35 кВ и ДПР 25 кВ) должны иметь электрическое разделение у тяговых подстанций, ПС, кабельных вставок, крупных искусственных сооружений и в горловинах станций, где секционируют контактную сеть.

На промежуточных станциях предусматривают секционирование контактной сети с обеих сторон станций (рис. 5.4). Продольные разъединители обеих горловин оборудуют моторными приводами. На двухпутных участках в пределах станции между главными путями устанавливают поперечный секционный нормально отключенный разъединитель П, чтобы при необходимости можно было подать напряжение от соседнего главного пути или зашунтировать пути для выполнения работ на секционных изоляторах контактной сети под напряжением.

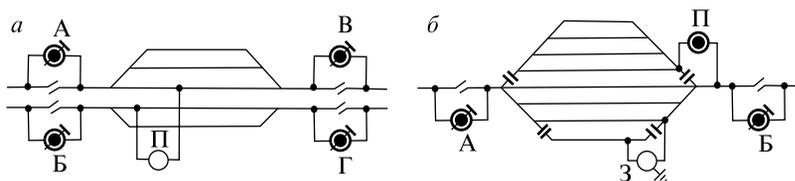


Рис. 5.4. Схема секционирования контактной сети станции с количеством электрифицированных второстепенных путей до (а) и более (б) трех нечетных и четных путей

Группа путей отделяется от главного пути и питается через нормально включенный секционный разъединитель П. Если на станции имеется путь, предназначенный для погрузочно-разгрузочных работ, то контактная сеть над ним отделяется от остальных путей с питанием через секционный разъединитель З с заземляющим ножом.

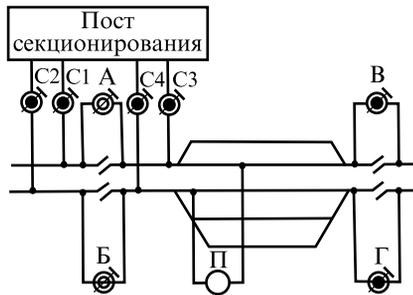


Рис. 5.5. Схема секционирования контактной сети на станциях с постом секционирования

При наличии в одной из горловин станции поста секционирования продольное разделение контактной сети выполняют так, как показано на рис. 5.5.

Принципиальная схема питания и секционирования на станции двухпутной линии постоянного тока при наличии тяговой подстанции показана на рис. 5.6. На питающей линии непосредственно у тяговой подстанции устанавливают разъединитель с моторным приводом. Кроме того, при длине линии более 150 м у места подсоединения питающей линии к контактной сети дополнительно монтируют разъединитель с ручным приводом, при длине более 750 м — с моторным.

На линии переменного тока с тяговыми подстанциями в отличие от линий постоянного тока в одной из горловин монтируют нейтральные вставки, а разъединители на питающих линиях устанавливают непосредственно у контактной сети (рис. 5.7).

Автотрансформаторы в системе электроснабжения 2×25 кВ подключают к контактной сети разъединителями с моторными приводами.

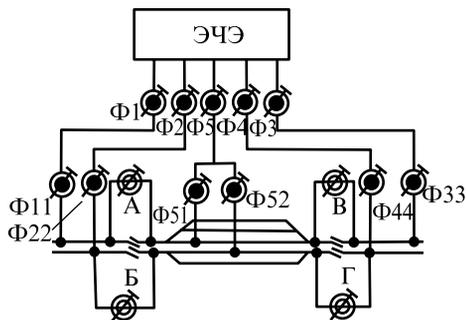


Рис. 5.6. Схема питания и секционирования контактной сети двухпутного участка на станции с тяговой подстанцией постоянного тока

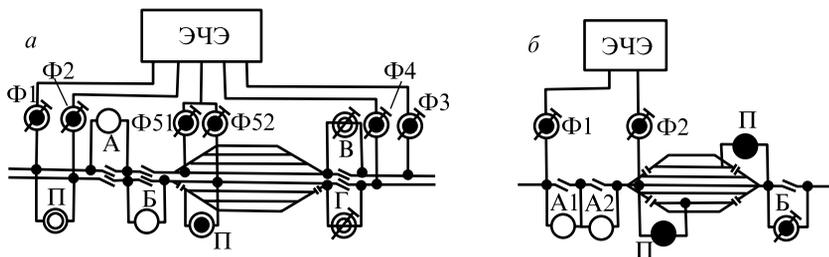


Рис. 5.7. Схема питания и секционирования контактной сети на станции с тяговой подстанцией переменного тока на двухпутном (а) и однопутном (б) участках

Контактную сеть парков прибытия и отправления на больших станциях выделяют в отдельные секции и нередко подразделяют на группы, что дает возможность отключать часть контактной сети парка для ремонта. Секционирование на станционных путях по возможности должно быть выполнено так, чтобы при отключении одной из секций сохранилась возможность приема и отправления поездов на остальные секции станций.

В здании депо контактная сеть каждого пути секционируется отдельно и имеет индивидуальный секционный разъединитель с заземляющим контактом. Для обеспечения безопасности при осмотре и ремонте подвижного состава эти разъединители снабжают световыми указателями, устанавливаемыми внутри и снаружи депо над воротами соответствующего пути и механически или электрически связанными с положением разъединителя.

Выполнение ремонтных и восстановительных работ в процессе эксплуатации требует временного изменения схемы питания и секционирования. Изменение схемы не должно нарушать условия обеспечения защитой от токов к.з. Поэтому заблаговременно разрабатывают специальные схемы конкретно для каждого участка, предусматривающие следующие режимы работы:

- на тяговой подстанции отключены агрегаты, подстанция работает в режиме поста секционирования;
- тяговая подстанция отключена полностью, в связи с этим продольные разъединители контактной сети включены;
- отключен пост секционирования и включены в этом районе продольные разъединители контактной сети;

- включены нормально отключенные продольные секционные разъединители контактной сети у тяговой подстанции;
- включены поперечные разъединители контактной сети на станции;
- другие режимы (схемы).

Для каждого режима работы рассчитывают токи к.з. в наиболее удаленной точке контактной сети. Если при этом значение тока к.з. получается меньшим или равным с учетом коэффициента запаса по току уставки защиты на питающей линии тяговой подстанции или поста секционирования, уменьшают уставку защиты на время ремонтных работ. На двухпутных и многопутных участках в этих случаях можно изменить схему питания и секционирования контактной сети путем параллельного ее соединения. При этом одну из питающих линий тяговой подстанции отключают, чем достигается увеличение тока к.з. на оставшейся в работе питающей линии.

## **5.2. Изолирующие сопряжения, нейтральные вставки и секционные изоляторы**

*Изолирующие сопряжения* предназначены для секционирования контактной сети на перегонах и главных путях станции. Они могут быть трех- или четырехпролетными на прямых и кривых участках пути радиусом более 2000 м или трехпролетными (рис. 5.8, а, б) на кривых радиусом 2000 м и менее и в ограниченных (стесненных) по габариту местах. В трехпролетных сопряжениях между анкерными опорами устанавливают две переходные опоры, на которых монтируют провода таким образом, чтобы в пролете между опорами контактные провода были на определенном расстоянии один от другого, образуя так называемый воздушный промежуток, обеспечивающий плавный переход полоза токоприемника с одного анкерного участка на другой и одновременно электрическую изоляцию между ветвями этих контактных подвесок.

На изолирующих сопряжениях не допускается совмещение компенсированных и полукompенсированных контактных подвесок.

Расстояние между внутренними сторонами рабочих контактных проводов и расстояние по вертикали от врезного изолятора у переходной опоры до рабочего контактного провода приведены в табл. 3.1.

Фиксаторы, струны, консоли, электрические соединители не должны соприкасаться, обеспечивая изоляцию анкерных участков при температурных изменениях.

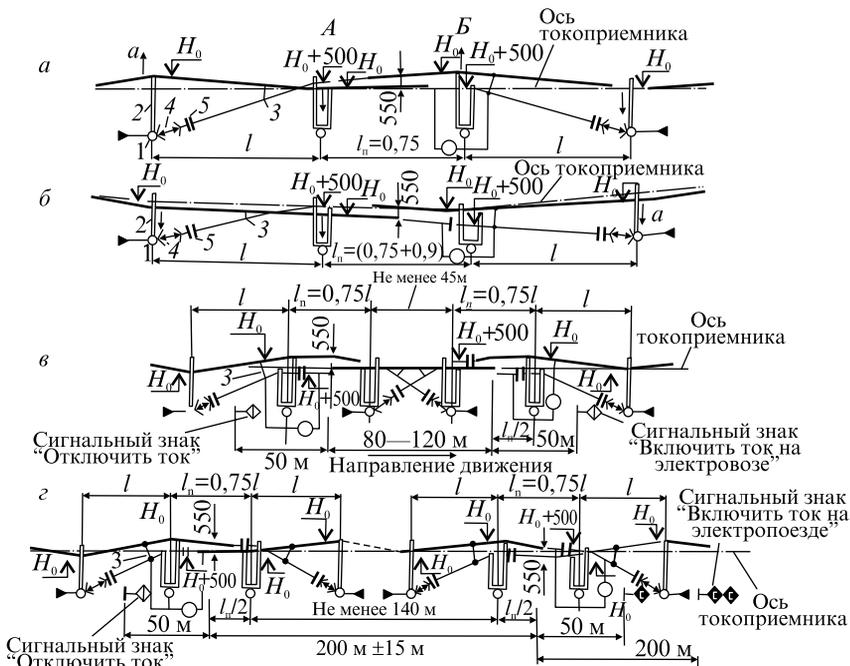


Рис. 5.8. Схемы сопряжения анкерных участков: изолирующих сопряжений на прямом (а) и кривом (б) участках пути; с нейтральной вставкой при электровозной тяге (в) и при обращении электропоездов (з); 1 — опора; 2 — консоль; 3 — электрическое соединение; 4 — анкеровка; 5 — изоляторы;  $l$  — длина пролета;  $a$  — зигзаг;  $H_0$  — высота подвески проводов

Контактные провода в переходном пролете относительно УГР постепенно повышаются в сторону анкеровки, находясь на одном уровне в средней части переходного пролета. У переходных опор А и Б в приподнятые контактные провода и несущие тросы, идущие на анкеровку, врезают изоляторы. Пролет между переходными опорами изолирующего сопряжения  $l_{II}$  для обеспечения необходимой ветроустойчивости в сравнении с остальными промежуточными пролетами  $l$  уменьшают на 10—25 %.

Четырехпролетную схему изолирующего сопряжения анкерных участков применяют для более плавного прохода токоприемника.

Тогда между анкерными опорами размещают три переходные опоры, причем на средней опоре контактные провода располагают в одном уровне. На остальных переходных опорах провода подвешивают так же, как и в трехпролетном изолирующем сопряжении. Переход токоприемника с одной секции контактной сети на другую в этом случае происходит в зоне средней переходной опоры, а не в середине пролета.

Изолирующие сопряжения, как правило, располагают на прямых участках пути. На двухпутных участках переходные опоры разных путей смещают вдоль пути примерно на 5 м для того, чтобы обеспечить необходимое безопасное расстояние между обратными (перекрывающими) фиксаторами (не менее 800 мм).

Перемещение контактных проводов, а в компенсированной подвеске и несущих тросов, осуществляется поворотными консолями и фиксаторами, которые устанавливаются для каждой ветви раздельно. При установке одной поворотной консоли на переходной опоре в компенсированной подвеске один или оба несущих троса подвешивают на роликах. Этот вариант в практике применяется крайне редко. Анкерные ветви контактных проводов и медных несущих тросов в целях экономии меди допускается заменять вставками из сталемедного провода.

Продольный секционный разъединитель, соединяющий секции контактной сети, монтируют на одной из переходных опор.

**Нейтральные вставки** применяют на линиях переменного тока при питании секций разными фазами, а также в случае питания напряжением разного рода тока и при подходах к заземленным участкам подвески в искусственном сооружении со стесненными габаритами, где недопустимо замыкание двух секций через токоприемник.

Их устраивают из двух изолирующих сопряжений анкерных участков, расположенных последовательно один за другим (рис. 5.8, в, г). При проходе ЭПС нейтральных вставок недопустимо одновременное перекрытие (шунтирование) токоприемниками обоих изолирующих сопряжений. Поэтому длину нейтральной вставки устраивают больше, чем расстояние между крайними токоприемниками ЭПС при любом их сочетании. При моторовагонной тяге эта длина составляет около 200 м (или не менее 140 м между переходными опорами). Если на участке имеется только электровозная тяга, длину

нейтральной вставки между переходными опорами принимают 80—120 м (или на длину сплотки из пяти электровозов).

ЭПС нейтральную вставку проходит по инерции с отключением тока, о чем предупреждают сигнальные знаки: «Отключить ток» — за 50 м (не более одного пролета) до начала нейтральной вставки, «Включить ток» — для электровозов через 50 м и для электропоездов — через 200 м после конца нейтральной вставки (см. рис. 5.8).

Токоприемник в момент прохода изолирующего сопряжения замыкает обе секции контактной сети. При этом, если заезд осуществляется на заземленный участок, а также на обесточенный участок под нагрузкой, в том числе на нейтральную вставку, между ползком токоприемника и контактным проводом возникает дуга, приводящая к пережогу провода, и, более того, развиваясь, она может переброситься на провод другой секции с последующим пережогом проводов.

В целях предотвращения пережогов контактных проводов на изолирующем сопряжении линий постоянного и переменного тока (в том числе и на нейтральных вставках) в месте, где происходит отрыв токоприемника от контактного провода, идущего на анкерровку, монтируют устройство, предотвращающее возможность пережога провода в случае возникновения дуги.

Конструкция такой защиты (рис. 5.9) состоит из стальных полос (пластин) 1 специального профиля длиной 0,6 м, площадью сечения  $25 \times 4$  мм, крепежных деталей, а также изолированных струн и

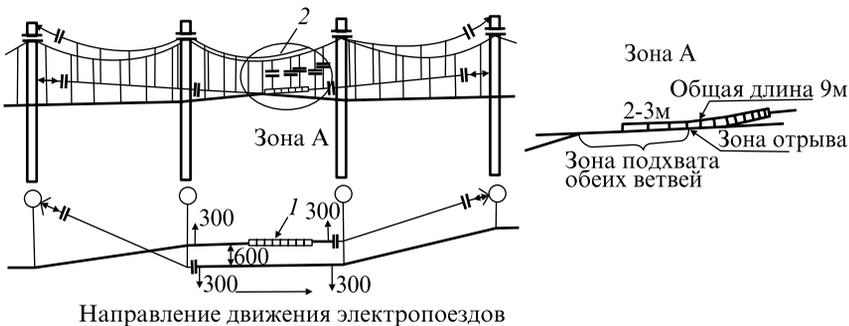


Рис. 5.9. Устройство защиты контактных проводов от пережогов на изолирующем сопряжении с защитными полосами

полимерных труб для изоляции несущего троса 2. Пластины устанавливаются в зоне возможного отрыва полоза токоприемника от сходящей ветви с обеих сторон каждого контактного провода и соединяются между собой болтами. Профиль пластин обеспечивает их плотное прилегание и закрепление на контактном проводе. Монтаж защитных полос выполняют по обе стороны контактного провода в разбег со смещением на три отверстия. Болтовое соединение выполняют с установкой пружинных шайб. Общая длина защитной полосы на каждом контактном проводе составляет 9 м и распределяется следующим образом: до зоны отрыва защитные полосы устанавливают на длине порядка 2—3 м, после зоны отрыва — 6—7 м. При двух контактных проводах защитные полосы соединяют через 3 м скобами, на которые крепят регулировочные изолированные струны (рис. 5.10). Конструкция достаточно надежна в работе.

В местах расположения защитных полос в зоне подхвата контактные провода, во избежание усиленного износа, приподнимают над проводами набегающей ветви на 20—30 мм. Опыт показал, что далее 6—7 м от зоны отрыва дуга не вытягивается, поэтому на провода сбегавшей ветви изоляцию (полимерные трубы) допускается не накладывать.

На несущий трос при конструктивной высоте подвески до 2 м в переходном пролете сопряжения накладывают изоляцию длиной

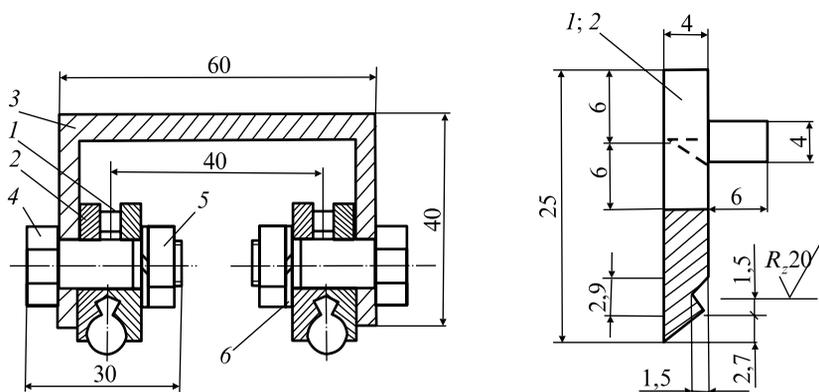


Рис. 5.10. Полосы защитные для изолирующих сопряжений анкерных участков при двух контактных проводах: 1, 2 — полоса 25×4; 3 — скоба; 4 — болт М10×30; 5 — гайка М10; 6 — шайба

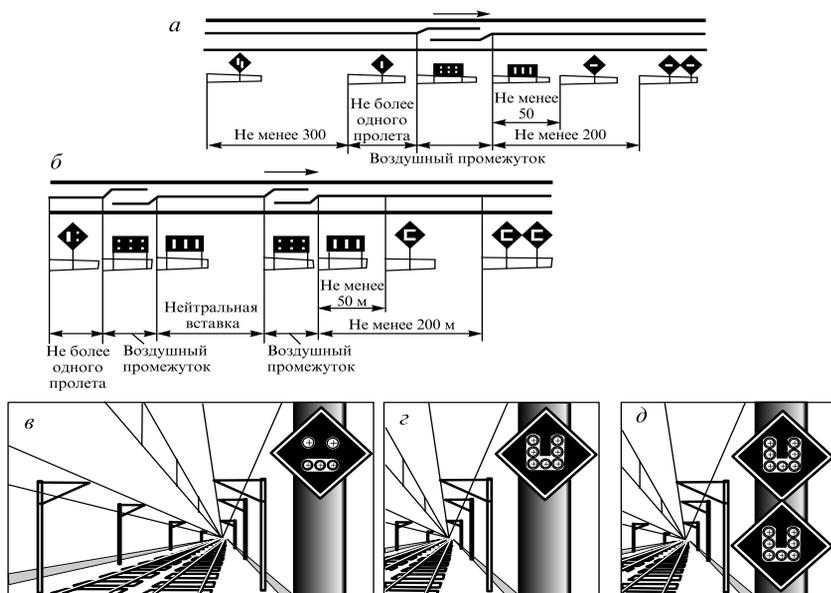


Рис. 5.11. Ограждение постоянными сигнальными знаками: *a* — нормально-разомкнутого изолирующего сопряжения; *б* — нейтральной вставки; предупредительные сигнальные знаки: *в* — «отключить ток», *г* — «включить ток на электровозе», *д* — «включить ток на электропоезде»

около 10—15 м. При конструктивной высоте контактной подвески более 2 м наложение изолирующего покрытия на несущий трос не требуется.

При осмотрах и ремонтах сопряжений обращают внимание на состояние полос и износ контактных проводов под ними, а также состояние контактного провода и несущего троса под изоляцией.

При наличии двухстороннего движения поездов защитные устройства от пережогов проводов устанавливают в обоих направлениях. Ограждение нормально-разомкнутых изолирующих сопряжений приведено на рис. 5.11.

Переходные опоры контактной сети, ограничивающие изолирующие сопряжения, должны иметь отличительный знак — *чередующиеся четыре черные и три белые горизонтальные полосы* шириной по 200 мм. Первая опора по направлению движения поездов, кроме того, дополнительно обозначается вертикальной черной полосой. Знаки

наносят непосредственно на опору или на щит размером 400 × 400 мм, закрепленный на опоре на высоте 4—5 м от поверхности земли.

На участках постоянного тока применяют сигнальные световые указатели «*Опустить токоприемник*», имеющие сигнальное значение при появлении на них мигающей светящейся полосы, когда снимается напряжение в контактной сети следующей фидерной зоны. При появлении мигающей полосы машинист опускает токоприемник, что предотвращает пережог контактных проводов.

Для обеспечения возможности плавки гололеда в пределах изолирующих сопряжений анкерных участков устанавливают электрические соединители, а в звеньевые струны врезают «орешковые» изоляторы, чтобы обеспечить плавку гололеда на контактных проводах и предотвратить перетекание тока с них на несущие тросы.

Для фиксации расстояния между рабочим контактным проводом и изоляторами у переходной опоры на участках переменного тока устанавливают специальное коромысло между несущим тросом и нерабочим контактным проводом на расстоянии 3 м от изоляторов, врезанных в анкеруемые провода контактной подвески. При применении полимерных вставок коромысло не монтируют.

**Секционные изоляторы.** На станционных путях, где длина съездов недостаточна для размещения изолирующих сопряжений, контактную сеть на электрически независимые участки (секции) разделяют секционными изоляторами. Для различных условий применения разработаны малогабаритные секционные изоляторы. В качестве изолирующих элементов в секционных изоляторах применяют полимерные вставки, стержневые фарфоровые изоляторы, а в несущем тросе — тарельчатые фарфоровые или стеклянные изоляторы.

Среди первых по конструкции простых секционных изоляторов, которые в настоящее время находятся в эксплуатации, относятся трехпроводные секционные изоляторы (рис. 5.12), доступные для изготовления на дистанциях электроснабжения. В этих изоляторах к основному контактному проводу подкатывают два отрезка вспомогательного контактного провода, располагая их по обе стороны от него в плане на расстоянии 300 мм при переменном токе и 100 мм при постоянном.

С одной стороны оба эти отрезка прикрепляют к основному контактному проводу, а с другой через изоляторы анкеруют на

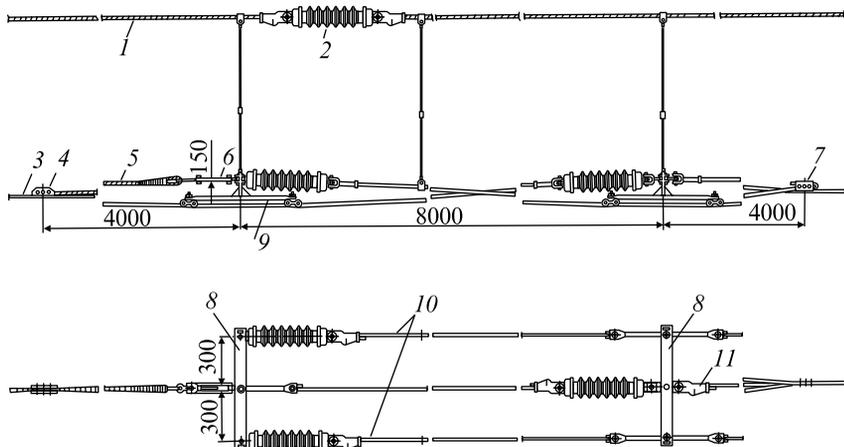


Рис. 5.12. Трехпроводный секционный изолятор: 1 — несущий трос; 2 — изолятор; 3 — основной контактный провод; 4 — зажим средней анкеровки; 5 — сталемедный трос; 6 — натяжная муфта; 7 — переходной зажим; 8 — коромысло; 9 — распорка; 10 — вспомогательный контактный провод; 11 — клиновой зажим

коромысло. С помощью натяжной муфты и отрезков сталемедного троса на вспомогательные контактные провода передается примерно половина натяжения основного контактного провода.

Для удаления изоляторов от токоприемника устанавливают специальные распорки, которые приподнимают их на 150 мм выше уровня рабочего контактного провода. К несущему тросу секционный изолятор подвешивают на струнах. Нормальная длина трехпроводного секционного изолятора 16 м. В отдельных случаях при укороченных съездах устанавливают трехпроводные секционные изоляторы длиной 8 м при постоянном токе и 12 м при переменном. По трехпроводным секционным изоляторам токоприемники могут проходить со скоростью не более 50 км/ч.

В последнее время разработаны новые конструкции секционных изоляторов: ИС-2-80-3 (рис. 5.13, а) для участков постоянного и ИС-1-80-25 (рис. 5.13, б) для участков переменного тока, а также ИС-0-80-25/3 (рис. 5.14) для участков переменного тока и станций стыкования. Основные технические данные секционных изоляторов приведены в табл. 5.1.

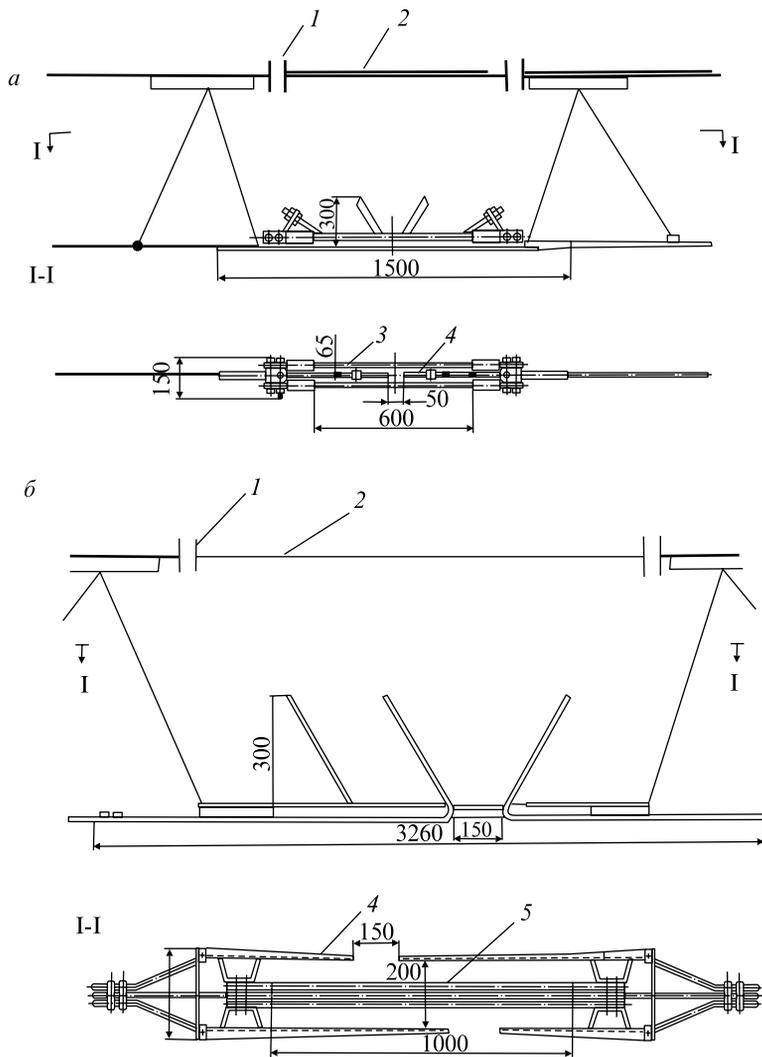


Рис. 5.13. Секционные изоляторы постоянного ИС-2-80-3 (а) и переменного ИС-1-80-25 (б) тока: 1 — изолятор; 2 — штанга; 3 — полимерный изолятор; 4 — скользящий; 5 — изолятор стержневой полимерный

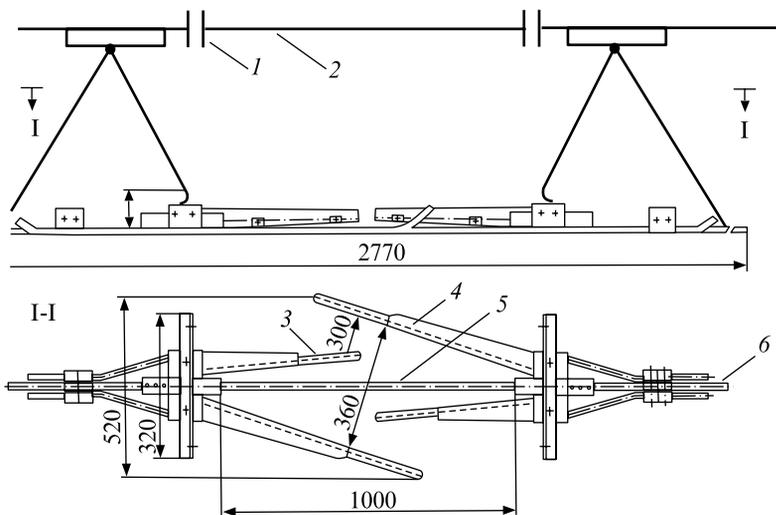


Рис. 5.14. Секционный изолятор переменного тока ИС-0-80-25/3: 1 — изолятор; 2 — штанга; 3 и 4 — короткий и длинный скользящие; 5 — изолятор натяжной полимерной гладкостержневой НСФ-120-25/1,1 (1,2); 6 — контактный провод

Таблица 5.1

### Секционные изоляторы

Техническая характеристика	Марка секционного изолятора		
	ИС-2-80-3	ИС-1-80-25	ИС-0-80-25/3
Номинальное напряжение, кВ	3	25	25
Допустимая скорость, км/ч	80		
Средний срок службы, лет	20		
Механическая нагрузка на изолятор при растяжении, кН (кгс):	допускаемая 10 (1000) испытательная 15 (1500) разрушающая 25 (2500)		
Длина пути утечки, мм	600	1000	1000
Воздушный зазор в устье дугогасительных рогов, мм	50±10	150±10	—
Воздушный зазор между разнопотенциальными элементами, мм	—	200±10	200±10
Длина, мм	1500	3260	2770
Ширина, мм	150	280	520
Высота, мм	300	300	120
Масса, кг	9	19	15

Секционные изоляторы для станций стыкования по техническим характеристикам должны удовлетворять требованиям контактной сети постоянного и переменного тока, а также особенностям секционирования контактной подвески. В настоящее время применяют секционные изоляторы МСМ-1М, МСИ-11М, СИ-7, ЦНИИ-7МА, ИС-О-80-25/3, малогабаритный секционный изолятор конструкции В.Г. Крапивина и др.

Секционные изоляторы замкнутой конструкции 8А-200-3, 12А-200-25 и 2А-200-25/25 имеют высокие эксплуатационные показатели по эффективности дугогашения и плавности прохода токоприемников (рис. 5.15). Длина пути утечки изолирующих элементов (скользунов) в изоляторах 8А-200-3 на напряжение 3 кВ — 900 мм; 12А-200-25 на напряжение 25 кВ — 1300 мм; 2А-200-25/25 для разделения фаз, систем тока и образования нейтральных вставок — 4000 мм.

На изолирующих элементах (скользунах) установлены дугогасящие устройства, состоящие из рогового разрядника и расположенного последовательно с ним воздушного промежутка с дугоотводящими рогами, обеспечивающие гашение электрической дуги.

Секционные изоляторы рассчитаны на скорость прохода токоприемников до 200 км/ч, эксплуатацию при температурах от  $-50$  до  $+40$  °С в районах с СЗА до VII включительно. Срок службы изоляторов 20 лет.

При полукомпенсированной подвеске секционные изоляторы, устанавливаемые от средней или жесткой анкеровки более чем на 200 м, должны подвешиваться к несущему тросу на скользящих струнах.

Продольная ось секционного изолятора, как правило, должна совпадать с продольной осью токоприемника. Допускается отклонение не более 100 мм. Секционный изолятор в пролете контактной подвески должен занимать уровень беспровесного положения контактного провода. Нижняя плоскость секционного изолятора должна располагаться параллельно плоскости пути и подниматься выше соседних точек подвеса контактного провода на 20—30 мм.

При транспортировке, монтаже и эксплуатации не допускаются удары по изолирующим элементам, скользунам и соединенным с ними деталям, механическая или термическая обработка оконцевателей, а также приварка к ним каких-либо элементов конструкций.

Изолирующие полимерные элементы и особенно скользуны при переноске и монтаже не должны подвергаться изгибающим усилиям. Для предохранения от таких усилий к ним рекомендуется прикреплять деревянные жесткие бруски.

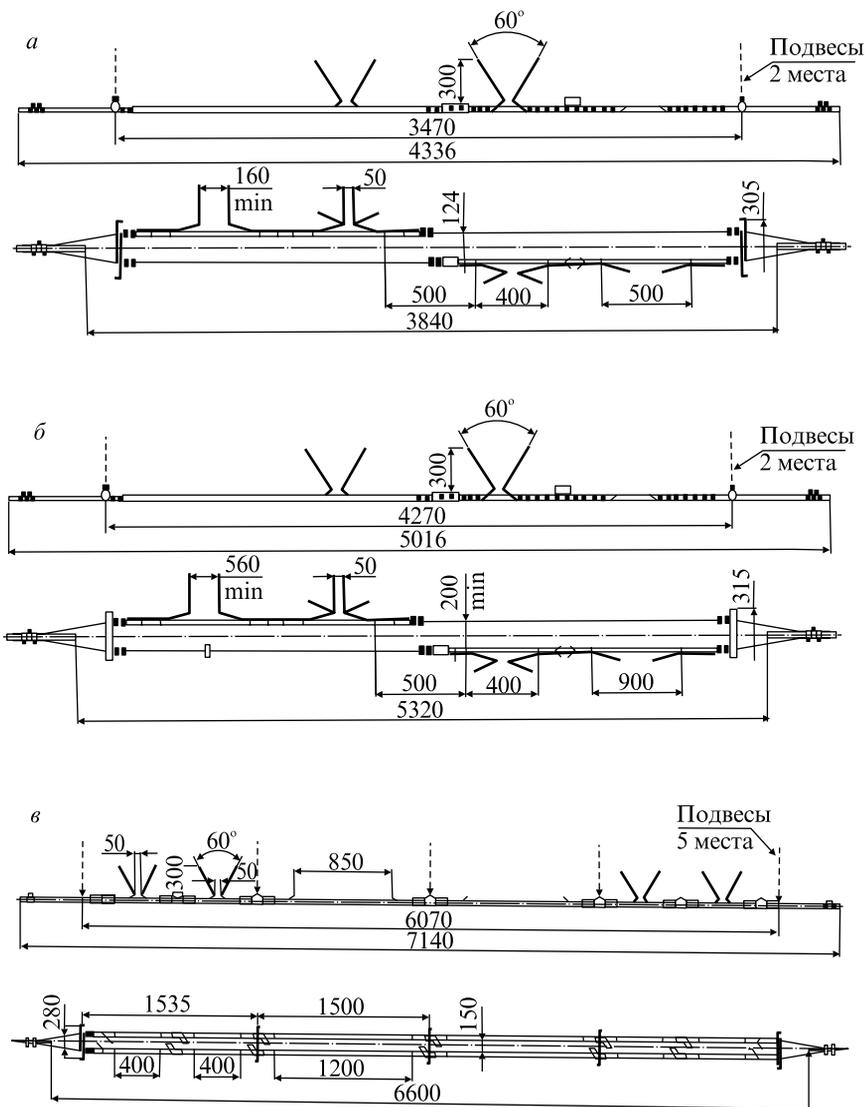


Рис. 5.15. Секционные изоляторы: *a* — 8А-200-3 постоянного тока для двух контактных проводов МФ-120 (МФ-100); *б* и *в* — 12А-200-25 и 2А-200-25/25 для одного контактного провода переменного тока 25кВ

Перед монтажом все детали секционного изолятора должны быть проверены, а изолирующие вставки, скользуны и изоляторы очищены от загрязнения. Сборку и регулировку проводят на ровной поверхности (плите, полу, монтажной платформе и т.д.).

Секционные изоляторы устанавливают, как правило, в первой трети пролета между опорами.

При техническом обслуживании обращают внимание на:

- состояние изолирующих элементов, скользунов и изоляторов, оконцевателей; проводят их очистку от загрязнения. Изолирующие элементы (не являющиеся скользунами) и изоляторы в процессе эксплуатации не должны подвергаться воздействию токоприемников (нашиваться или повреждаться). При очистке полимерных изоляторов и изолирующих элементов не допускается использование химически активных к ним веществ;

- состояние и регулировку дугогасительных рогов и металлических скользунов, которые очищают от следов оплавления дугой, проверяют величины воздушных зазоров;

- надежность крепления всех узлов секционного изолятора и поддерживающих струн.

Секционные изоляторы условно обозначаются буквами и цифрами: первая группа цифр и букв — тип изолятора, присвоенный ему разработчиком, например: 2А; СИ6; СИ6-1 и т.д.; вторая группа цифр — допускаемая максимальная скорость прохода токоприемников ЭПС, км/ч, например: 80, 120; третья группа — назначение изолятора: 25/25 — для образования нейтральных вставок (разделения фаз) контактной сети напряжением 25 кВ; 25/3 — для разделения секций контактной сети двух родов тока напряжением 25 кВ и 3 кВ на станциях стыкования; 3 или 25 — для разделения секций контактной сети напряжением 3 или 25 кВ.

Каждый секционный изолятор должен иметь маркировку в виде таблицы: условное обозначение секционного изолятора, предприятие-изготовитель, заводской номер, месяц и год выпуска.

### **5.3. Посты секционирования и пункты параллельного соединения**

*Посты секционирования* (ПС) устанавливают посередине между тяговыми подстанциями в местах раздела секций. Они обеспечивают защиту контактной сети от токов перегрузки и к.з. и соединяют электрически контактную сеть двухпутного и многопутного участков.

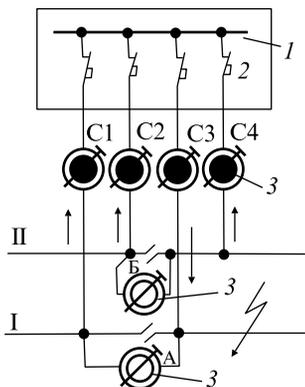


Рис. 5.16. Принципиальная схема поста секционирования двухпутного участка:  
 1 — общая шина; 2 — отключающий аппарат; 3 — разъединитель

общей шины, что вызовет его отключение, по остальным же секциям направление тока будет к общей шине и выключатели останутся включенными. При восстановлении напряжения в контактной сети со стороны тяговой подстанции включение выключателей происходит автоматически или по телеуправлению.

Количество выключателей, устанавливаемых на посту секционирования, зависит от числа секций.

**Пункты параллельного соединения** (ППС) предназначены для дополнительного параллельного соединения контактной сети между подстанцией и постом секционирования в одном или двух местах без продольного секционирования. Этим обеспечивается снижение потерь электроэнергии и повышение напряжения в контактной сети. Пункты параллельного соединения у тяговой подстанции позволяют снизить рабочие токи на каждый выключатель подстанции благодаря выравниванию токов нагрузки, и этим самым достигают улучшения условий защиты от токов к.з.

Параллельное соединение контактной сети при постоянном токе выполняют быстродействующим выключателем (рис. 5.17). Он же выполняет функцию защиты: при к.з. на одной из секции контактной сети срабатывает реле напряжения РДШ и отключает выключатель ППС, соединяющий секции. При появлении напряжения в

На ПС установлены выключатели: быстродействующие автоматические при постоянном токе и масляные при переменном. Каждую секцию контактной сети подключают к общей шине (рис. 5.16) через выключатели, которые обеспечивают отключение токов, превышающих уставку выключателя, лишь при условии прохождения тока в одном определенном направлении. При к.з. на одной из секций ток пойдет на эту секцию через выключатель от

контактной сети обоих путей быстродействующий выключатель включается.

На линиях переменного тока ППС комплектуют масляными выключателями, а реле напряжения подключают через понижающие трансформаторы напряжения.

**Автотрансформаторные пункты питания** (АТП) применяют в системе электроснабжения  $2 \times 25$  кВ. Установленный на них специальный автотрансформатор АОННЖ мощностью 10 или 16 мВ·А имеет две обмотки (рис. 5.18): последовательную ПО, подключенную выводом А к питающему проводу, и общую ОО, подключенную выводом Б к контактной подвеске. Объединенный вывод 3 этих обмоток подключен к средней точке путевого дроссель-трансформатора (ДТ). Автотрансформаторы снабжены устройством РПН, позволяющим производить режимное изменение позиций с диспетчерского пункта при необходимости повышения напряжения в контактной сети.

Присоединение автотрансформаторов к тяговой сети осуществляется через двухполюсные разъединители Р1 и Р2 с моторными приводами. В одном автотрансформаторном пункте устанавливают два автотрансформа-

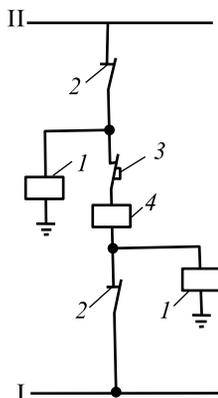


Рис. 5.17. Принципиальная схема пункта параллельного соединения двухпутного участка постоянного тока: 1 — реле контроля напряжения; 2 — разъединители; 3 — быстродействующий выключатель; 4 — реле напряжения

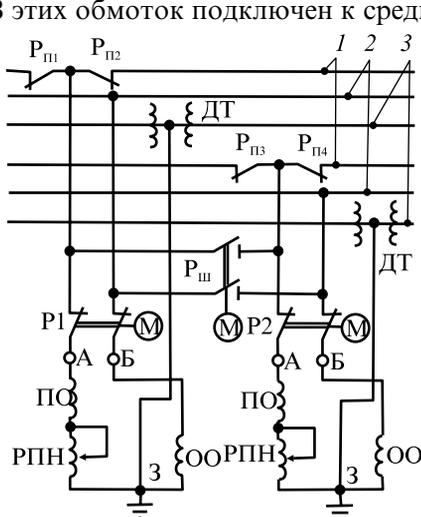


Рис. 5.18. Схема автотрансформаторного пункта: 1 — питающий провод; 2 — контактная подвеска; 3 — рельсы

тора — по одному на каждый путь. Контактная подвеска у автотрансформаторных пунктов не секционируется, а в расщепки питающих проводов установлены дополнительные секционные разъединители ( $P_{п1}$ ,  $P_{п2}$ ,  $P_{п3}$ ,  $P_{п4}$ ). Разъединитель  $P_{п3}$  с моторным приводом позволяет производить подключение одного из трансформаторов взамен другого.

Посты секционирования при системе электроснабжения  $2 \times 25$  кВ, в отличие от системы 25 кВ, имеют две шины: контактной сети и питающего провода.

## 5.4. Секционные разъединители и приводы

*Секционные разъединители* предназначены для электрического соединения или разъединения отдельных секций (участков) контактной сети, а также для подключения к контактной сети питающих линий.

На участках постоянного тока применяют секционные разъединители РС-3000/3,3 и РКС-3,3/3000 (рис. 5.19), рассчитанные на прохождение длительного тока 3000 А и напряжение 3,0 кВ, а также РКЖ-3,3/3000, РКЖ-3,3/1250 (рис. 5.20), РКМ -3,3/3000, РКМ-3,3/1250. Усиленный разъединитель РКС-3,3/4000 рассчитан на ток до 4000 А.

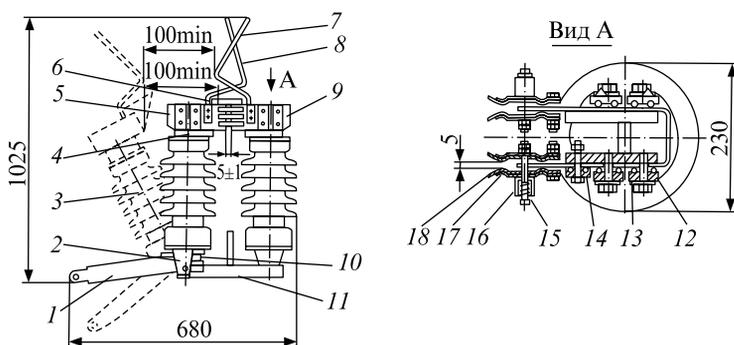


Рис. 5.19. Разъединитель контактной сети постоянного тока РКС-3,3/3000: 1 — рычаг; 2 — подвижный кронштейн; 3 — подвижный изолятор; 4 — нож подвижный; 5 — кронштейн; 6 — кожух; 7,8 — дугогасящие рога; 9 — нож неподвижный; 10 — упор; 11 — основание; 12 — зажим для проводов; 13 — пластина стопорная; 14 — зажим; 15 — пружина; 16 — колпачок; 17 — планка; 18 — ламель

Технические характеристики секционных разъединителей постоянного тока приведены в табл. 5.2 и 5.3. Секционные разъединители монтируют на специальных кронштейнах, закрепленных на опорах. Не допускается над разъединителями наличие проводов и конструкций на расстоянии менее 2 м. Разъединители постоянного и переменного тока устанавливают на высоте 5—6 м от поверхности земли.

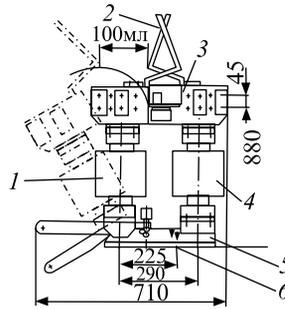


Рис. 5.20. Разъединитель контактной сети постоянного тока РКЖ-3,3/3000: 1 — подвижный изолятор; 2 — дугогасящие рога; 3 — главная токоведущая система; 4 — неподвижный изолятор; 5 — цоколь; 6 — болт заземления

Таблица 5.2

Технические характеристики разъединителей постоянного тока

Параметры	РКЖ-3,3/3000	РКЖ-3,3/1250	РКС-3,3/3000	РКС-3,3/4000	РКС-3,3/3000	РС-3000/3,3-1	РС-3000/3,3-П
Номинальный ток, А	3000	1250	3000	4000	3000	3000	3000
Предельный установившийся ток к.з., кА	50,0	25,0	50,0	50,0	25,0	50,0	25,0
Максимальный ток, отключаемый разъединителем с моторным приводом при индуктивности сети:							
300 мГн, А	10	10	30	30	30		
35 мГн, А	500	500	2000	2000	2000		
в аварийном режиме при индуктивности сети 35 мГн, А	2000	2000	2000	2000	2000		
Габаритные размеры, мм	880×760	920×730	1025×880	1025×880	1090×1555	1000×860	1000×910
Масса, кг	49,0	40,0	86,0	92,0	95,0	85,0	90,0

Таблица 5.3

**Технические характеристики разъединителей постоянного тока РКМ**

Параметры	РКМ-3,3/3000	РКМ-3,3/1250
	РКМ-3,3/4000	
Номинальный ток, А	3000, 4000	1250
Предельный установившийся ток к.з., кА	50	50
Масса, кг	50, 53	45

Разъединители должны располагаться группами в местах, удобных для подхода персонала к приводу разъединителя.

Для отключения секций контактной подвески в местах, где производят погрузочно-разгрузочные работы и осмотр крышевого оборудования ЭПС, применяют разъединители с заземляющими ножами, конструкция которых исключает возможность включения заземления при включенном положении разъединителя.

Площадь сечения шлейфов разъединителя должна быть не менее площади сечения соединяемых контактных подвесок и других проводов, а шлейф, подключаемый к его подвижному контакту, должен быть закреплен на подвесном или опорном изоляторе.

К контактной подвеске шлейфы разъединителя должны подключаться к электрическим соединителям через изоляторы со съемными переключателями, позволяющими производить его ремонт и замену без снятия напряжения с контактной сети.

Приводы разъединителей должны быть закрыты на замки. Подвижный изолятор разъединителя и привод соединяют валом или тягой. Допускается применение тросовых тяг.

Моторный привод должен иметь устройство, позволяющее переключать разъединитель вручную. Переключение разъединителей должно выполняться при отсутствии тока нагрузки.

В целях исключения поджогов на ножах при возможном возникновении электрической дуги во время отключения разъединители постоянного тока оборудуют дугогасящими рогами. Такими же рогами в отдельных случаях снабжают и разъединители переменного тока.

Ножи разъединителей монтируют на опорно-штыревых изоляторах, которые устанавливают вертикально на специальной раме. Один из изоляторов является неподвижным, а второй с помощью специального вала в нижней части может отклоняться от вертикального положения. При переводе рычагом подвижного изолятора в наклонное положение

нож выходит из губок и разрывает цепь. Плотное прижатие ножа губками обеспечивается стальными пружинами. Провода к каждой головке разъединителя присоединяют болтовыми зажимами, рассчитанными на четыре провода сечением до 120 мм<sup>2</sup> каждый.

Если требуется при отключении разъединителя одновременно заземлить отключаемую секцию, секционный разъединитель РКС-3,3/3000 оборудуют дополнительно заземляющим ножом, который крепится к подвижному контакту. Этот нож при отключении входит в губки, закрепленные на раме разъединителя, которые заземлены на тяговый рельс.

На участках переменного тока применяют секционные разъединители РД-35/1000, РЛНД-35/1000 (рис. 5.21), РКСДП-27,5/1000, РЛНД-35/600 без заземляющих ножей и РЛНД-35/1000 с одним заземляющим ножом. Разъединители рассчитаны на длительный ток 600 или 1000 А при напряжении 35 кВ переменного тока. Основанием разъединителя служит рама. На ее концах в подшипниках укреплены стержневые изоляторы, соединенные в нижней части тягой. При переключении разъединителя изоляторы одновременно поворачиваются на 90<sup>+20</sup> в противоположном направлении, при этом главные полуножи замыкаются или размыкаются.

При включенном положении разъединителя один из полуножей входит в пальцевые контакты, находящиеся на конце другого полуножа.

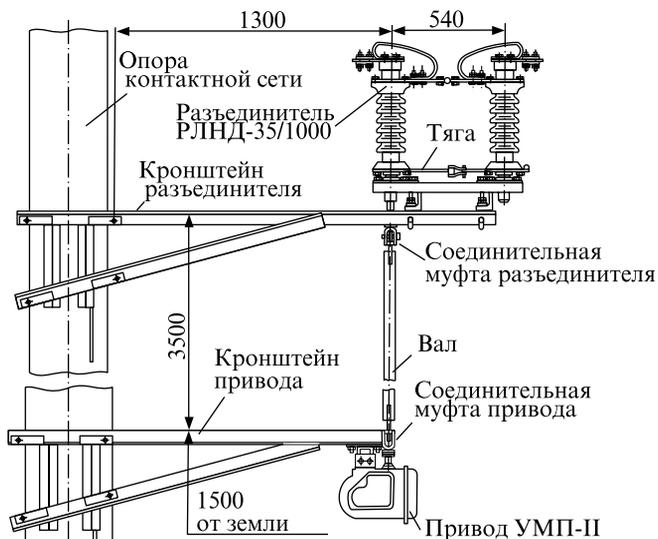


Рис. 5.21. Секционный разъединитель переменного тока РЛНД-35/1000

Таблица 5.4

## Технические характеристики разъединителей переменного тока

	РД-35/1000	РЛНД-35/1000	РЛНДЗ-1-35/1000	РЛНДЗ-16-35/1000	РЛНД-10/400	РЛНД-10/630	РЛНД1-10/400	РЛНД1-10/630	РЛНД1-10Б-400Н
Номинальное напряжение, кВ	35,0	35,0	35,0	35,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	40,5	40,5	40,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Номинальный ток, А	1000	1000	1000	1000	400	630	400	630	400
Предельный сквозной ток, кА	63,0	63,0	63,0	63,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Ток термической стойкости, кА	25,0	25,0	25,0	25,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Габаритные размеры, мм	780×890	885×770	885×775	885×775	445×940×550	445×940×550	470×1045×550	470×1045×550	470×1045×550
Масса, кг	43	43	57	57	39	31	39	40	43

На головках изолятора шарнирно укреплены контактные выводы, связанные с полуножами гибкими проводниками из ленточной меди.

В случае необходимости заземляющий нож располагают на специальном валу (со стороны полуножа с пальцевыми контактами), который вращается в подшипнике, установленном на основании разъединителя. При включении заземляющего ножа его пальцевые контакты соединяются с контактом, закрепленным на полуноже. Соединение заземляющего ножа с заземленным основанием для надежности контакта выполнено гибкой ленточной медью.

Основные технические данные секционных разъединителей переменного тока 35 и 10 кВ приведены в табл. 5.4. Обозначение разъединителя РЛНД расшифровывается — разъединитель линейный, наружной установки, двухколонтчатый.

Разъединители устанавливаются на опорах контактной сети, как правило, на специальных выносных кронштейнах (см. рис. 5.21); к проводам контактной сети их присоединяют медными перемычками (шлейфами).

**Приводы секционных разъединителей** предназначены для включения и отключения секционных разъединителей. Они устанавливаются внизу опоры и соединяются с рычагами разъединителя системой шарнирно связанных между собой труб или тросами. На электрифицированных линиях переменного и постоянного тока применяют моторные приводы, технические характеристики которых приведены в табл. 5.5 и 5.6.

Таблица 5.5

**Технические характеристики моторных приводов ПДЖ и УМП**

	ПДЖ-01	ПДЖ-02	ПДЖ-32	УМП-II	УМПЗ-II
Напряжение питания, В	220 <sup>+32</sup> <sub>-70</sub>	220 <sup>+32</sup> <sub>-70</sub>	220 <sup>+32</sup> <sub>-70</sub>	220 <sup>+32</sup> <sub>-33</sub>	220 <sup>+32</sup> <sub>-33</sub>
Род тока	Однофазный переменный частотой 50 Гц			Постоянный, однофазный переменный	
Двигатель привода	Трехфазный асинхронный мощностью 250 Вт, 3000 об/мин			Коллекторный мощностью 180 Вт, 8500 об/мин	
Угол поворота вала управления главным ножом, град.	105±3	97±3	97±3	90	90
Крутящий момент на выходном валу управления главным ножом при включении и отключении, Нм (кг/см), не менее	265(27)	265(27)	265(27)	260—390 (26—39)	260—390 (26—39)
Габаритные размеры, мм	410×390 ×450	410×390 ×320	410×390 ×320	518×4453 ×390	518×445 ×395
Масса, кг	68,0	67,0	71,0	58,0	64
Тип разъединителя, для которого предназначены приводы	РС-3000/3,3; РКС-3,3/3000; РКС-3,3/4000; РКЖ-3,3/3000; РКЖ-3,3/1250; РКМ-3,3/3000;	РЛНД-35/1000; РД-35/1000 (одно- и двух-полосные) РЛНД-10/630 (трех-полосные)	РНД-3-16-35/1000; РДЗ-1-35/1000 (одно- и двух-полосные) РЛНД-1-10/400; РЛНД-1-10/630; (трех-полосные)	РС-3000/3,3-1; РКС-3,3/3000; РКС-3,3/4000; РЛНД-10/400; РЛНД-35/1000; РКЖ-3,3/3000; РКМ-3,3/3000;	РНДЗ-16-35/1000 (на контактной сети); РЛНД-10/400 (на ВЛ); РКСЗ-3,3/3000; РКЖ-3,3/1250

*Примечание.* Время выполнения операции «откл» и «вкл» не более 2,5 с.

Таблица 5.6

**Технические характеристики моторных приводов ПДВ**

Технические характеристики	ПДВ-10	ПДВ-20
Номинальное напряжение, В	220	220
Род тока	Однофазный переменный, 50 Гц	Однофазный переменный, 50 Гц
Двигатель привода	Трехфазный асинхронный 250 Вт, 750 об/мин	Трехфазный асинхронный 250 Вт, 750 об/мин
Статическое усилие на рукоятке при ручном оперировании Н (кгс), не более	150(15,3)	150(15,3)
Угол поворота вала управления главными контактами разъединителя, градусы	105±3	90±3
Угол поворота вала управления заземлителем	90±3	90±3
Габаритные размеры, мм	600×355×280	600×410×280
Масса, кг	40	40
Тип разъединителя	РКМ-3,3/3000	РКМ-3,3/3000

Для дистанционного переключения секционных разъединителей как при постоянном, так и переменном токе используют универсальный моторный привод УМП-II. Он позволяет переключать разъединители дистанционно с пульта управления, по телеуправлению и вручную поворотом вала при открытой крышке. Механизм привода установлен в литом чугунном корпусе с крышкой. Привод работает от сети переменного тока напряжением 220 В и состоит из электродвигателя УЛ-062 мощностью 180 Вт и частотой вращения 8500 об/мин, редуктора, фрикциона и блокировок. Надежная работа моторного привода обеспечивается при напряжении не менее 180 В.

На линиях постоянного тока моторный привод устанавливают на опоре и комплектуют рычагом, к которому присоединяют трубчатые или тросовые тяги, идущие к разъединителю. На линиях переменного тока привод устанавливают на выносном кронштейне, выходной вал соединяют муфтой с трубчатым валом, соединенным с разъединителем.

Моторные приводы должны иметь защиту от самопроизвольного переключения и блокировку, которая не допускает включения

разъединителя на период производства на нем ремонтных работ. На участках постоянного тока моторные и ручные приводы должны быть изолированы от опор контактной сети и кронштейнов разъединителей. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 кОм. Металлическая оболочка и броня кабеля дистанционного управления должны быть изолированы от конструкции моторных приводов и опор.

Подшипники электродвигателей, валов, редукторы, шарнирные узлы моторных и ручных приводов должны быть покрыты смазочным материалом. Для подшипников и редукторов марка смазочного материала указана в заводском паспорте привода. Для шарнирных узлов применяют смазки марок ЖТ-79Л, ЖТ-72, ЖТКЗ-65, ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-202, ЦНИИ-КЗ и другие равноценные смазки.

Пульты дистанционного управления разъединителями устанавливают и подключают к источнику питания через изолирующий трансформатор.

*Дистанционное управление* моторными приводами осуществляют с пульта управления, например ПУ-3, который монтируют на пластмассовом основании и закрывают крышкой из того же материала. Ручка пакетного переключателя предназначена для его переключения на режим телеуправления или дистанционного управления с пульта. Пуск моторного привода осуществляют кнопкой, предварительно поставив ручку пакетного переключателя на управление с пульта. Сигнальные лампы показывают положение секционного разъединителя: при отключенном положении горит зеленая лампа и при включенном — красная.

Для осуществления дистанционного управления между пультом управления и приводом секционного разъединителя должны быть проложены как минимум три провода. Пульты управления объединяют в одну общую систему аппаратуры управления приводами АУП-3, состоящую из блока питания БП-3, к которому можно присоединить до 11 пультов управления.

Схема дистанционного управления разъединителями показана на рис. 5.22. Питание подается на пульт управления через предохранители. При положении, показанном на схеме (разъединитель отключен), якорь Я и обмотка возбуждения двигателя не получают

достаточного напряжения из-за сопротивления резистора R2, и на пульте управления горит зеленая лампа ЛО. Для включения разъединителя переводят в положение «Включено» переключатель ПП, нажимают пусковую кнопку КнП, шунтируя этим резистор R2. Электродвигатель Я приходит в движение и включает секционный разъединитель, а его переключатель ПД занимает положение, противоположное показанному на схеме.

После отпускания кнопки КнП загорится красная сигнальная лампа ЛВ. Для отключения разъединителя поворачивают переключатель в положение «Отключено» и нажатием пусковой кнопки КнП шунтируют резистор R1. Электродвигатель приходит в движение и отключает секционный разъединитель, а переключатель двигателя вновь примет исходное положение, показанное на схеме.

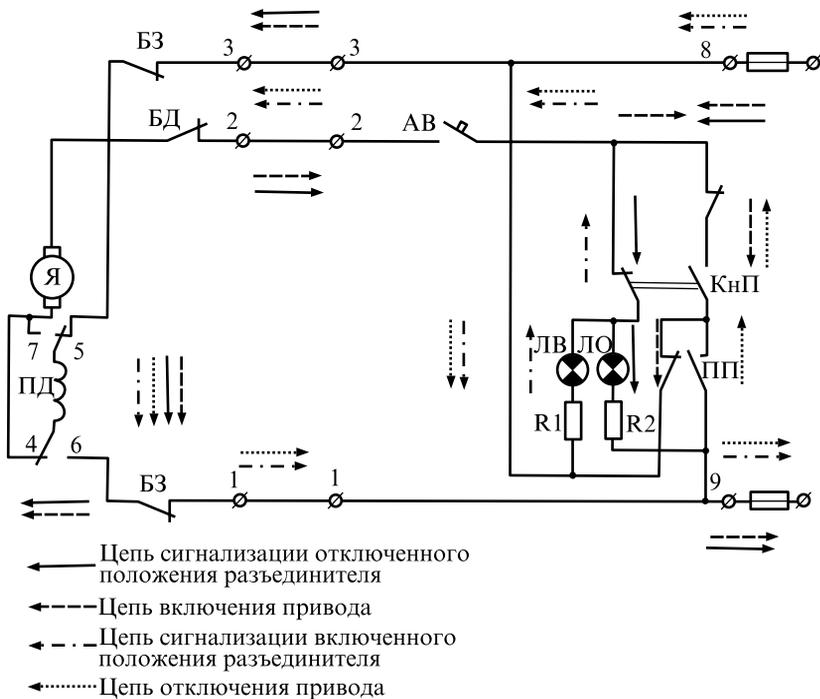


Рис. 5.22. Схема управления моторным приводом с пульта управления

В схеме имеется также автоматический выключатель АВ, защищающий двигатель от к.з. и перегрузок. Блок-контакт БД исключает возможность включения электродвигателя при открытой двери привода. Блок-контакты БЗ не допускают включения электродвигателя привода с пульта при включенном заземляющем ноже. При включении пульта в систему телеуправления к нему присоединяют специальную приставку (стойку) телеуправления. У пульта дистанционного управления разъединителями должна быть местная инструкция о порядке управления моторными приводами.

### **5.5. Стыкование контактной сети переменного и постоянного тока**

На сети железных дорог применяется система стыкования электрифицированных участков постоянного и переменного тока на станции (или в отдельных ее парках) способом переключения секций контактной сети на два рода тока (рис. 5.23). Уровень изоляции контактной сети на таких станциях должен быть таким же, как на участках переменного тока, а способ защиты опор от электрокоррозии — как на участках постоянного тока. Переключаемые секции контактной сети разделяются между собой секционными изоляторами, которые должны иметь незначительную длину. Границы переключаемых секций контактной сети совпадают с изолирующими стыками рельсовых цепей устройств СЦБ.

Секционные изоляторы контактной сети располагаются по отношению к изолирующим стыкам рельсовой цепи переключаемых секций так, чтобы при маневровых передвижениях электровозов по станции стыкования токоприемник освобождал секцию контактной сети раньше размыкания соответствующей секции маршрута. Это достигается врезкой секционных изоляторов в контактную подвеску над изолирующими стыками. Таким образом, расположение секционных изоляторов, изолирующих стыков, сигналов (светофоров) и положение токоприемников ЭПС взаимосвязаны (рис. 5.24). Их зависимость выражается соотношениями  $a \div d \geq b - f + 0,5 \text{ м}$ ;  $f + 0,5 \text{ м} \geq C$ , что исключает попадание через полз токоприемника «чужого» рода тока при остановке ЭПС в непосредственной близости перед светофором или после него, а при подготовке дежурным по парку (станции) маршрута — еще до освобождения секции.

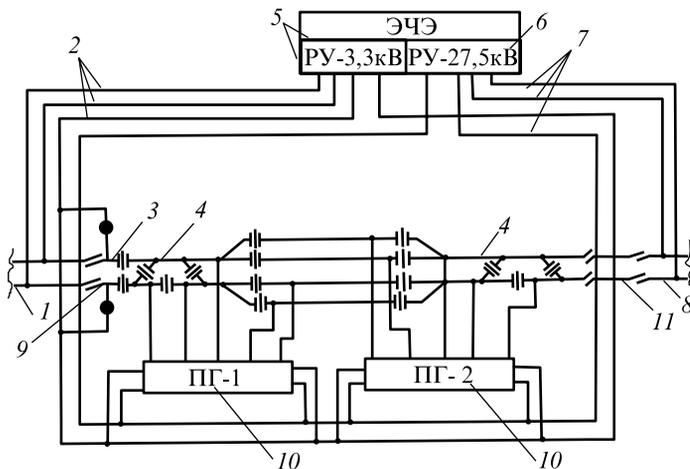


Рис. 5.23. Схема питания и секционирования контактной сети станции стыкования: 1 и 8 — контактная сеть постоянного и переменного тока перегонов; 2 и 7 — фидерные линии постоянного и переменного тока; 3 и 9 — непереключаемые секции постоянного тока; 4 — переключаемые секции; 5 и 6 — распредустройства постоянного (3,3 кВ) и переменного (27,5 кВ) тока на тяговой подстанции; 10 — пункты группировки; 11 — нейтральная вставка

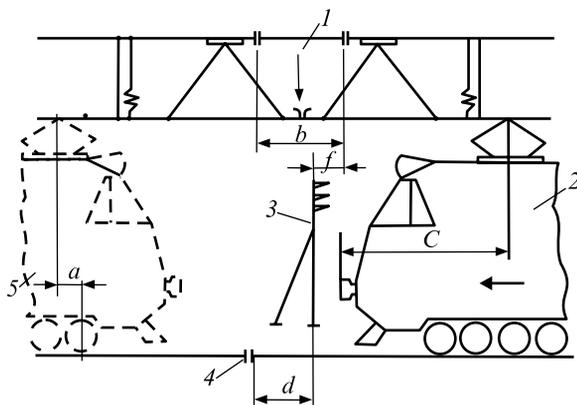


Рис. 5.24. Схема зависимости расположения секционного изолятора, светофора, изолирующего стыка рельсовой цепи и токоприемника ЭПС (стрелкой указано направление движения): 1 — секционный изолятор; 2 и 5 — ЭПС с передним и задним поднятым токоприемником; 3 — светофор; 4 — изолирующий стык рельсовой цепи

Секции контактной сети, где движение ЭПС осуществляется на одном роде тока, не входят в группу переключаемых секций и питаются от отдельных разъединителей контактной сети. Контактная сеть станции и перегона разделяется воздушными промежутками. Между переключаемыми секциями и воздушными промежутками должны быть непереключаемые секции контактной сети с тем же родом тока, что и на перегоне, чтобы исключить случаи ухода «чужого» рода тока на перегон.

Переключатели станций стыкования группируются в отдельные *пункты группировки* и размещаются на обочине пути или в широком междупутье в зависимости от схемы путевого развития станции. Они оснащаются защитой станций стыкования от попадания переменного тока в цепь постоянного. На вводе 25 кВ установлен трансформатор тока ТФН-35 для питания токового реле, сигнализирующего на пост электрической централизации (ЭЦ) или МРЦ о к.з. на ПГ. Расстояние от ПГ до переключаемых секций контактной сети выбирается минимальным. Питание контактной сети постоянным и переменным током осуществляется от тяговой подстанции по отдельным воздушным линиям-фидерам по кольцевой схеме, что обеспечивает ее гибкость (см. рис. 5.23).

Схемы питания и секционирования пунктов группировки приведены на рис. 5.25.

Пункты группировки могут быть открытого (рис. 5.26) и закрытого типов. Территория ПГ ограждается забором высотой 2 м. Защита оборудования от перенапряжений осуществляется разрядниками контактной сети или ОПН.

Каждый пункт группировки, кроме шин постоянного и переменного тока, должен иметь резервную шину с резервным переключателем.

Управление переключателями осуществляется в единой системе маршрутно-релейной централизации (МРЦ) железнодорожной станции дежурным, одновременно с переключением стрелок и сигналов при подготовке маршрута.

Питающие линии к шинам пунктов группировки должны подключаться через разъединители с дистанционным управлением. Они оборудуются блокировкой, которая должна предотвращать:

включение или отключение разъединителей при включенном положении переключателей;

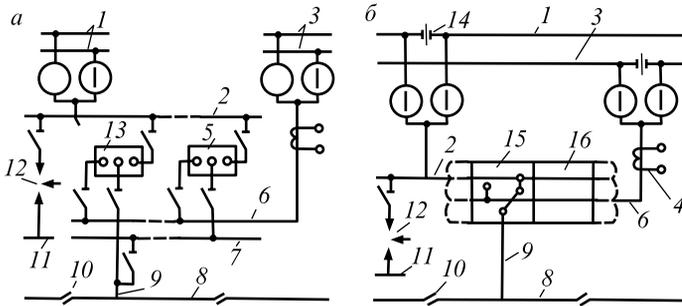


Рис. 5.25. Схемы питания и секционирования пунктов группировки с переключателями МПС 3,3/27,5 (а) и ППС (б): 1 и 3 — фидера постоянного и переменного тока; 2 и 6 — шины постоянного и переменного тока; 4 — трансформатор тока; 5 — резервный переключатель; 7 — резервная шина; 8 — переключаемая секция контактной сети; 9 — питающая линия; 10 — секционный изолятор контактной сети; 11 — рельс; 12 — аппаратура защиты ЗСС; 13 и 15 — рабочие переключатели; 14 — врезной изолятор; 16 — резервная ячейка с переключателем

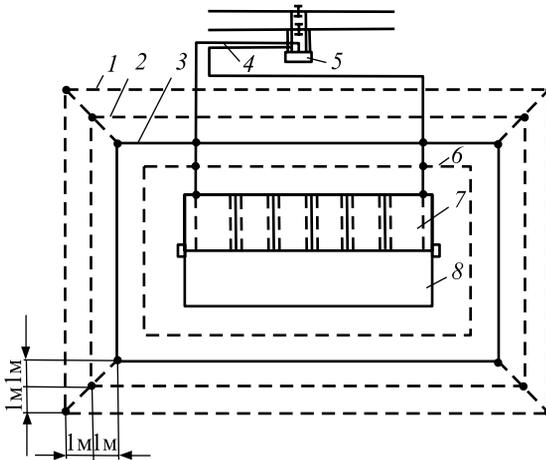


Рис. 5.26. План открытого пункта группировки: 1, 2, 6 — полосы заземления на глубине 1,5; 1 и 0,5 м; 3 — ограждение; 4 — провод заземления; 5 — путевой дроссель-трансформатор; 7 — ячейки (камеры) переключателей; 8 — рабочая площадка

включение заземляющего ножа при включенном положении одного из разъединителей;

включение разъединителя при включенном заземляющем ноже.

Как правило, отсасывающие линии постоянного и переменного тока должны подключаться совместно к главным путям в створе тяговой подстанции к одним и тем же дроссель-трансформаторам, между которыми устанавливается междупутная перемычка (рис. 5.27, *а*) Дроссель-трансформаторы могут быть расположены в любой из горловин станции или на самой станции стыкования.

Каждая из отсасывающих линий постоянного или переменного тока тяговой подстанции может подключаться к двум различным ДТ, один из которых установлен на главном пути, а другой — на боковом (рис. 5.27, *б*). При этом к ДТ, установленному на одном из главных путей двухпутного участка, подключается отсасывающая линия постоянного тока, к другому ДТ, установленному на другом главном пути, подключается отсасывающая линия переменного тока. К ДТ, установленному на боковом пути, подключается отсасывающая линия как постоянного, так и переменного тока. Между указанными точками подключения отсасывающих линий к ДТ должно быть не менее 10 (при сигнальной частоте 25 Гц) и не менее шести (при частоте 50 Гц и выше) двухниточных рельсовых цепей (РЦ).

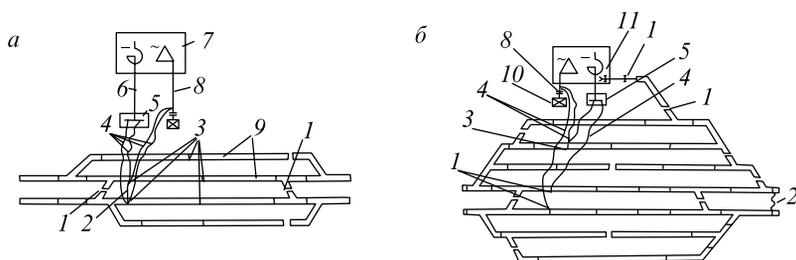


Рис. 5.27. Схема подключения цепей отсоса к двум дроссель-трансформаторам главных путей (*а*) и к дроссель-трансформаторам главных и боковых путей (*б*): 1 — изолирующий стык рельсовой цепи; 2 — междупутная перемычка; 3 — изолирующий стык с дроссель-трансформатором; 4 — перемычки между отсасывающими линиями и главными путями; 5 — шкаф отсасывающей линии постоянного тока; 6 и 8 — отсасывающие линии постоянного и переменного тока; 7 — тяговая подстанция; 9 — двухниточные рельсовые цепи; 10 — опоры отсасывающей линии переменного тока; 11 — тяговая подстанция

Знак-указатель подключения рабочего заземления к ДТ или рельсам «Опасно. Высокое напряжение» на станциях стыкования устанавливается в месте подключения отсасывающих линий постоянного и переменного тока к главным и боковым путям, а также с обоих концов ближайших к месту подключения отсасывающих линий постоянного и переменного тока к рельсовым цепям междупутных перемычек.

**Переключатели** пунктов группировки станций стыкования предназначены для переключения рода тока в секциях контактной сети постоянного (3 кВ) и переменного (25 кВ) тока без нагрузки. Узлы переключателя ПСС-1V2 (рис. 5.28) смонтированы на сварной тележке с каркасом из стальных швеллеров и уголков общей массой около 700 кг.

Технические характеристики переключателя ПСС-IV2 приведены в табл. 5.7.

Переключатель ПСС-2V2 — это модернизированный переключатель ПСС-1V2.

Переключатель станции стыкования ЦНИИ МПС с втычными контактами выкатного типа снят с производства, но еще находится в

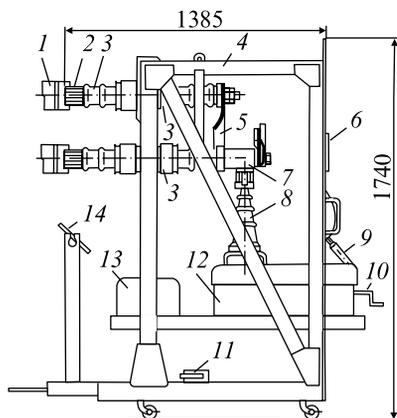


Рис. 5.28. Выкатной переключатель станции стыкования ПСС-IV2: 1 — изолятор ячейки переключателя; 2 — ламели втычных контактов; 3 и 8 — неподвижный и подвижный изоляторы; 4 — каркас переключателя; 5 — гибкий шунт; 6 — смотровое окно; 7 — неподвижный контакт; 9 и 10 — рукоятки механизма доводки ручного привода (курбель); 11 — контакты заземляющего устройства; 12 — электропривод; 13 — блок управления; 14 — зеркало

Таблица 5.7

## Технические характеристики переключателя ПСС-IV2

Параметры	Род тока	
	Переменный	Постоянный
Напряжение кВ: номинальное максимальное	25	3
	29	4
Номинальный ток, А	1000	1400

эксплуатации. Технические характеристики переключателей ЦНИИ МПС и малогабаритных МПС 3,3/27,5 приведены в табл. 5.8.

Таблица 5.8

## Технические характеристики переключателей

Параметры	ЦНИИ МПС	МПС 3,3/27,5
Номинальное напряжение, кВ: переменного тока постоянного тока	25	25
	3	3
Номинальный ток, А: постоянный переменный	1000	1000
	400	300
Число переключений без ремонта	$18 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$
Время переключения, с	1—1,5	1,1—1,3
Масса, кг	370	290

*Приводом* в переключателях станций стыкования ПСС-1V2 и ПСС-2V2 служит модернизированный стрелочный электропривод СП-6 (СП-3) с электродвигателем МСТ-0,3/190 переменного тока. Привод имеет автопереключатель для коммутации цепей управления и сигнализации. В отличие от стрелочного электропривода, предназначенного для перевода централизованных стрелок, электропривод переключателя ПСС применяется без контрольных линеек.

Электропривод переключателя ПСС-1V2 управляется с поста ЭЦ (МРЦ) по двухпроводной схеме постоянным током, а переключателя ПСС-2V2 — по пятипроводной схеме переменным током напряжением 220 В. Технические характеристики электродвигателей приводов переключателей приведены в табл. 5.9.

*Устройство защиты станции стыкования* (ЗСС) предназначено для предупреждения повреждения электрооборудования секций контактной сети, питающих линий, тяговой подстанции, ЭПС постоянного тока 3 кВ при попадании в их цепи переменного тока 25 кВ.

Таблица 5.9

**Технические характеристики электродвигателей приводов переключателей**

Тип привода	Электро-двигатель	СПВ-5м	СП-6	СП-6/СП-3
Род тока	Постоянный	Постоянный	Постоянный	Переменный
Рабочее напряжение, В	160, 220	120, 160	220 <sup>+40</sup> <sub>-60</sub>	220 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>
Рабочий ток, А	3; 4	3; 2,2	1,5	2
Сила тока на фрикцию, А	4	8; 6	1,9—2,0 <sup>+40</sup> <sub>-60</sub>	1,9—2,0 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>
Тип переключателя, где применен привод	ЦНИИ-МПС	МПС 3,3/27,5	ПСС-1V2	ПСС-2V2

Аппаратура ЗСС монтируется на каждом ПГ и подключается к шинам постоянного тока пункта группировки, а также к непереключаемым участкам контактной сети постоянного тока, примыкающим к участкам переменного тока. Основные технические характеристики ЗСС приведены в табл. 5.10. Расстояние от устройства ЗСС до удаленной точки, в которой возможно попадание переменного тока в цепь постоянного тока, не должно быть более 1,5 км.

Таблица 5.10

**Основные технические характеристики ЗСС**

Номинальное напряжение, кВ	3
Наибольшее допустимое напряжение, кВ	4
Импульсное пробивное напряжение, кВ	7,5—8,5
Предельный ток термической устойчивости, кА: переменный длительностью 0,2 с постоянный длительностью 0,1 с	12 5
Наибольший ток электродинамической устойчивости, кА	28
Масса, кг	233

Назначение отдельных элементов схемы ЗСС (рис. 5.29) следующие: сопротивления R3 и R4 предотвращают развитие дугового разряда между основными электродами с воздушным промежутком  $6,5 \pm 0,5$  мм F1 и поджигающими электродами с воздушным промежутком  $1 \pm 0,2$  мм F2 (образуют «петлю тока», благодаря чему дуга, возникшая между ними, выдувается в пространство между основными электродами F1); конденсатор C1 уменьшает амплитуду волны напряжения и предотвращает ложные срабатывания от грозовых или коммутационных перенапряжений в линии 3 кВ; сопротивления R5—R19 — разрядные.

При появлении на шине 3 кВ ПГ переменного тока напряжением, превышающем пробивное напряжение вентильного разрядника Р (от 7,5 до 8,5 кВ), последний срабатывает и ток протекает по цепи: шина 3 кВ—разрядник Р—сопротивления R1, R2, R3, R4—реле заземления К—земля (рельс), что приводит к срабатыванию поджигающего устройства.

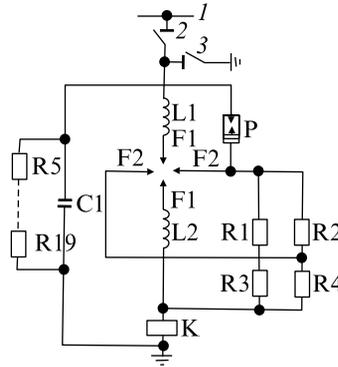


Рис. 5.29. Принципиальная электрическая схема устройства ЗСС: L1, L2 — катушки индуктивности; I — шина постоянного тока; 2 — разъединитель; 3 — заземляющий нож

Дуга, возникшая между электродами F2, ионизирует воздушный промежуток между основными электродами F1, который пробивается и шунтирует цепь поджига, что приводит к глухому к.з. в месте подключения устройства. По цепи к.з. протекают постоянный и одновременно переменный ток, попавший в цепь постоянного тока. Эти токи вызывают срабатывание защит фидеров контактной сети на тяговой подстанции.

## 5.6. Контрольные вопросы

1. Какие системы тягового электроснабжения применяются на электрифицированных железных дорогах?
2. Что такое продольное и поперечное секционирование?
3. Какими устройствами осуществляют электрическое разделение секций контактной сети?
4. Какую защиту от пережогов контактных проводов монтируют на изолирующих сопряжениях?
5. Перечислите конструкции секционных изоляторов?
6. Какие применяются типы разъединителей и моторных приводов при постоянном и переменном токах?
7. Как осуществляется стыкование систем постоянного и переменного тока?

---

---

## **Глава 6. Составление монтажных планов контактной сети**

### **6.1. Габариты и нормы расположения проводов и опор контактной сети**

На электрифицированных железных дорогах постоянного и переменного тока расположение проводов контактной сети по отношению УГР и оси пути должно удовлетворять требованиям стандарта и Правил технической эксплуатации (ПТЭ) железных дорог Российской Федерации.

Минимальная высота подвески смонтированного контактного провода над УГР должна быть на перегонах и железнодорожных станциях 5,75 м, а на переездах 6,0 м. В исключительных случаях это расстояние в пределах искусственных сооружений, расположенных на путях железнодорожных станций, на которых не предусматривается стоянка подвижного состава, а также на перегонах, с разрешения ОАО «РЖД», может быть уменьшено до 5,675 м при переменном и до 5,55 м при постоянном токе. Максимальная высота подвески контактного провода не должна превышать 6,8 м.

При новом строительстве, обновлении и реконструкции высота подвески контактного провода должна быть на перегонах и железнодорожных станциях 6,5 м, а на участках скоростного движения поездов (161—200 км/ч) — 6 или 6,25 м (определяется проектом). Уклон контактного провода при переходе от одной высоты подвески к другой не должен превышать значений, приведенных в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Уклон контактного провода**

Скорость движения, км/ч	Уклон контактного провода, не более	
	основной	переходный
До 50	0,01	—
От 51 до 70	0,006	—
От 71 до 120	0,004	—
От 121 до 160	0,002	0,001
От 161 до 200	0,001	0,0005

Примечание. Уклон означает снижение или подъем контактного провода на длине 10 м: 0,01 — на 100 мм; 0,006 — на 60; 0,004 — на 40; 0,002 — на 20; 0,001 — на 10; 0,0005 — на 5 мм.

Переходные уклоны должны предусматриваться с обеих сторон каждого участка с основным уклоном на протяжении не менее одного пролета.

На участках со скоростью движения поездов от 161 до 200 км/ч высота подвески контактного провода не менее чем в двух пролетах, примыкающих к искусственному сооружению, должна быть такой же, как в искусственном сооружении.

Расстояние от нижней точки проводов питающих, усиливающих, отсасывающих, обратного тока, ДПР, ВЛ и других при наибольшей стреле провеса до поверхности земли и сооружений, а также расстояние между проводами линий при их взаимном пересечении или сближении, должны быть не менее приведенных в табл. 6.2.

Таблица 6.2

**Расстояния между проводами и уровнем головки рельса, поверхности земли**

Наименование объектов пересечения или сближения	Наименьшее расстояние от проводов (кабелей), м		
	ВЛ 0,4 кВ, отсасывающих, обратного тока, экранирующих, волновода, волоконно-оптической линии связи, группового заземления	ВЛ 10(6) кВ, питающих и усиливающих линий 3 кВ	ВЛ 35 кВ, ДПР, питающих и усиливающих линий 25 кВ
1	2	3	4
Поверхность земли: в населенной местности	6	7	7

Окончание таблицы 6.2

1	2	3	4
в ненаселенной местности и в пределах искусственных сооружений	5	6	6
в труднодоступных местах	4	5	5
в недоступных местах	1	2,5	3
Головки рельсов неэлектрифицированного пути	7,5	7,5	7,5
Поверхность автомобильной дороги	7	7	7
Несущий трос или верхний провод ВЛ, подвешенный на опорах контактной сети	2	2	2
Провод троллейбусных и трамвайных линий	1,5	3	3
Провод ВЛ при напряжении, кВ:			
0,4	1	2	3
6—10	2	2	3
20—110	3	3	3
150—220	4	4	4
330—500	5	5	5
Настил пешеходных мостов (при устройстве над мостом предохранительного щита)	4	4,5	5
Поверхность пассажирских платформ (при двойном креплении проводов)	4,5	7	7
Крыши производственных зданий	3	3	3
Здания (по горизонтали)	1,5	2	4
Линии связи и радио (по горизонтали)	2	2	—
Кроны деревьев	1	2	3

Примечания: 1. Населенная местность — городская черта с перспективой развития на 10 лет, курорты, поселки и пригородные зоны, зеленые зоны вокруг города и других населенных пунктов, а также территории садово-огородных участков.

2. Ненаселенная местность — земли, не отнесенные к населенной и труднодоступной местности.

3. Труднодоступные места — местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

4. Недоступные места — склоны гор, скалы, утесы.

5. Расстояние от проводов группового заземления до поверхности автомобильной дороги на переездах должно быть не менее 6 м, а у анкеровок этих проводов, кроме переездов, до поверхности земли — 4 м.

Расстояние от изолированных консолей, фиксаторов, нижних фиксирующих тросов и шлейфов до поверхности пассажирских платформ, по которым не осуществляется проезд транспортных средств, должно быть не менее 4,5 м.

На контактной сети не должно быть сближений на расстояние менее 0,8 м консолей, фиксаторов и анкерных отходов различных секций перегонов и железнодорожных станций. Расстояние от токоведущих частей контактной сети, кроме изолированных консолей, до опоры должно быть не менее 0,8 м.

Для полукомпенсированных подвесок расчетным положением контактного провода является его беспровесное положение, для компенсированных — положение контактного провода у опоры при средней расчетной температуре.

В полукомпенсированных цепных подвесках при изменении температуры окружающего воздуха контактный провод в середине пролета перемещается по высоте, а в компенсированных при увеличении массы подвески в результате образования гололеда на проводах может опускаться на высоту, соответствующую изменению стрелы провеса несущего троса. Во всех случаях высота расположения контактного провода не должна выходить за установленные нормами пределы.

Расстояния от оси пути до внутренней грани опор или их фундаментов на уровне УГР, называемые *габаритами опор*, принимают в соответствии с требованиями стандарта (рис. 6.1, *а*), в состав которого входят габарит приближения строений, габарит подвижного и другие габариты.

Габаритом приближения строения называют предельное поперечное (перпендикулярное к оси пути) очертание, внутрь которого не должны заходить части сооружений и устройств, т.е. габариты опор контактной сети определяют с учетом выступающих частей их армировки. Исключение составляют контактные провода с деталями крепления и фиксирующими устройствами (рис. 6.1, *б*). На двухпутных и многопутных участках опоры устанавливают с разных сторон напротив друг друга.

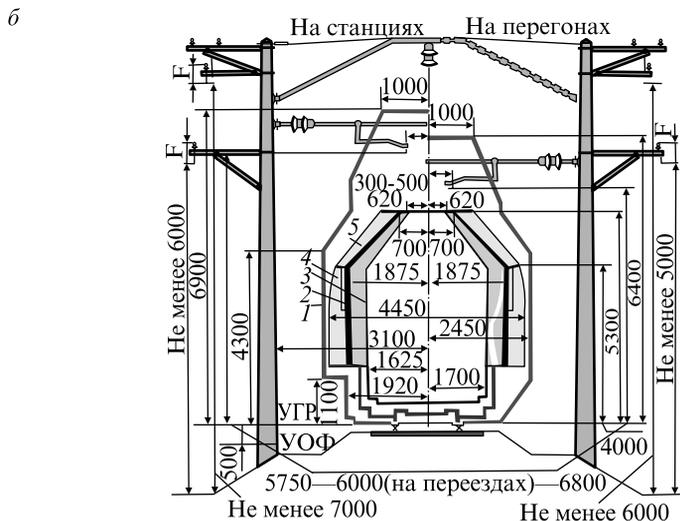
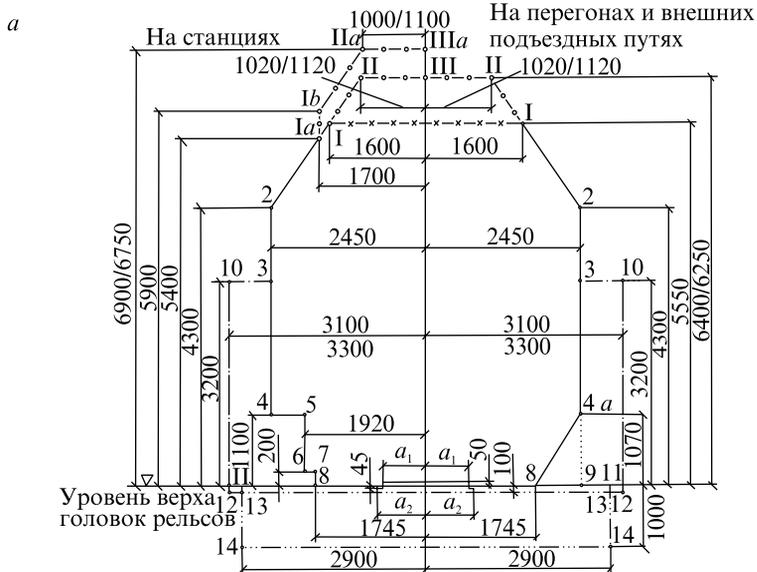


Рис. 6.1. Габариты: *a* — приближения строения С и С<sub>ск</sub> (для скоростей движения до 160 и 161—200 км/ч); *б* — контуры габаритов для установки опор контактной сети: приближения строения (С, контур 1), подвижного состава (Т, контур 2) и погрузки груза (контур 3); 4 и 5 — боковая и верхняя зоны негабаритности

Габарит подвижного состава — это предельное поперечное, перпендикулярное к оси пути очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться как груженный, так и порожний подвижной состав, установленный на прямом горизонтальном пути. Габарит погрузки груза — предельное поперечное очертание груза, погруженного на открытый подвижной состав. Грузы, выходящие за пределы очертаний зон негабаритности или имеющие высоту более 5300 мм, относятся к сверхгабаритным.

Условные обозначения к рис. 6.1:

\_\_\_\_\_ линия приближения пролетных строений мостов, элементов тоннелей, галерей, платформ, настилов переездов и других сооружений, а также устройств, располагаемых на муждупутьях станций;

—○— линия приближения всех вновь строящихся сооружений и устройств, кроме расположенных на путях, электрификация которых исключена, в том числе: I—II—III — для перегонов, а также путей на станциях, на которых не предусматривается технологическая стоянка подвижного состава;

Ia—Ib—IIa—IIIa — для остальных путей станций.

Размеры, показанные в виде дроби, означают: в числителе — для контактной подвески с несущим тросом, в знаменателе — без несущего троса;

— x — линия приближения сооружений и устройств для путей, электрификация которых исключена даже при электрификации данного участка железнодорожной линии;

— . — с размером 3100 мм (габарит С) — линия приближения зданий, сооружений, ранее установленных опор контактной сети и других устройств (кроме пролетных строений мостов, конструктивных элементов тоннелей, галерей, платформ), расположенных с внешней стороны крайних путей перегонов и станций;

то же с размером 3300 мм (габарит C<sub>СК</sub>) — для вновь устанавливаемых и заменяемых опор контактной сети;

— .. — линия, выше которой на перегонах и в пределах полезной длины путей на станциях не должно подниматься ни одно устройство, кроме инженерных сооружений, настилов переездов, индукторов локомотивной сигнализации, а также механизмов стрелочных переводов и расположенных в их пределах устройств СЦБ;

— ... — линия приближения фундаментов зданий и опор, подземных кабелей, трубопроводов и других, не относящихся к пути сооружений на перегонах и станциях, за исключением инженерных сооружений и устройств СЦБ в местах расположения сигнальных и трансляционных точек;

..... линия приближения конструктивных элементов тоннелей, перил на мостах, эстакадах и других инженерных сооружениях.

Таблица 6.3

**Увеличение габарита опор контактной сети на кривых участках пути**

Радиус кривой, м	Расстояние Г, мм, на прямом участке пути	Расстояние а, мм, (рис. 6.2) при любом возвышении наружного рельса (наружная сторона кривой)	Расстояние b, мм, при возвышении наружного рельса, мм (внутренняя сторона кривой)			
			40	60	80	100
1500	2450	25	110	160	215	270
	2750—3100	25	80	120	160	200
1200	2450	30	115	165	220	275
	2750—3100	30	85	125	165	205
1000	2450	35	120	175	225	280
	2750—3100	35	90	130	170	210
800	2450	45	130	180	235	290
	2750—3100	45	100	140	180	220
600	2450	60	145	195	250	305
	2750—3100	60	115	155	195	235
400	2450	90	175	225	280	335
	2750—3100	90	145	185	225	265

Расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края фундаментов или опор контактной сети на перегонах и железнодорожных станциях должно быть не менее 3,1 м, а в снегозаносимых выемках и на выходах из них на длине 100 м не менее 5,7 м. На участках железных дорог до обновления и реконструкции и в особо трудных условиях, кроме снегозаносимых выемок, допускается уменьшение этого расстояния до 2,45 м на станциях и 2,75 м — на перегонах.

Отклонение при установке опор контактной сети от проектного положения допускается только в сторону увеличения, но не более чем на 150 мм.

В любых случаях они должны устанавливаться вне пределов кюветов. В выемках — за пределами кюветов с полевой стороны.

При новом строительстве, обновлении и реконструкции контактной сети на участках, где предусматривается скорость движения поездов 161—200 км/ч, расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края фундаментов или опор должно быть 3,3 м, а при необходимости увеличенный габарит определяется проектом. Отклонение от этих норм допускается только в сторону увеличения, но не более чем на 100 мм.

Все указанные расстояния даны для прямых участков пути. На кривых участках габарит установки опор увеличивают в зависимости от радиуса кривых (рис. 6.2, табл. 6.3). Габарит опор перед кривой на расстоянии менее 10 м принимают таким же, как на кривой. Железобетонные анкерные опоры контактной сети устанавливают с габаритом, увеличенным на 200 мм относительно принятого габарита промежуточных опор.

Для изолированных гибких поперечин по условиям расположения изоляторов, врезанных в фиксирующий трос, габарит опор увеличивают до 4100 мм.

При расположении опор на пассажирских платформах расстояние между краем платформы и ближайшей гранью опоры принимают не менее 2 м. В обоснованных случаях, например при наличии на платформе какого-либо строения, это расстояние уменьшают, но не менее чем до 3,1 м от оси пути. Если ширина боковой платформы до 4 м, опоры, как правило, устанавливают за ее пределами.

Опоры, размещаемые вдоль тупикового пути, на которых подвешивают провода контактной подвески других путей, на протяжении 100 м до конца тупика устанавливают с габаритом не менее 4 м от оси тупика.

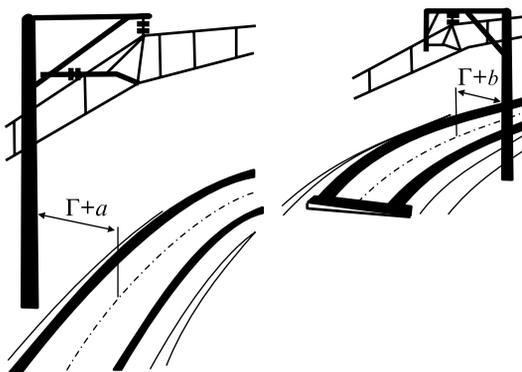


Рис. 6.2. Габариты опор контактной сети на кривых участках пути

Расстояние от проезжей части переезда по направлению преимущественного хода поездов до опор и анкеров, оттяжек, расположенных около главных путей перегонов и станций, должно быть не менее 25 м (рис. 6.3, *а*); в остальных случаях, а также для фиксирующих опор не менее 5 м.

Расстояние от конца тупика до установленной за ним анкерной опоры (кроме тупиков отстоя электровозов и электросекций) должно быть не менее 20 м (рис. 6.3, *б*). Это расстояние может быть сокращено в исключительных случаях по условиям рельефа, застройки и в других обоснованных случаях.

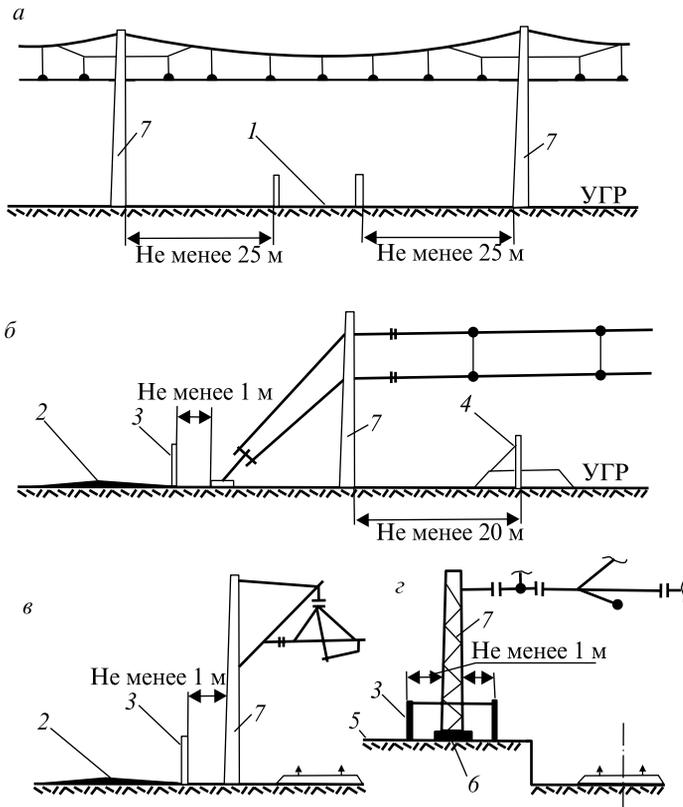


Рис. 6.3. Основные габариты приближения (*а*), ограждения опор (*б, в*) и фундаментов (*г*): 1 — переезд; 2 — проезжая часть дороги; 3 — защитное ограждение; 4 — тупиковый упор; 5 — погрузочно-разгрузочная площадка; 6 — фундамент опоры; 7 — опора контактной сети

Опоры, фундаменты и оттяжки опор контактной сети, расположенные в местах погрузки-выгрузки грузов и вблизи проезжей части дорог, должны быть ограждены (рис. 6.3, в, г). От сыпучих грузов опоры ограждаются щитами. Защитные ограждения должны быть окрашены.

Опоры перед сигналами располагают с такими габаритами, чтобы не ухудшалась видимость сигналов. При этом расстояние от сигналов до частей контактной сети, находящихся под напряжением, должно быть не менее 2 м.

При размещении опор контактной сети вблизи проводов линий связи и воздушных линий электропередачи учитывают условия выполнения строительно-монтажных работ.

В местах, где вдоль пути проходят кабели СЦБ, освещения и электроснабжения — габариты опор определяют с учетом того, чтобы были выдержаны следующие расстояния от поверхности фундамента до кабеля:

при устройстве монолитных фундаментов на месте — 0,6 м;

при блочных фундаментах и неразъемных опорах, а также при вибропогружении свайных фундаментов (с обязательным предварительным вскрытием кабеля) — 5 м.

Если опоры устанавливают в местах, где проходят подземные трубопроводы (водонапорные, канализационные, прорыв которых может вызвать разрушение грунта) на глубине, меньшей глубины заложения фундаментов, расстояние по горизонтали от поверхности фундамента или опоры в любой их части до трубопровода должно быть не менее 1 м, а при вибропогружаемых фундаментах — не менее 2 м при обязательном предварительном вскрытии трубопроводов.

Пересечения контактной сети воздушными линиями электропередачи других ведомств проектируют с учетом требований Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Пересечения проводов воздушных линий связи и радиофикации с контактными сетями электрифицированных железных дорог не допускаются.

Система контроля взаимного расположения пути и контактной сети должна осуществляться с применением реперных знаков в соответствии с техническими требованиями Специальной реперной системы контроля состояния железнодорожного пути в профиле и плане.

Реперный знак должен устанавливаться на опоре или фундаменте, он выполняется из отрезка круглого металлического стержня с резьбой для закрепления геодезических приборов.

## **6.2. Правила составления планов (трассировки) контактной сети**

Составление планов (трассировка) контактной сети является важным этапом в проектировании контактной сети. Планы контактной сети составляют отдельно для станций и перегонов. Условия расстановки опор на станциях несколько сложнее, чем на перегонах. Поэтому трассировку контактной сети обычно сначала производят на станциях, а затем на перегонах, увязывая ее с соответствующими станциями.

На планах контактной сети приводят все необходимые данные для составления заявок на оборудование и материалы, а также для сооружения контактной сети. Это прежде всего спецификации: анкерных участков контактных подвесок с указанием длины и марок проводов; питающих, отсасывающих и других проводов; опор, поперечин, консолей, фиксаторов, фундаментов, анкеров, лежней; суммарная длина электрифицированных путей.

Планы контактной сети составляют так, чтобы построенная по ним контактная сеть была надежна, экономична и удобна при сооружении и в эксплуатации.

Одним из основных вопросов, решаемых при трассировке контактной сети, является расстановка опор. Опоры контактной сети на планах станций и перегонов расставляют, как правило, с максимальными пролетами, допустимыми для данной конструкции подвески, а также всех принятых опорных и поддерживающих конструкций. При этом обязательно учитывают местные условия прохождения трассы железной дороги, места с повышенным ветровым воздействием и автоколебаниями проводов линий электропередачи.

Чтобы не создавать значительных отклонений подвесных гирлянд изоляторов от вертикали и изменений стрел провеса несущего троса, длины смежных пролетов полукомпенсированных подвесок не должны отличаться больше чем на 25 % от большего

пролета (например, при длине одного из пролетов 60 м длина другого пролета должна быть принята не менее 45 м). Максимальные допустимые длины пролетов в местах с повышенным ветровым воздействием принимают с учетом порывистости ветра и микрорельефа местности.

Прежде чем начать расстановку опор, делят перегон на участки с примерно одинаковыми условиями воздействия ветра на контактную подвеску. Для каждого из таких участков в соответствии с принятыми для них расчетными скоростями ветра определяют наибольшие допустимые длины пролетов для прямых и кривых участков пути (см. главу 4).

Расчетные допустимые пролеты, принятые для данного участка перегона, при расстановке опор должны быть уменьшены для переходных пролетов изолирующих сопряжений анкерных участков (в %): на 25 — на прямых участках пути и кривых радиусом более 1500 м; 20 — на кривых радиусом от 1000 до 1500 м; 15 — на кривых радиусом от 500 до 1000 м и на 10 — на кривых радиусом менее 500 м. Кроме того, длина пролетов со средней анкерровкой, а также пролетов, расположенных на кривых участках пути, в пучинистых местах, на свежесыпанных насыпях и в других случаях, при которых возможен перекося пути, также сокращается на 10 %.

Длины пролетов уменьшают также в тех случаях, когда требуется уменьшить нагрузки на опорные и поддерживающие конструкции, обеспечить необходимую высоту расположения контактного провода компенсированной цепной подвески над рельсами при гололеде и необходимые габариты проводов различного назначения, подвешиваемых на опорах контактной сети, а также увязать зигзаги или выносы контактных проводов в смежных пролетах.

Длины пролетов цепных подвесок зависят и от размера и направления зигзагов контактных проводов у соседних опор. Поэтому при расстановке опор одновременно размечают зигзаги контактного провода и показывают их у опор стрелками, направленными в соответствующую сторону от оси пути. Размер зигзага указывают цифрами, написанными около стрелки, причем нормальные размеры зигзагов (на прямых — 300 мм, а на кривых — 400 мм), исходя из которых были рассчитаны допустимые длины пролетов, показывают только стрелкой без цифр.

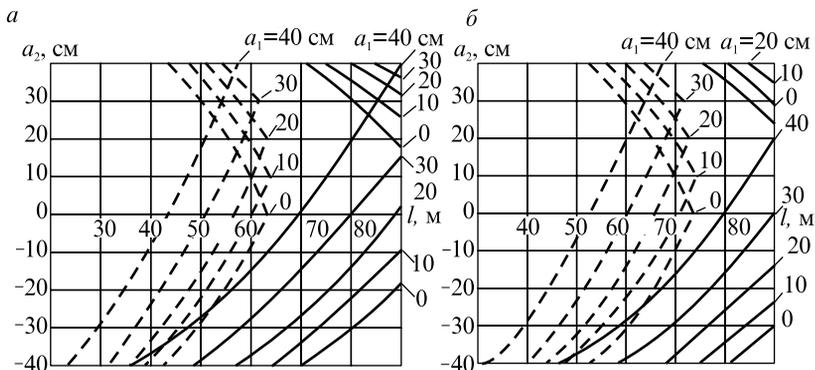


Рис. 6.4. Графики допустимых длин пролетов на прямом участке пути при различных зигзагах ( $a_1$  и  $a_2$ ) цепной подвески: *a* — компенсированной ПБСМ-70+МФ-100 на изолированных консолях ( $K = 10$  кН;  $C_x = 1,25$ ); *б* — полукомпенсированной М-120+2МФ-100 на гирилядах из двух изоляторов ( $2K = 20$ кН;  $C_x=1,55$ );  $l$  — длина пролета

При подходах к кривым участкам пути, воздушным стрелкам и изолирующим сопряжениям анкерных участков в некоторых случаях приходится менять направление и размер зигзагов контактного провода, а следовательно, и устанавливать длину пролета, соответствующую этим зигзагам и радиусам кривых. Это делают с помощью расчетных графиков (рис. 6.4), где сплошными линиями показаны кривые для скорости ветра  $v = 20$  м/с, штриховыми — для 30 м/сек. Толщина стенок гололеда принята 5—10 мм.

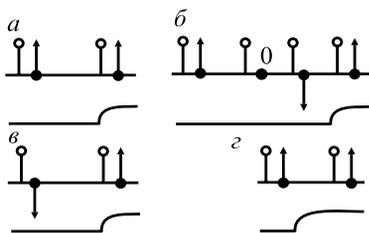


Рис. 6.5. Схемы: *a* — не согласованных и *б, в, г* — согласованных зигзагов контактного провода с зигзагами у соседних опор в местах перехода с прямого участка на кривой

Например, в местах перехода с прямого участка пути на кривой зигзаг контактного провода у опоры, установленной на прямом участке пути, может оказаться не согласованным с зигзагом у опоры, установленной на кривой (рис. 6.5, *a*). В этом случае несколько сокращают длину одного-двух пролетов на прямом участке пути, а иногда и пролета, частично расположенного на кривой, чтобы мож-

но было у одной из этих опор разместить контактный провод над осью пути (с нулевым зигзагом), а у смежной с ней опоры сделать зигзаг с требуемыми размером и сторонностью (рис. 6.5, б).

Зигзаги контактного провода у опор в пролете, расположенного частично на прямом и частично на кривом участках пути, считаются согласованными, если большая часть пролета расположена на прямом участке пути и зигзаги имеют противоположное направление (рис. 6.5, в) или большая часть пролета расположена на кривом участке пути и зигзаги при этом имеют одинаковое направление (рис. 6.5, г).

На расстановку опор контактной сети может повлиять расположение сопряжений анкерных участков контактной подвески. Поэтому, прежде чем перейти непосредственно к расстановке опор, обычно намечают анкерные участки контактной сети и примерное расположение мест их сопряжений.

Контактную подвеску делят на анкерные участки, а анкерные опоры располагают с учетом обеспечения нормальной работы узлов контактной подвески и ее взаимодействия с токоприемниками при крайних расчетных температурах воздуха.

Нормальную длину анкерного участка компенсированных контактных проводов и тросов при двусторонней компенсации принимают на прямых участках не более 1600 м. До обновления и реконструкции допускается длина анкерного участка не более 1800 м. На скоростных участках движения поездов (161—200 км/ч) длина анкерного участка должна быть не более 1400 м. На участках с кривыми длины анкерных участков определяют расчетом в зависимости от радиуса, длины расположения кривых, исходя из условия, чтобы изменения натяжения компенсированных проводов в анкерном участке вследствие реакций консолей, струн и фиксаторов не превышали для контактных проводов  $\pm 15\%$  и для несущих тросов  $\pm 10\%$  номинального их натяжения, создаваемого компенсаторами.

Длина анкерных участков цепной подвески, полностью расположенной на кривой, не должна превышать значений, указанных в табл. 6.4. Если длина анкерного участка меньше половины длины максимально допустимого для данного плана пути, то может быть применена односторонняя компенсация контактных проводов, а при компенсированной подвеске — и несущих тросов. В таком случае для прямых участков пути длину анкерного участка принимают не более 800 м.

Таблица 6.4

## Длина анкерных участков контактных подвесок на кривых участках пути

Радиус кривой, м	Максимально допустимая длина анкерного участка, м, для контактной подвески		Радиус кривой, м	Максимально допустимая длина анкерного участка, м, для контактной подвески	
	полукомпенсированной	компенсированной		полукомпенсированной	компенсированной
300	800	1100(1000)	800	1050	1600
400	900	1280 (1180)	1000	1150	
500	950	1400 (1300)	1200	1200 (1160)	
600	1000	1560 (1480)	1500	1240 (1180)	
			2000	1300 (1220)	

Примечание. В скобках даны длины анкерных участков для подвески с двумя контактными проводами.

Чем ближе участок пути, имеющий кривую, к компенсирующим устройствам проводов, тем больше сказывается влияние отклонения консолей и фиксаторов на натяжение проводов. Поэтому анкерные опоры по возможности располагают так, чтобы кривые (особенно малых радиусов) находились ближе к середине анкерных участков. Сопряжения анкерных участков стараются размещать на прямых участках пути. В случае их размещения на кривых угол между анкеруемой ветвью контактного провода и рабочей ветвью не должен превышать  $6^\circ$  (отклонения провода не более 1 м на длине 10 м), на второстепенных путях станций, а также в следующих пролетах после первого угол перелома может быть до  $10^\circ$  (отклонение не более 1 м на длине 6 м).

Средние анкеровки размещают таким образом, чтобы обеспечить примерно одинаковые условия компенсации обеих половин анкерного участка. Среднюю анкеровку контактного провода и несущего троса анкерного участка с одинаковыми условиями трассы (например, полностью прямой или кривой участок пути) делают в середине анкерного участка. Смещение в ту или другую сторону не должно превышать одного пролета. Если анкерный участок частично расположен в кривых, то средняя анкеровка должна быть смещена от середины анкерного участка на один-два пролета в сторону кривой меньшего радиуса так, чтобы условия компенсации (натяжение проводов при изменениях температуры) обеих частей анкерного участка были примерно одинаковыми. Возможные места расположения анкерных опор сопряжений на плане намечают

вертикальными линиями, расстояние между которыми в масштабе соответствуют трем допустимым для соответствующего участка пути пролетам. Вертикальными линиями намечают также пролеты со средними анкеровками, чтобы при расстановке опор дать сокращенные пролеты.

Для ограждения изолирующих сопряжений от перекрытия токоприемниками электровозов при снятии напряжения с контактной сети станции (или перегона) они должны быть расположены между входным сигналом или знаком «*Граница станции*» и первым (с учетом последующего развития станции) стрелочным переводом станции по возможности ближе к входному сигналу, чтобы при отключении контактной сети перегона обеспечивалась возможность перестановки электровозов с одного пути станции на другой. Если невозможно разместить изолирующее сопряжение между входным сигналом и первой стрелкой станции, входной сигнал должен быть перенесен в сторону перегона на необходимое расстояние, определенное проектом.

Нейтральные вставки при переменном токе устраивают с одной стороны станции, на которой располагается тяговая подстанция. Места расположения нейтральных вставок и ограждающих их светофоров выбирают с учетом проверки по тяговым расчетам возможности безостановочного проследования по ним электропоездов со скоростью входа на нейтральную вставку у сигнала «*Отключить ток*» не менее 20 км/ч.

На главных путях перегонов и станций предусматривают однотипные контактные подвески (компенсированные или полукompенсированные). При различных типах подвесок их сопряжение осуществляют анкерным участком, одна половина которого работает как полукompенсированная, а другая — как компенсированная подвеска. Для этого на одном анкерном участке устраивают среднюю анкеровку компенсированной подвески, а по концам анкерного участка — анкеровки проводов в соответствии с принятыми типами подвесок.

Опоры контактной сети на прямых участках однопутных линий устанавливают со стороны, противоположной предполагаемой укладке второго главного пути. Если сооружение второго пути в ближайшей перспективе не предусматривается, то на кривых радиусом менее 1000 м опоры располагают на внешней стороне кривой.

На двухпутных линиях для контактных подвесок каждого пути предусматривают отдельные опорные устройства, механически не связанные между собой. В отдельных случаях (например, если намечается укладка третьего пути) в виде исключения устанавливают опоры с двухпутными консолями, жесткие или гибкие поперечины.

Расстановку опор на перегонах и станциях увязывают с расположением искусственных сооружений. При размещении опор у тоннелей, путепроводов или мостов с ездой понизу, имеющих малую высоту, расстояние от ближайших опор до начала искусственного сооружения не должно превышать половины максимального допустимого расстояния для данного участка пролета.

Графические обозначения в схемах и планах контактной сети и ВЛ приведены в приложении 6.

### **6.3. Выполнение планов контактной сети станций и перегонов**

*Планы контактной сети станций* составляют в увязке с существующими объектами и выполняемыми проектами путевого развития станций, мостов и путепроводов, переходов линий электропередачи, водопровода, канализации и других подземных коммуникаций, а также в увязке с генпланами тяговых подстанций, постов секционирования и электродепо. Основным исходным документом для составления плана контактной сети является план станции в масштабе 1:1000. Положение опор контактной сети на плане определяется, как правило, расстоянием от оси ближайшего пути (габаритом) и расстоянием от оси пассажирского здания (вход в здание вокзала), измеренным по оси базисного пути, чаще всего главного. Поэтому ось пассажирского здания принимают за нулевой пикет, и от него в обе стороны тонкими вертикальными линиями через каждые 100 мм (в натуре 100 м) наносят условные станционные пикеты (по счету километров со знаком плюс, в противоположном направлении — со знаком минус).

На плане показывают пути, подлежащие электрификации, а также стрелочные переводы, сигналы, подземные коммуникации, искусственные сооружения, указывая их расположение относительно оси пассажирского здания и ближайших путей. Число и назначение путей, оборудуемых контактной сетью, устанавливают в

зависимости от размеров движения, рода поездов, переводимых на электрическую тягу, специализации путей, принятой организации движения и тяги локомотива (тепловоз, электровоз), выполняющего маневровую работу.

При переводе сборных поездов на электрическую тягу на станциях, не обслуживаемых автономными маневровыми локомотивами, должны электрифицироваться не только приемо-отправочные, но и погрузочно-разгрузочные пути.

На участковых, сортировочных и других крупных станциях, обслуживаемых автономными маневровыми локомотивами, контактной сетью оборудуют: пути для приема и отправления поездов с электрической тягой; сортировочные пути, предназначенные для непосредственного приема или отправления с них поездов на электрифицированные участки; пути электровозного и моторвагонного хозяйств; предохранительные и улавливающие тупики, примыкающие к электрифицированным путям.

Планы контактной сети станций обычно составляют в следующем порядке: намечают места фиксации контактных проводов в горловинах станций; выбирают наилучший вариант расстановки несущих и фиксирующих опор, опор изолирующих сопряжений, опор в средней части станции, у пассажирского здания и искусственных сооружений; выполняют трассировку (разводку) анкерных участков; намечают места для анкерных опор; производят трассировку питающих и отсасывающих линий, ВЛ и других проводов, увязывая их между собой; подбирают типы опор, фундаментов, консолей и пр.

Схемы расположения опор (мест фиксации контактных проводов) у стрелочных переводов показаны на рис. 6.6 и 3.33. В зависимости от марки крестовины стрелочного перевода расстояния от центра стрелочного перевода до места установки опоры приведены в табл. 3.3.

При оптимальных расстояниях от центра стрелочного перевода до места фиксации контактных проводов и при расстоянии между контактными проводами в плане 100 мм зигзаги контактных проводов подвесок основного пути и съезда получаются в пределах 360—400 мм (рис. 6.7).

Места фиксации контактных проводов на перекрестных стрелочных переводах целесообразно наметить в их середине (в точках

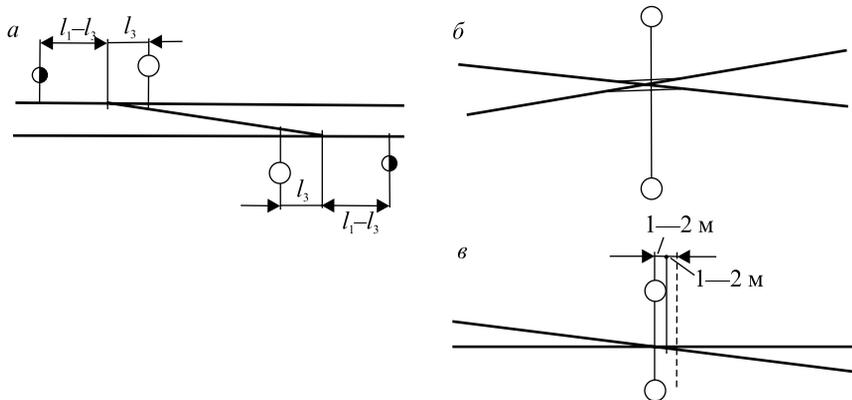


Рис. 6.6. Схемы расположения опор (мест фиксации контактных проводов): *a* и *б* — при обыкновенном и перекрестном стрелочном переводах; *в* — при глухом пересечении путей

пересечения осей съездов и основных путей). Все воздушные стрелки на главных путях должны фиксироваться. На второстепенных путях допускается применять нефиксированные воздушные стрелки.

После того как намечены все необходимые места фиксации контактных проводов, выбирают места, где рационально установить промежуточные, переходные и анкерные опоры.

При расстановке опор в горловинах станции учитывают возможность устройства анкерровок всех проводов с путей, заканчивающихся

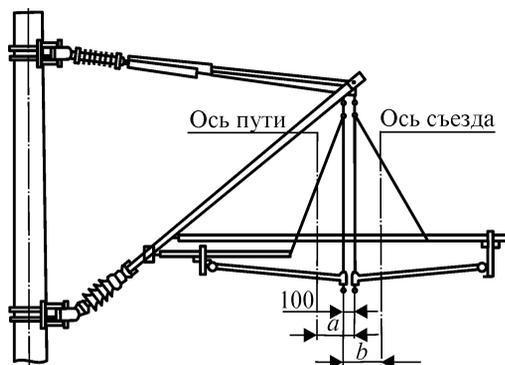


Рис. 6.7. Схема расположения контактных проводов воздушной стрелки в местах их фиксации: *a*, *b* — зигзаги контактного провода

(или начинающихся) в горловинах, без установки дополнительных анкерных опор и стремятся к максимальному совмещению опор различного назначения (несущих, анкерных и фиксирующих). Воздушные стрелки должны размещаться не ближе двух пролетов от компенсированной анкеровки. Кроме того, учитывают возможность: оптимального размещения секционных изоляторов вблизи опор (в  $1/3$  пролета), установки и удобного присоединения к проводам контактных подвесок секционных разъединителей в соответствии с принятой схемой секционирования станции, а также подвески питающих и других проводов на опорах контактной сети. После расстановки промежуточных и фиксирующих опор в горловинах станции намечают места установки опор изолирующих сопряжений анкерных участков контактных подвесок станции и примыкающих к ней перегонов. При этом кроме отмеченных выше положений, принимают во внимание следующее:

крайняя опора изолирующего сопряжения должна быть расположена не ближе 5 м от входного сигнала в сторону станции;

длина анкерных участков контактных подвесок главных путей станции не должна быть более 1600 м;

опоры и анкерные ветви контактных подвесок не должны ухудшать видимость сигналов, что следует учитывать при выборе габаритов опор и расстояний от опор до сигналов: анкерные опоры лучше всего располагать не ближе 20—25 м от сигналов;

в качестве анкерной опоры для станционной подвески может быть использована крайняя переходная опора главного пути.

Расположение опор изолирующих сопряжений анкерных участков увязывают с намеченными опорами в горловинах. Для этого размечают зигзаги контактного провода и проверяют правильность принятых пролетов, поскольку длина пролета зависит от размера и направления зигзагов. При этом следует учитывать, что допустимые длины пролетов были определены с учетом разносторонних зигзагов 300 мм.

Схемы изолирующих сопряжений анкерных участков и нейтральных вставок принимают по типовым чертежам в зависимости от вида электрической тяги (электровозная, моторвагонная) и рода тока. При вычерчивании изолирующих сопряжений увязывают зигзаги контактных проводов у опор изолирующих сопряжений и ближайших к ним воздушных стрелок станции.

При разметке зигзагов может получиться, что на двух смежных опорах зигзаги имеют одинаковое направление. В таком случае так же, как на кривых, зигзаги увязывают, размещая контактный провод у одной из опор без зигзага (с нулевым зигзагом) и сокращая, когда это требуется по условиям ветроустойчивости контактной подвески, длину одного-двух пролетов. После расстановки опор по концам станции расстановливают опоры в средней части станции. Здесь следует применять максимально допустимые пролеты, стремясь к установке наименьшего числа жестких и гибких поперечин.

При наличии на станции искусственных сооружений сначала выбирают способ прохода контактной сети через эти сооружения, а затем намечают места установки ближайших к сооружениям опор. В качестве поддерживающих устройств для проводов контактной сети при их соответствующих габаритах допускается использовать верхние элементы мостов, своды тоннелей, конструкции путепроводов, пешеходных и сигнальных мостов. В случае использования, например, пешеходного моста в качестве поддерживающего устройства ближайшие к нему опоры располагают на расстоянии близком к допустимому пролету на станции. В том случае, когда пешеходный мост не используют как поддерживающее устройство, ближайшие к нему опоры размещают так, чтобы мост находился по возможности ближе к середине пролета. Выбирают также места установки опор у пассажирских зданий, пакгаузов и т.д.

В качестве основного типа несущих конструкций контактной сети на станциях принимают жесткие поперечины, перекрывающие до семи-восьми путей. На крупных станциях с числом путей более восьми при отсутствии необходимых междупутий для установки опор жестких поперечин и невозможности раздвижки или снятия пути устанавливают гибкие поперечины.

Места установки опор жестких (гибких) поперечин намечают после расстановки опор у искусственных сооружений. При этом длину одного-двух пролетов, расположенных примерно посередине анкерных участков главных путей станции, принимают на 10 % меньше длины допустимого пролета, чтобы разместить в них средние анкеровки контактных проводов. Такая предварительная разметка мест установки опор позволяет выявить наименьшее необходимое количество опор, а также их рациональное размещение.

Пролеты между двумя-тремя жесткими (гибкими) поперечинами, расположенными около горловин станции, предусматривают (сохраняя минимальное необходимое количество опор поперечин) короче допустимых, чтобы не устанавливать специально фиксирующие опоры для фиксации контактных проводов на стрелочных кривых, а также иметь возможность монтировать контактные провода на одной из жестких или гибких поперечин с нулевым зигзагом. Последнее необходимо делать в некоторых случаях для увязки зигзагов контактных проводов на воздушных стрелках, расположенных в разных горловинах станции.

При расстановке опор на станции и в особенности опор гибких и жестких поперечин габариты и мощность опор выбирают с учетом будущего развития станции.

После расстановки опор по всей станции осуществляют трассировку (разводку) анкерных участков контактных подвесок электрифицируемых путей и окончательно выбирают места установки анкерных опор. На съездах, как правило, предусматривают отдельные анкерные участки. Количество анкерных опор должно быть минимальным.

Над главными путями станции предусматривают контактные подвески того же типа и площади сечения, что и на перегонах. Анкерные участки контактных подвесок главных путей обычно трассируют от крайних в сторону перегона анкерных опор изолирующих сопряжений в одном конце станции до таких же опор на другом конце. Если при этом длины анкерных участков превышают допустимые, то контактную подвеску каждого главного пути размещают в двух анкерных участках, устраивая трехпролетное их сопряжение в наиболее удобном для этого месте. Пересечение на воздушных стрелках главных путей станций различных цепных подвесок (компенсированной и полукомпенсированной) не допускается.

После того как все анкерные участки протрассированы, подсчитывают их длину. Анкерные участки длиной более 800 м выполняют с двухсторонней компенсацией контактного провода и несущего троса при компенсированных подвесках или одного контактного провода — в полукомпенсированных. В одном из средних пролетов таких анкерных участков предусматривают средние анкеровки. Если средние анкеровки не попадают в намеченные ранее уменьшенные пролеты, осуществляют соответствующую перестановку опор. В анкерных участках длиной менее 800 м делают одностороннюю компенсацию проводов контактных подвесок. При этом компенсиру-

ванную анкеровку проводов обычно выполняют у наиболее удаленной от воздушных стрелок анкерной опоры.

Длину и номер анкерного участка указывают у каждой анкерной опоры. Анкерные участки главных путей обычно нумеруют римскими цифрами, других путей — арабскими и т.д. У каждой опоры на вертикальной линии указывают ее пикет (расстояние от оси пассажирского здания) и габарит установки. На плане показывают все длины пролетов (расстояния между несущими нагрузку опорами), которые для отличия от других цифр подчеркивают одной чертой.

Все опоры, показанные на плане станции (включая специальные опоры для питающих и отсасывающих линий), нумеруют в направлении счета километров, начиная с первой анкерной опоры изолирующего сопряжения на одном конце станции до последней анкерной опоры на другом. При этом стремятся, чтобы опоры, расположенные со стороны четных путей, имели четные номера, а со стороны нечетных путей — нечетные.

Секционные изоляторы располагают так, чтобы при остановке электровоза у светофора исключалось возмoжность перекрытия токоприемником смежных секций контактной сети. Чтобы улучшить проход токоприемников по секционному изолятору, его врезают в контактную подвеску в первой трети пролета между опорами (по возможности ближе к точке подвеса несущего троса), а на съездах — в средней части между путями.

Секционные разъединители показывают у тех опор, на которых они должны быть установлены. На анкерных железобетонных опорах установка секционных разъединителей не допускается.

**Планы контактной сети перегонов** составляют в увязке с профилем и планом пути, существующими сооружениями и выполняемыми проектами мостов и путепроводов, переходов линий электропередачи, укладки или переустройства различных коммуникаций.

Основным исходным документом для составления плана контактной сети перегона является подробный профиль электрифицируемого участка, на котором указаны основные элементы плана и профиля пути. План перегона для расстановки опор обычно подготавливают в схематическом виде в масштабе 1:2000.

В зависимости от числа путей на перегоне на плане вычерчивают одну или две прямые линии (на расстоянии 10 мм друг от друга), пред-

ставляющие оси путей. Тонкими вертикальными линиями размечают через каждые 50 мм (в натуре 100 м) пикеты и нумеруют их в направлении счета километров. Условными обозначениями показывают искусственные сооружения (мосты, трубы, переезды) и сигналы.

Выше и ниже прямых линий, представляющих оси путей (контактные подвески), вдоль всего перегона размещают таблицы (при однопутном перегоне — только внизу), в графах которых указывают все необходимые данные. Под нижней таблицей вычерчивают спрямленный план линии, на котором условными обозначениями показывают километровые знаки, направления, радиусы и длину кривых участков пути, границы расположения высоких насыпей и глубоких выемок.

Пикеты опор, искусственных сооружений, сигналов, кривых отмечают в таблице в виде дроби (например, 28/72), числитель которой обозначает расстояние в метрах до одного пикета, знаменатель — до другого, в сумме они равны 100 м.

Расстановку опор на перегоне начинают с привязки опор изолирующих сопряжений станций, к которым примыкает перегон. Расположение этих опор на плане должно быть увязано с их расположением на планах станции. Увязку производят по отметке оси пассажирского здания и по входным сигналам, которые обозначены и на плане перегона. Определяют расстояние между сигналом и ближайшей к нему анкерной опорой изолирующего сопряжения по отметкам на плане станции.

Это расстояние прибавляют или отнимают (в зависимости от взаимного расположения анкерной опоры и сигнала) к пикетной отметке сигнала и получают пикетную отметку анкерной опоры. Затем откладывают от этой анкерной опоры расстояния, равные длинам пролетов изолирующего сопряжения, указанным на плане станции, и получают пикетные отметки опор сопряжения на перегоне. После этого вычерчивают изолирующее сопряжение, располагая его провода так, как показано на плане станции; показывают зигзаги контактного провода. Опоры изолирующих сопряжений относятся к стационарным опорам, поэтому на плане перегона их выделяют черными кружочками.

При расстановке опор одновременно указывают зигзаги контактного провода. После увязки зигзагов контактного провода окончательно разбивают контактную сеть перегона на анкерные участки и

вычерчивают их сопряжения. В пролетах, намеченных для средних анкеронок, показывают средние анкеронок контактного провода, а при компенсированных подвесках — и несущего троса.

Опоры и анкерные участки нумеруют в направлении счета километров, при этом на двухпутных линиях анкерным участкам со стороны первого пути присваивают нечетные номера, а со стороны второго пути — четные. Опоры изолирующих сопряжений станции в нумерацию опор перегона не включают. На плане показывают места установки электрических соединителей, разрядников, ОПН, секционных разъединителей и т.д., а при наличии усиливающих и других проводов — их расположение в местах сопряжений анкерных участков.

В соответствующих графах таблиц, вычерченных на плане, указывают габариты и типы опор, фундаментов, консолей, ригелей, анкеронок, кронштейнонок, фиксаторонок. На плане контактной сети перегона приводят спецификации опор, анкерных участков контактных подвесконок, фиксирующинонок тросонок, а также длины усиливающих проводов, групповых заземлений, линий продольного электроснабжения и общую длину электрифицируемых путей.

Фрагменты планов контактной сети приведены в приложении 6.

## **6.4. Контрольные вопросы**

1. Какие основные расстояния контактного провода над УГР?
2. Какие требования к уклонам контактного провода?
3. Какие наименьшие расстояния от проводов до поверхности земли и между собой?
4. Какие требования к габаритам опор?
5. Как определяются длины пролетов анкерных участков и между опорами?
6. Какие условные обозначения применяются на планах контактной сети?
7. Перечислите требования к составлению планов контактной сети на станции.
8. Перечислите требования к составлению планов контактной сети на перегоне.

---

---

## Глава 7. Поддерживающие и фиксирующие устройства контактной сети

### 7.1. Консоли и кронштейны

Поддерживающие устройства предназначены для закрепления проводов контактной сети в определенном положении относительно оси пути, уровня головки рельса, земли и других сооружений. Для этих целей используют консоли, кронштейны, жесткие и гибкие поперечины.

Для крепления несущих тросов контактных подвесок применяют различные кронштейны с тягами, называемые *консолями*, которые классифицируются:

- по числу перекрываемых путей — однопутные (рис. 7.1, а, б, в), двухпутные (рис. 7.1, г, д) и в некоторых случаях трехпутные;

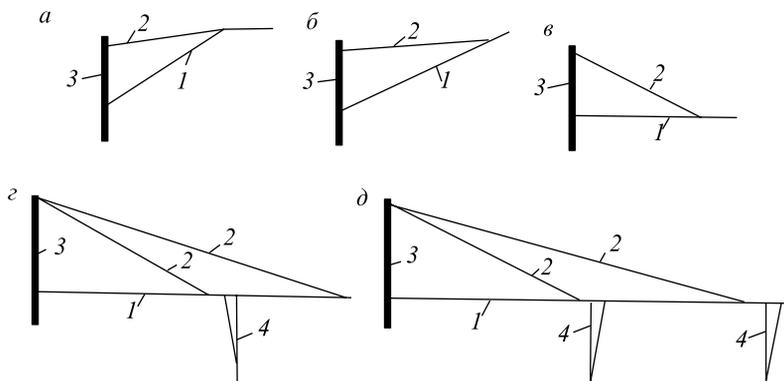


Рис. 7.1. Однопутные и двухпутные консоли: изогнутая (а) и прямая (б) наклонные; прямая горизонтальная (в); двухпутная горизонтальная с одной (г) и двумя (д) фиксаторными стойками; 1 — кронштейн; 2 — тяга; 3 — опора; 4 — фиксаторная стойка

- по форме — прямые, изогнутые, наклонные;
- по наличию изоляции — неизолированные и изолированные.

Консоль состоит из кронштейна, тяги и подкоса; она крепится к опоре шарнирно с помощью пяты и удерживается на опоре с помощью тяги. Пяты консолей и тяг могут быть поворотными и неповоротными; консоли, имеющие также поворотные узлы, называют поворотными. Тяги консолей в зависимости от направления приложения нагрузок могут быть растянутые и сжатые.

Наклонные изолированные консоли независимо от типа и габарита опоры должны быть оборудованы подкосами.

*Однопутные консоли* применяют на перегонах одно- и двухпутных участков, где контактные подвески каждого пути должны быть, как правило, механически обособлены. На многопутных перегонах и на станциях допускается устанавливать *двухпутные консоли*. *Многопутные консоли*, перекрывающие три пути, допускается использовать как исключение при невозможности рационального применения жестких или гибких поперечин.

Однопутные консоли могут быть: *неизолированные*, когда изоляторы расположены между несущим тросом и кронштейном и в фиксаторе; *изолированные* (рис. 7.2), когда изоляторы вмонтированы в кронштейн, тягу и подкос у опоры; *изолированные с усиленной (двойной) изоляцией*, у которых изоляторы имеются как в кронштейне, тяге и подкосе у опор, так и между несущим тросом и кронштейном.

В изолированных консолях изоляторы удалены из зоны непосредственного воздействия дыма и газов, выходящих из труб тепловозов

(в период перевода участка на электрическую тягу или при смешанной тяге). Это уменьшает загрязнение изоляторов и повышает их надежность. Кроме того, можно без снятия напряжения с контактной сети проводить работы на несущем тросе в местах его подвеса на консолях, что недопустимо при неизолированных консолях. Отсутствие подвесной гирлянды изоляторов в изолированных консолях обес-

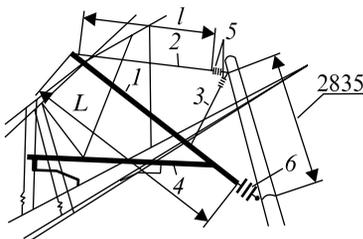


Рис. 7.2. Изолированная консоль с подкосом: 1 — кронштейн; 2 — тяга; 3 — подкос; 4 — фиксатор; 5 — стержневые изоляторы; 6 — консольный стержневой изолятор

печивает более стабильное положение несущего троса, а также позволяет устанавливать такие консоли на опорах меньшей высоты.

В наклонных консолях тяга располагается горизонтально или с небольшим наклоном вверх или вниз в сторону опоры, в связи с чем опорные устройства могут быть меньшей высоты по сравнению с опорами для горизонтальной консоли. Горизонтальная консоль дает возможность более широкой регулировки положения несущего троса относительно оси пути и позволяет размещать на кронштейне усиливающие провода.

При трассировке контактной сети тип консолей выбирают в зависимости от вида опорного устройства (консольная опора, жесткая поперечина), габарита, места установки (прямая, внутренняя или наружная сторона кривой) и назначения опоры (промежуточная, переходная), а также действующих на консоли нагрузок.

Изогнутые консоли состоят из фигурного кронштейна, изготовляемого в зависимости от расчетной нагрузки из двух швеллеров № 5; 6,5; 8; 10 или 12 и растянутой тяги из прутка диаметром 16 мм (рис. 7.3, а). Неизолированные изогнутые консоли применяли ранее при установке опор с нормальным (3,1—3,5 м) и увеличенным (4,7—4,9 и 5,7 м) габаритами как при переменном, так и постоянном токе.

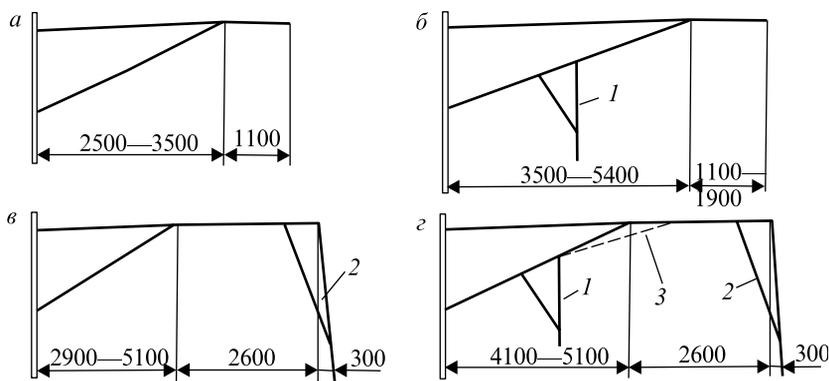


Рис. 7.3. Изогнутые неизолированные консоли: а — для промежуточных опор с габаритом 3,1—3,5 м; б — с прямой фиксаторной стойкой для промежуточных и переходных опор с габаритом 4,9 и 5,7 м; в — с обратной фиксаторной стойкой для промежуточных и переходных опор; г — с прямой и обратной фиксаторными стойками при габарите опор 4,9 и 5,7 м; 1 и 2 — прямая и обратная фиксаторные стойки; 3 — раскос

В обозначениях неизолированных изогнутых консолей, например ВФ-V-рп-12-а, римская цифра указывает на форму и размеры консоли, арабская — на номер швеллеров, из которых изготовлен кронштейн консоли (в данном случае — из двух швеллеров № 12); буквы обозначают: В — консоль устанавливается в выемке за кюветом; р — имеется раскос; а — на наклонной части консоли установлена прямая фиксаторная стойка 1 (рис. 7.3, б); Ф — на горизонтальной части консоли установлена обратная фиксаторная стойка 2 (рис. 7.3, в); п — на переходной консоли, предназначенной для крепления двух контактных подвесок, установлены усиленные фиксаторные стойки (рис. 7.3, з).

Кроме неизолированных изогнутых консолей применяют такие же горизонтальные консоли, прямой кронштейн которых расположен горизонтально, а растянутая тяга наклонена. Кронштейн консоли изготавливают из двух швеллеров со смонтированными на них фиксаторными стойками или без стоек. Горизонтальные консоли обозначают так же, как и изогнутые, но добавляют букву Г, например ВГ-II-8-а; для их установки необходимы более высокие опоры, чем для изогнутых.

В последние годы устанавливают изолированные или неизолированные сдвоенные прямые наклонные консоли (рис. 7.4) при нормальных и увеличенных габаритах, кронштейн 4 которых имеет прямую форму и состоит из двух швеллеров с соединительными планками или из труб.

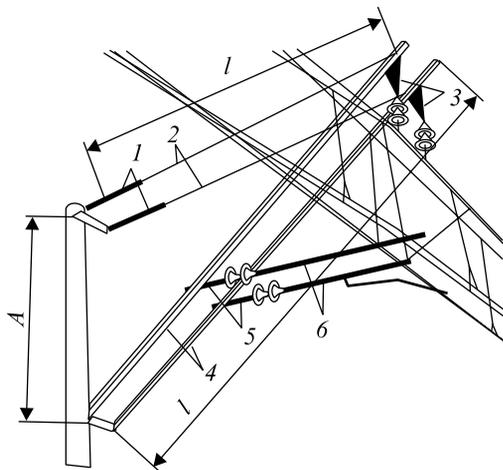


Рис. 7.4. Неизолированные прямые наклонные консоли

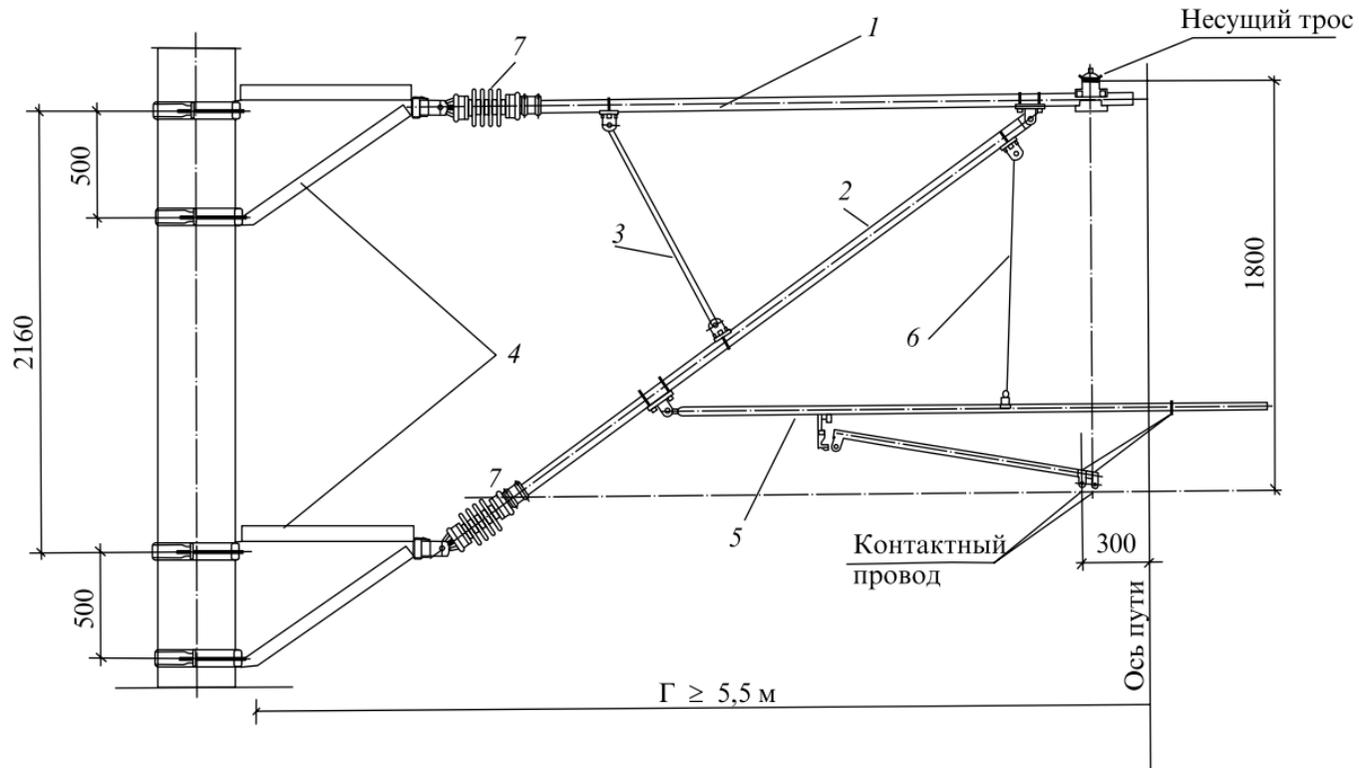


Рис. 7.5. Установка изолированной консоли на столиках: 1 и 2 — горизонтальный и наклонный стержни; 3 — подкос; 4 — столик для крепления консоли; 5 — фиксатор сочлененный прямой; 6 — струна основного фиксатора; 7 — стержневой изолятор

Тяги 2 консолей могут быть растянутыми или сжатыми в зависимости от направления и значений действующих на консоль усилий от контактной подвески. Растянутые тяги регулируются планкой 1.

Несущий трос контактной подвески с помощью гирлянд изоляторов крепят к специальной детали 3 — бугелю, который подвешивается к кронштейну консоли, снабженному регулировочными отверстиями, позволяющими при необходимости перемещать бугель по длине кронштейна. Через такие же отверстия закрепляют тягу консоли. Фиксаторы 6 крепят на фиксаторных кронштейнах 5 с врезанными между ними изоляторами.

При установке опор с габаритом 5,5—5,7 м консоли устанавливают на столиках (рис. 7.5). На этом же рисунке показана консоль, состоящая из двух стержней — горизонтального и наклонного с расположением несущего троса поверх консоли.

На переходных опорах сопряжений анкерных участков каждая ветвь компенсированной контактной подвески подвешивается и фиксируется на отдельной консоли (см. рис. 7.4), причем их взаимное расположение должно соответствовать схеме, приведенной на рис. 7.6 и рис. 3.29.

Прямые наклонные неизолированные консоли, изготовленные из двух швеллеров, обозначают буквами НР (Н — наклонная, Р — растянутая тяга) или НС (С — сжатая тяга), а из трубы — буквами НТР (Т — трубчатая) и НТС.

Изолированные консоли применяют для крепления несущего троса на опорах, устанавливаемых с нормальным или увеличенным габаритом. Кронштейны консолей также изготавливают из двух швеллеров или из оцинкованной трубы наружным диаметром 50 мм. Материалом для растянутых тяг консолей служит стальной прутки диаметром 16 мм, а для сжатых — оцинкованные трубы наружным диаметром 25 мм. Для правильного размещения контактной подвески над осью пути тяги консоли имеют специальные регулировочные детали, позволяющие изменять их длину: в растянутых тягах — регулировочные скобы с отверстиями, а в сжатых — регулировочные трубы. От опоры кронштейн консоли изолируют консольным стержневым изолятором КСФ70, КСФ100, КСК120, а тягу — стержневым изолятором ФСФ70, ФСФ100. В растянутые тяги врезают гирлянды изоляторов ПФ70, ПСФ70, ПС70 или стержневой изолятор НСФ70, НСФ100 и др.

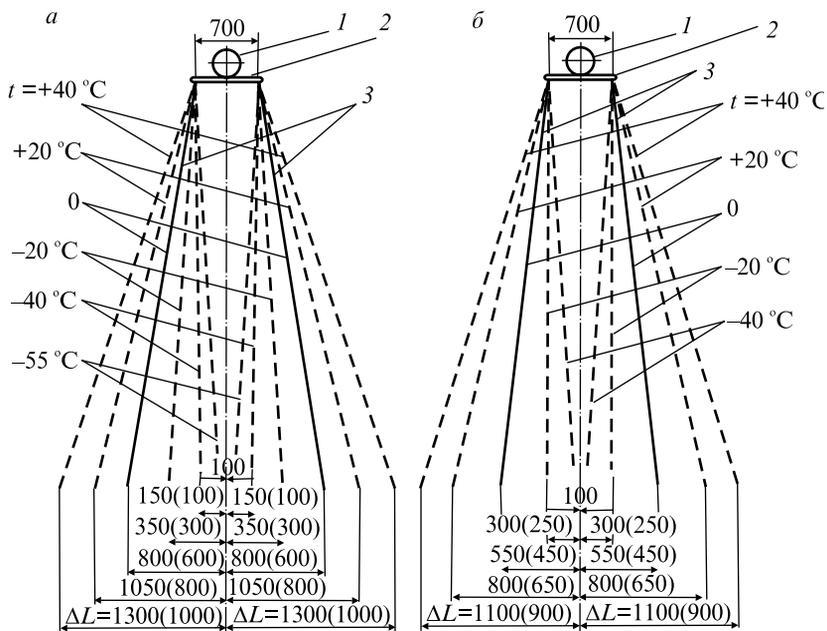


Рис. 7.6. Схема перемещений консолей, мм, компенсированной подвески на переходной опоре сопряжений анкерных участков для районов с расчетными температурами воздуха: *a* — от +40 до -55 °С; *б* — от +40 до -40 °С с медным несущим тросом и со сталемедным несущим тросом (цифры в скобках); 1 — опора контактной сети; 2 — траверса; 3 — консоль;  $\Delta L$  — длина перемещения консоли вдоль оси пути

Изолированные консоли дополняют подкосом со стержневым изолятором или без изолятора с креплением подкоса к тяге. Подкос должен быть в натянутом положении слегка нагруженным. Место крепления подкоса к кронштейну консоли должно находиться на расстоянии не более 500 мм от места крепления фиксатора.

Изолированные консоли из трубы обозначают ИТР (И — изолированная) или ИТС, а из швеллеров — ИР или ИС. Так же, как и у неизолированных консолей, римская цифра указывает на номер их типа по длине кронштейна, арабские цифры — на номер швеллера, из которого изготовлен кронштейн консоли; буква «п» — на наличие подкоса, буква «у» — на усиленную изоляцию, например, ИТР-III-уп или ИС-II-5.

Консоли со сжатыми тягами устанавливают в местах, подверженных большим ветровым воздействиям (поймы рек, насыпи высотой более 5 м) и автоколебаниям, за исключением внешней стороны кривых участков радиусом менее 1000 м.

Для подвески питающих, усиливающих, отсасывающих и др. проводов применяют прямые кронштейны, надставки и стойки.

Кронштейны всех модификаций устанавливаются, как правило, горизонтально (рис. 7.7). Их наклонное положение допускается при невозможности обеспечения нормативных расстояний от проводов до поверхности земли.

В ветровых местах и при расположении опор на внешней стороне кривой радиусом менее 1500 м кронштейны, на которых подвешены два провода ДПР (или один провод ДПР с перспективой подвески усиливающего провода), независимо от их положения (горизонтального или наклонного) должны иметь специальные

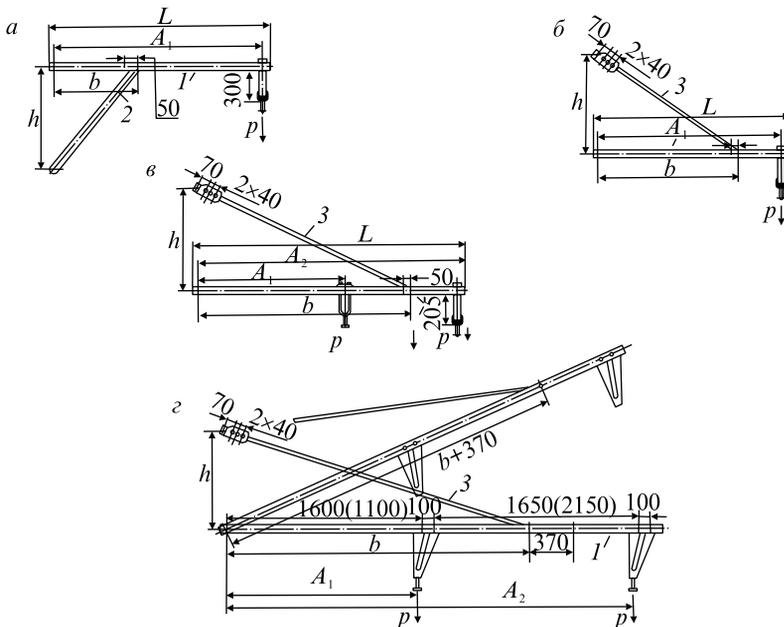


Рис. 7.7. Кронштейны: *a* — КФ, КФУ, КФС; *б* — КФП; *в* — КФПУ; *г* — КФД, КФДС, КФДСИ; *1* — кронштейн; *2* — подкос; *3* — тяга (размеры в скобках относятся к кронштейнам КФДСИ)

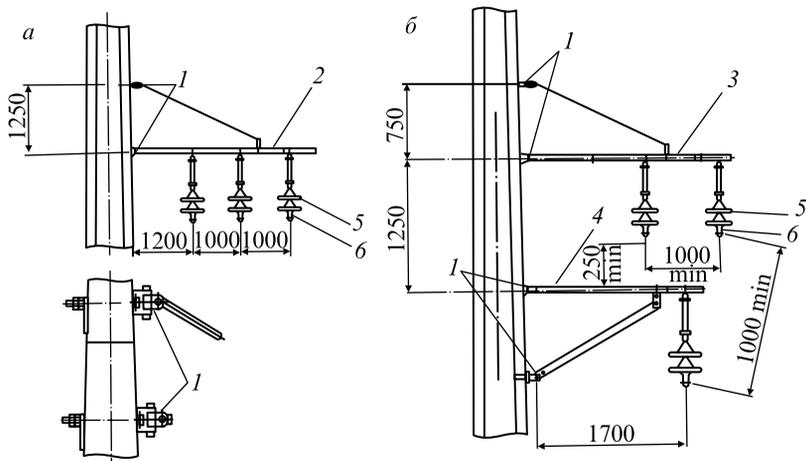


Рис. 7.8. Установка кронштейнов МГ на опорах контактной сети: *а* — для подвески провода ВЛ-10 кВ; *б* — в местах транспозиции; 1 — узел крепления кронштейна; 2 — кронштейн МГ-I; 3 — кронштейн МГ-II; 4 — кронштейн МГ-III; 5 — изолятор; 6 — седло

накладки, препятствующие их развороту, или на проводах должны быть установлены болтовые зажимы по обе стороны от седла.

На скоростной магистрали Москва—Санкт-Петербург при реконструкции контактной сети для подвески проводов ВЛ 10 кВ применены металлические кронштейны типа МГ-I (рис. 7.8, *а*), в местах транспозиции проводов установлены кронштейны типа МГ-II и МГ-III (рис. 7.8, *б*).

Технические характеристики изолированных и неизолированных консолей, а также кронштейнов для подвески проводов различного назначения приведены в приложении 7 (табл. П7.1; П7.2; П7.3).

## 7.2. Жесткие и гибкие поперечины

Жесткие поперечины (ригели) представляют собой металлические фермы с параллельными поясами и раскосной треугольной решеткой с распорками в каждом узле. Для усиления в узлах устанавливают еще одну распорку по диагонали. Отдельные блоки фермы стыкуют между собой накладками из угловой стали (приварными или болтовыми).

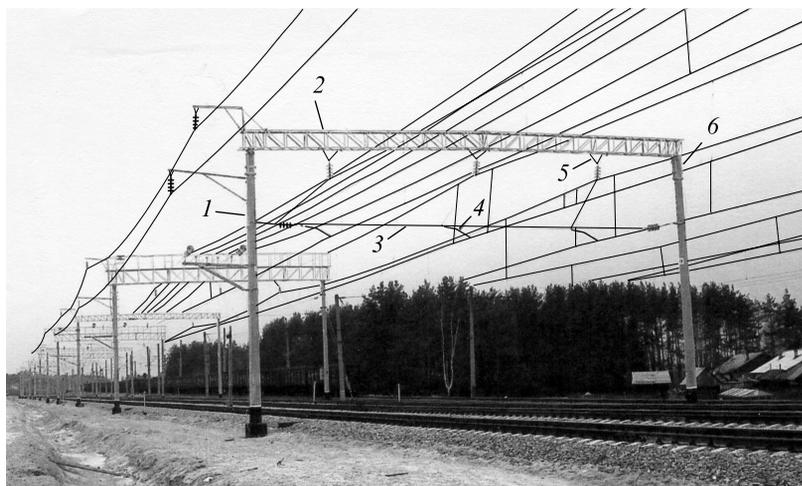


Рис. 7.9. Жесткая поперечина: 1 — опора (стойка); 2 — жесткая поперечина (ригель); 3 — фиксирующий трос; 4 — фиксатор; 5 — треугольный подвес; 6 — оголовник

С железобетонными стойками жесткую поперечину соединяют металлическими оголовками, если ее крепят к вершинам стоек (рис. 7.9) или к специальным опорным столикам, если крепление осуществляют ниже вершин (рис. 7.10). Конструкция оголовков допускает регулировку положения поперечины по высоте перемещения оголовков на стойках. Опорные столики закрепляют на стойках полухомутами, а поперечины к столикам присоединяют болтами-скобами.

В зависимости от количества путей, перекрываемых жесткими поперечинами, они могут иметь длину от 16,1 до 44,2 м и собираться из двух, трех и четырех блоков. В указанных пределах поперечины имеют восемь основных размеров длин. Для тех случаев, когда по условиям расположения путей требуются поперечины промежуточных длин, отличных от основных, их образуют из основных поперечин сокращением числа панелей в крайних блоках.

Основные или укороченные поперечины могут быть двух или трех типов в зависимости от несущей способности. Разная несущая способность поперечины достигается изменением сечений поясных уголков.

Жесткая поперечина должна собираться только из стандартных блоков, сортамент накладок должен строго соблюдаться.

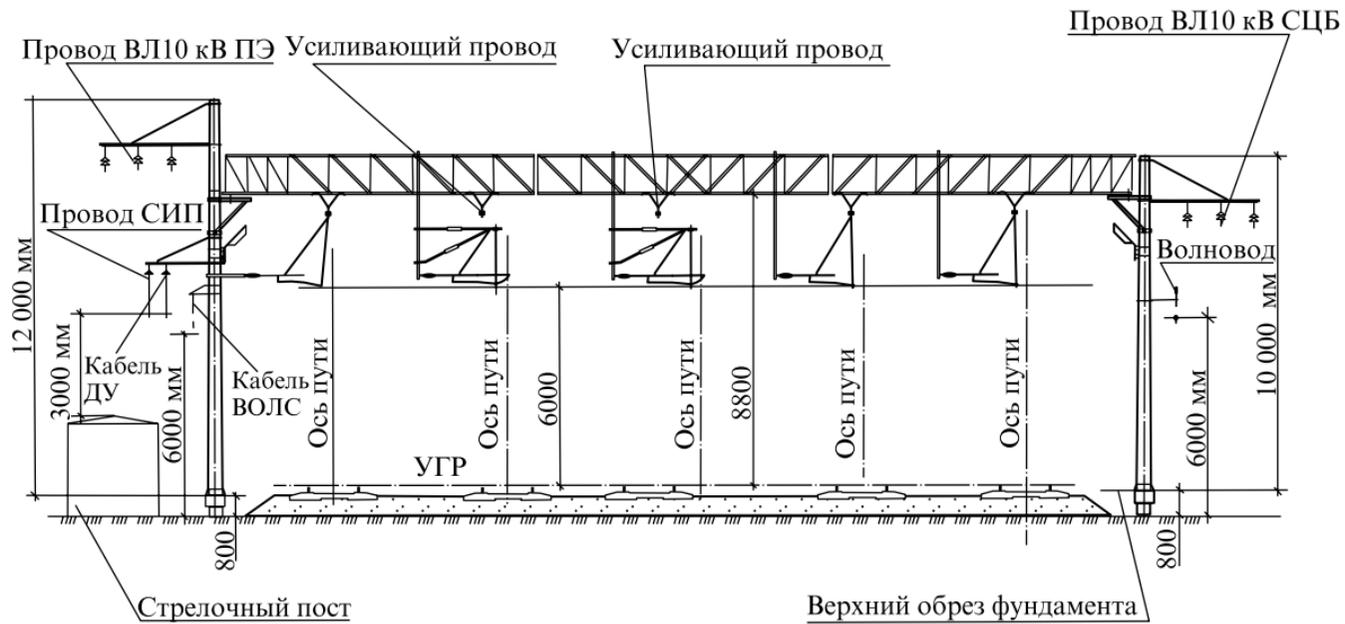


Рис. 7.10. Жесткая поперечина, закрепленная на столиках

Нарушение технологических требований и норм в процессе сборки (неправильное применение комплектующих, некачественная сварка блоков и т.п.) могут привести к снижению несущей способности и деформации жесткой поперечины при эксплуатации.

Поперечины обозначают буквой П и цифрами. Первые цифры определяют несущую способность поперечины в тонно-сила-метрах (тс·м), вторые — расчетный пролет в метрах. Например, обозначение жестких поперечин длиной 17,7 и 30,3 м, состоящих соответственно из двух и трех блоков и различающихся несущей способностью, может быть: П15-17,7; П13-17,7; П29-30,3; П26-30,3; П23-30,3.

Жесткие поперечины расчетной длиной более 29,1 м, на которые устанавливают прожекторы для освещения путей станций, оборудуются настилом и перильным ограждением. Для этих поперечин и соответственно блоков в обозначениях перед буквой П ставится буква О (с освещением), например, ОП29-30,3.

Несущие тросы полукомпенсированных подвесок переменного и постоянного тока крепят к жестким поперечинам на треугольных подвесах; на переходных опорах и у воздушных стрелок используют наклонные подвесы. Несущие тросы компенсированных подвесок, как правило, подвешивают на роликах. В целях снижения стоимости монтажных работ допускается подвешивание компенсированного троса не на роликах, а в седлах, если точки подвеса троса удалены от средней или жесткой анкеровки не более чем на 200 м.

Ригели жестких поперечин рамного типа могут устанавливаться как на железобетонных стойках СС, СТ длиной 13,6 м, закрепленных в стаканых фундаментах ТСН-4,5, так и на металлических стойках длиной 12 м, установленных на клиновидных фундаментах типа ФКА или на металлических завинчиваемых фундаментах.

**Гибкие поперечины** представляют собой систему тросов, расположенных над электрифицированными путями перпендикулярно их осям, предназначенную для крепления контактных подвесок нескольких путей. Все тросы гибкой поперечины могут быть изолированы от опор, на которых они крепятся, тогда эта поперечина называется *изолированной*. Если изоляторы включают только в нижний фиксирующий трос, то такая поперечина называется *неизолированной*. При изолированных гибких поперечинах можно выполнять работы по

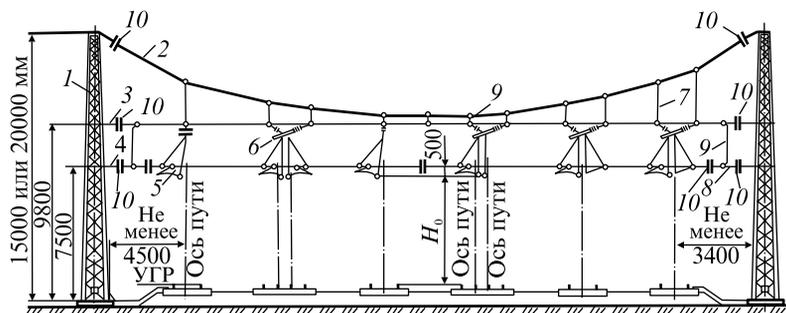


Рис. 7.11. Изолированная гибкая поперечина для компенсированной подвески переменного тока: 1— опора; 2 — поперечные несущие тросы; 3 и 4 — верхний и нижний фиксирующие тросы; 5 — фиксатор; 6 — наклонный подвес; 7 — струна гибкой поперечины; 8 — нейтральная вставка; 9 — электрический соединитель; 10 — изоляторы;  $H_0$  — номинальная высота подвеса контактного провода над УГР

проверке состояния деталей и узлов контактных подвесок и гибких поперечин без снятия напряжения с контактной подвески. Поэтому в основном монтируют изолированные гибкие поперечины (рис. 7.11).

Верхние тросы гибкой поперечины, называемые поперечными несущими, монтируют с большими стрелами провеса (не менее  $1/10$  расстояния между опорами поперечины), чтобы вертикальные перемещения контактных подвесок при изменениях температуры воздуха были незначительными. Эти тросы воспринимают вертикальные нагрузки от массы проводов контактных подвесок и самой гибкой поперечины.

Фиксирующие тросы (верхний для закрепления несущего троса и нижний для — контактного провода), препятствуют горизонтальному смещению проводов контактных подвесок под действием ветра или вследствие изменения направления проводов (на кривых участках пути, воздушных стрелках).

Гибкие поперечины выполняют с поперечными несущими тросами, состоящими из двух или четырех биметаллических (сталемедных) проводов сечением  $95 \text{ мм}^2$ . В качестве фиксирующих применяют биметаллические провода сечением  $70 \text{ мм}^2$ . В нижнем фиксирующем тросе у опор устраивают нейтральные вставки, которые электрическими соединителями соединены с верхним фиксирующим тросом.

### 7.3. Фиксаторы

Устройства, с помощью которых контактные провода удерживаются в горизонтальной плоскости в требуемом положении относительно оси пути (оси токоприемника), называются *фиксаторами*. Они должны обеспечивать нормальный токосъем при принятых на данном участке скоростях движения поездов, надежный проход токоприемников при отжатии ими контактных проводов до 250 мм в любых расчетных климатических условиях. В конструкции фиксатора предусмотрена возможность регулирования зигзага контактного провода.

Опорные или поддерживающие конструкции, на которых закрепляют фиксаторы, чаще всего устанавливают с одной стороны пути. Контактный провод подвешивают с зигзагами в разные стороны от оси пути, поэтому для обеспечения работы на растяжение дополнительного стержня фиксатора используют прямые и обратные сочлененные фиксаторы. *Прямые фиксаторы* (рис. 7.12, а, б) применяют при минусовых (к опоре) зигзагах контактного провода или при горизонтальном усилии, направленном от опоры, возникающем при изменении направления контактного провода; *обратные фиксаторы* (рис. 7.12, в, г) — при плюсовых (от опоры) зигзагах контактного провода или горизонтальном усилии к опоре (поддерживающему устройству).

На переходных опорах сопряжений анкерных участков для фиксации нерабочей анкерной ветви устанавливают только основные фиксаторы без дополнительных (рис. 7.12, ж, з).

На фиксирующих тросах устанавливают только дополнительные фиксаторы (рис. 7.12, и), на воздушных стрелках применяют фиксаторы, приведенные на рис. 7.12, д, к.

На главных путях перегонов и станций и приемо-отправочных путях, где скорость движения превышает 50 км/ч, устанавливают *сочлененные фиксаторы* (см. рис. 7.12, а, б, в, г), состоящие из основных и дополнительных стержней, связанных непосредственно с контактным проводом.

В качестве фиксаторного изолятора при постоянном токе применяют изоляторы ФФ40, ФСФ70, ФСФ100. При значительных нагрузках в обратных фиксаторах неизолированных консолей на кривых участках пути радиусом 1500 м и менее и на сопряжениях устанавливают стержневые консольные или фиксаторные изоляторы КСФ70,

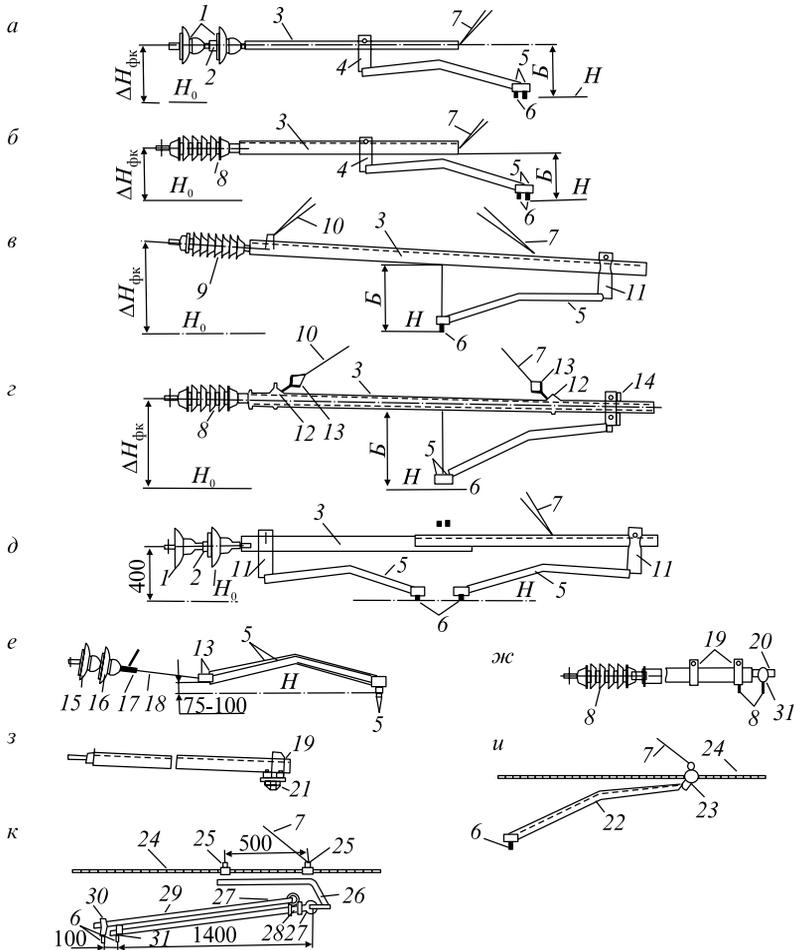


Рис. 7. 12. Фиксаторы типов: *а* — ФП-3; *б* — УФП; *в* — ФО-25, *г* — УФО; *д* — ФР; *е* — ФГ-3; *ж* — ФА-3; *з* — ФАИ; *и* — с разрезными ушками; *к* — трубчатые для фиксации проводов воздушной стрелки; 1, 8, 9, 15, 16 — изоляторы; 2 — деталь сочленения; 3 — стержень основной; 4 и 11 — стойки прямого и обратного фиксаторов; 5 — фиксатор дополнительный; 6 — зажим фиксирующий; 7 и 10 — наклонные и страхующие струны; 12 и 19 — держатели струны и контактного провода; 13 — коуш стальной; 14 — стойка фиксатора УФО; 17 — серьга Ср-4,5; 18 — проволока 6БСМ1; 20 и 22 — фиксаторы трубчатый и с разрезным ушком; 21, 23, 25 — зажимы стыковой, хомутовый и подвесной; 24 — фиксирующий трос; 26 — стойка фиксаторная; 27 и 28 — ушки фиксаторные УФР-1" и УФН-1"; 29 — труба 1" фиксатора; 30 и 31 — держатели Д1"-80 (с ушком) и Д1"-40 (без ушка)

КСФ100, ФСК120, КСК120, а в фиксаторах при переменном токе — изоляторы ФСФ70-25, КСФ70-25. На изолированных консолях фиксаторы изоляторов не имеют. Основные стержни фиксаторов изготавливают из уголка. Для прикрепления изоляторов к основному стержню приваривают стержень с нарезкой. Основной стержень с помощью двух наклонных струн подвешивают к несущему тросу.

На основном стержне фиксатора закрепляют стойку, которая снабжается ушками для дополнительных фиксаторов (одного или двух). При регулировке контактного провода стойку вместе с дополнительными стержнями фиксаторов перемещают вдоль основного стержня и закрепляют в нужном положении. Дополнительные стержни изготавливают из полосовой стали длиной 1,2 м. Стержень по всей длине выштамповывают, что позволяет повысить его жесткость. Для шарнирного закрепления на стойке дополнительный стержень фиксатора имеет на одном конце отверстие, а на другом — приваренную скобу для крепления фиксирующего зажима. Применяют также профильные дополнительные стержни фиксаторов из алюминиевого сплава в виде швеллера 35 × 2,5 мм. Такие дополнительные стержни в 1,5—2 раза легче стальных, что улучшает качество токосъема в опорных узлах контактных подвесок.

Во всех случаях фиксатор устанавливают таким образом, чтобы усилие от изменения направления контактного провода в плане вызывало растяжение дополнительного стержня фиксатора.

При больших усилиях (более 200 Н) от изменения направления контактного провода на внешней стороне кривой монтируют *гибкие фиксаторы* (рис. 7.12, *е*) в соответствии с табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Установка гибких фиксаторов**

Расчетная скорость ветра, м/с	Максимальный радиус кривой, м, при котором производится установка гибких фиксаторов, при длине пролета, м			
	40	50	60	70
До 25	900/1150	1000/1150	1100/1250	1150/1350
30	750/850	800/950	850/1050	900/1100
35	600/750	650/800	650/850	—/850
40	500/600	500/650	550/700	—
45	400/500	450/550	—/550	—
50	350/450	350/450	—	—

Примечания. 1. В числителе указаны радиусы для одного контактного провода, в знаменателе — для двух.

2. Прочерки означают, что в этих условиях установка гибких фиксаторов не допускается.

Гибкие фиксаторы сочленяют с изолятором усовиком из биметаллического сталемедного провода сечением не менее  $25 \text{ мм}^2$  с возможностью регулирования зигзага. Ушко фиксатора должно быть выше контактного провода на 100 мм при радиусе кривой более 600 м и на 75 мм при радиусе 600 м и менее.

При двух контактных проводах каждый провод фиксируют отдельным дополнительным фиксатором (такой длины, как и основной), обеспечивая возможность продольных перемещений одного провода относительно другого.

В полукомпенсированных подвесках при среднегодовой температуре воздуха данного температурного района и в компенсированных подвесках должны соблюдаться расстояния от контактного провода до основного стержня фиксатора и до нижнего фиксирующего троса не менее указанных в табл. 7.2. Расстояние от рабочего контактного провода до пересекающей анкеруемой ветви другого пути или фиксирующей оттяжки должно быть не менее указанных для основного стержня обратного фиксатора и нижнего фиксирующего троса. На участках скоростного движения поездов фиксаторные стойки должны иметь ограничительное устройство, не допускающее отжатие контактного провода токоприемником более 250 мм.

Таблица 7.2

**Допустимые расстояния от контактного провода до основного стержня фиксатора или фиксирующего троса**

Участки установки фиксатора	Минимальное допустимое расстояние по вертикали, мм, от контактного провода до основного стержня фиксатора или фиксирующего троса	
	прямого фиксатора	обратного фиксатора и фиксирующего троса
При скорости движения поездов до 120 км/ч: прямые и кривые участки радиусом более 2000 м кривые участки радиусом 2000 м и менее	350 <sup>+50</sup> 300 <sup>+50</sup>	450 <sup>+50</sup> 400 <sup>+50</sup>
При скорости движения поездов 121—160 км/ч и при расчетной скорости ветра более 25 м/с независимо от скорости движения поездов: прямые и кривые участки радиусом более 2000 м кривые участки радиусом 2000 м и менее	400 <sup>+50</sup> 350 <sup>+50</sup>	500 <sup>+50</sup> 450 <sup>+50</sup>
При скорости движения поездов 161—200 км/ч и наличии ограничительного устройства на фиксаторной стойке*	350 <sup>+50</sup>	350 <sup>+50</sup>

\* При отсутствии указанного ограничительного устройства расстояние должно быть не менее установленного для скорости движения поездов 121—160 км/ч.

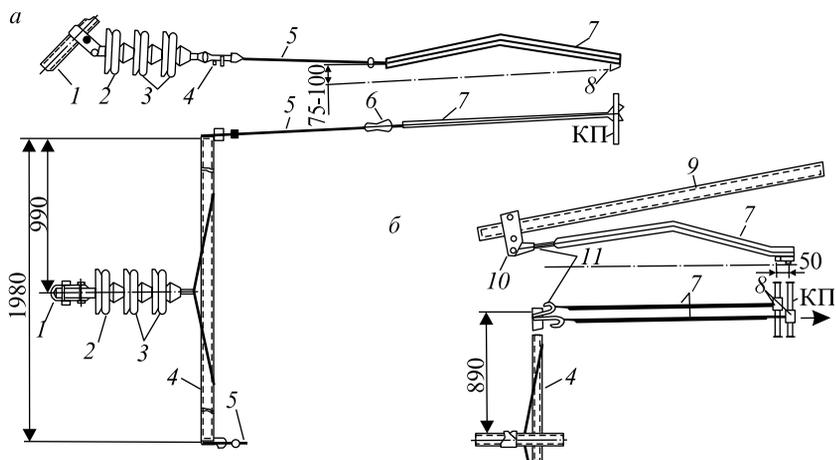


Рис. 7.13. Фиксаторы двойные: гибкий прямой для одиночного (а) и усиленный обратный для двойного контактного провода(б); 1 — консоль неизолированная; 2, 3 — изоляторы; 4 — коромысло; 5 — усовик; 6 — коуш стальной; 7 — фиксатор дополнительный; 8 — зажим фиксирующий; 9 — труба фиксатора УФО2; 10 — стойка фиксатора УФО; 11 — ушко фиксатора; КП — контактный провод

На главных путях железнодорожных станций и перегонов, где фиксирующие тросы находятся на разных высотах от УГР, применяют дополнительные устройства (детали снижения), обеспечивающие нормальный наклон дополнительного фиксатора. Этими устройствами оборудуются фиксаторы и на других путях, где вертикальное расстояние от контактного провода до фиксирующего троса превышает 600 мм.

Крепление основного стержня фиксатора к изолятору у простого и сочлененного фиксаторов должно быть жестким, а фиксаторных изоляторов к кронштейнам и стойкам, а также дополнительных фиксаторов к нижним фиксирующим тросам — шарнирным, обеспечивающим наибольшие возможные вертикальные и горизонтальные перемещения фиксаторов.

Смещение вдоль пути дополнительного фиксатора в месте крепления к контактному проводу не должно превышать при крайних значениях температуры воздуха  $1/3$  длины фиксатора в каждую сторону от его среднего положения.

В скоростной подвеске основные стержни из стальных труб имеют цинковое покрытие толщиной 100—150 мкм, а дополнительные фиксаторы выполняют из алюминиевых сплавов.

В кривых участках радиусом менее 400 м применяют *двойные фиксаторы* с разнесенной фиксацией контактных проводов на расстоянии между дополнительными фиксаторами 2 м (рис. 7.13). Определение длины пролета между опорами в этих случаях должно производиться как для одиночного фиксатора.

Сочлененные фиксаторы (рис. 7.14) дополняют устройствами, предохраняющими их от опрокидывания: ограничительными упорами на стойках крепления дополнительных фиксаторов и кроме этого жесткими распорками (рис. 7.15) между несущим тросом и основным стержнем фиксатора. Такие устройства устанавливают на прямых и кривых участках радиусом более 500 м в незащищенных от ветра местах — насыпях высотой более 5 м в открытой местности, поймах рек, оврагах, насыпях более 10 м в лесных массивах, а также там, где наблюдаются автоколебания проводов.

В этих же местах применяют ограничительное устройство на фиксаторной стойке или под основным стержнем обратного фиксатора устанавливают ограничитель подъема (рис. 7.16), который имеет форму, исключаящую удар по нему полоза токоприемника при поджатии контактного провода.

Жесткие распорки со стороны основного стержня фиксатора имеют изолирующие узлы и крепятся на несущем тросе двухболтовыми зажимами. Угол наклона жестких распорок и поддерживающих струн к вертикали поперек оси пути не должен превышать 45°.

Опрокидывание фиксаторов скоростной контактной подвески (КС-200) предотвращается ненагруженной ветровой струной длиной 600 мм, соединяющей дополнительный стержень фиксатора с основным стержнем (рис. 7.17).

На обратных фиксаторах со стержневыми изоляторами на расстоянии не менее 0,5 м от изолятора устанавливают наклонные (косые) струны без натяжения из биметаллической сталемедной проволоки диаметром 4 мм.

Расстояния от контактного провода до узла крепления основного стержня фиксатора (фиксаторного изолятора) к кронштейну или стойке приведено в табл. 7.3.

На контактном проводе несимметричный фиксирующий зажим должен быть расположен так, чтобы усилие от зигзага было направлено в сторону основной плашки (гайки на внутренней стороне зигзага).

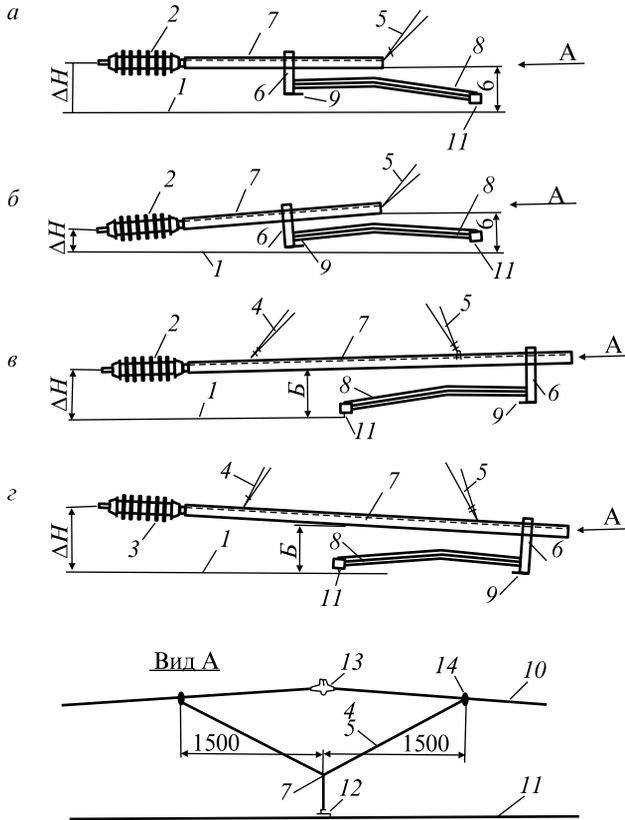


Рис. 7.14. Сочлененные фиксаторы: *a* — прямой — для прямого участка пути и внешней стороны кривой радиусом более 2000 м; *б* — прямой — для внешней стороны кривой радиусом 2000 м и менее; *в* — обратный — для внутренней стороны кривой радиусом более 1500 м; *г* — усиленный — для внутренней стороны кривой радиусом 1500 м и менее; 1 — уровень беспровесного положения контактного провода над головкой рельса; 2 и 3 — фиксаторный и усиленный (консольный) фиксаторный изоляторы; 4 и 5 — струны страхующие и наклонные (косые); 6 и 7 — стойка и основной стержень фиксатора; 8 — фиксатор дополнительный; 9 — ограничительный упор; 10 — несущий трос; 11 — контактный провод; 12 — фиксирующий зажим; 13 — седло; 14 — струновой зажим (046) или зажим с ушком (040)

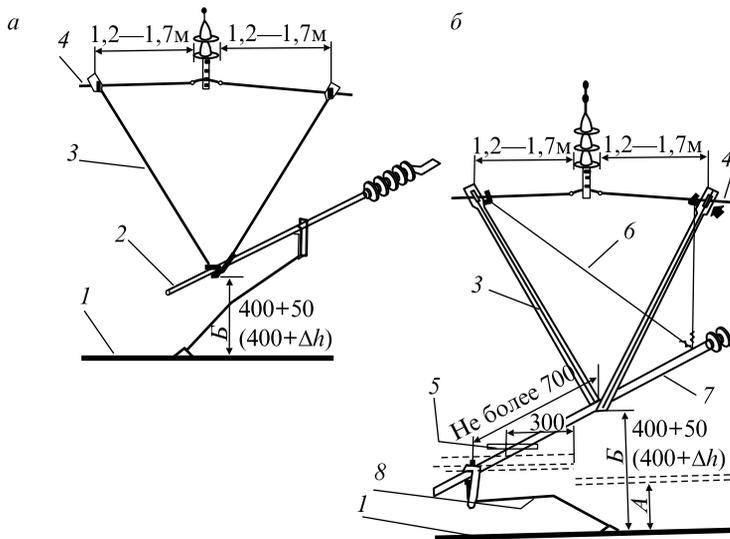


Рис. 7.15. Схема установки жестких распорок на сочлененных прямых (а) и обратных (б) фиксаторах: 1 — контактный провод; 2 — прямой фиксатор; 3 — жесткая распорка; 4 — несущий трос; 5 — ограничитель подъема дополнительного стержня фиксатора при беспроводном положении контактного провода; 6 — наклонная (косая) струна; 7 — обратный фиксатор; 8 — дополнительный стержень фиксатора; А — расстояние подъема контактного провода до ограничителя подъема дополнительным стержнем фиксатора на прямом и кривом участках пути при  $R > 2000$  м 150—200 мм; в кривом участке пути при  $R < 2000$  м — 150 мм; В — расстояние между контактным проводом и основным стержнем фиксатора (размеры приведены на рисунке для компенсированной контактной подвески и в скобках — для полукompенсированной контактной подвески).

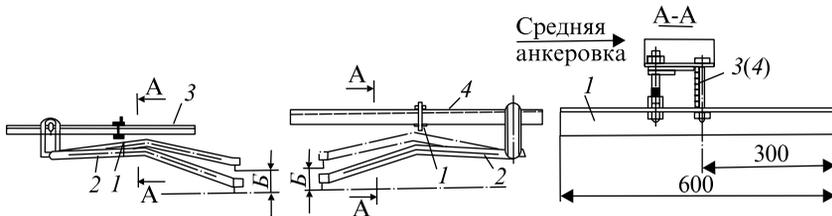


Рис. 7.16. Ограничитель подъема дополнительного стержня фиксатора: 1 — ограничитель; 2 — дополнительный фиксатор; 3 и 4 — основной стержень прямого и обратного фиксатора; В — расстояние подъема контактного провода до ограничителя подъема дополнительного стержня фиксатора

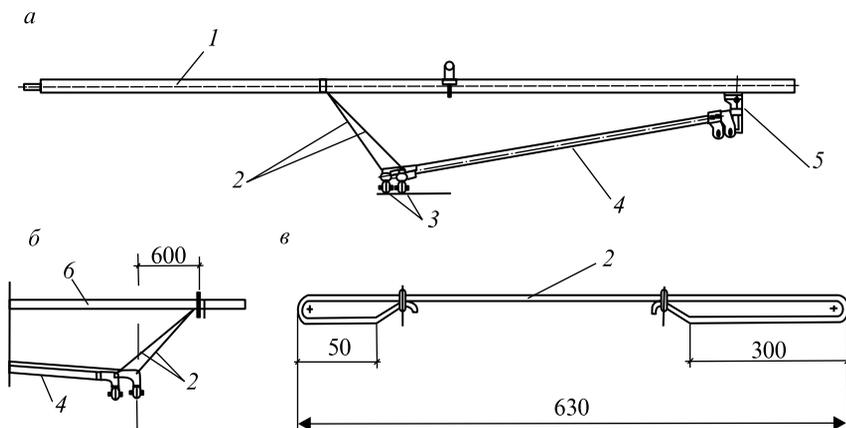


Рис. 7.17. Схема установки ветровой струны: *а* и *б* на обратном и прямом фиксаторах; *в* — общий вид ветровой струны; 1 — стержень основного обратного фиксатора; 2 — ветровая струна; 3 — зажим фиксирующий; 4 — фиксатор дополнительный; 5 — стойка; б — стержень основного прямого фиксатора

В обозначениях фиксаторов буквы и цифры указывают на его конструкцию, напряжение в контактной сети, для которого он предназначен, и геометрические размеры: Ф — фиксатор, П — прямой, О — обратный, А — анкеруемой ветви, Т — троса анкеруемой ветви, Г — гибкий, С — воздушных стрелок, Р — ромбовидных подвесок, И — изолированных консолей, У — усиленный; цифры 3 или 25 — напряжение 3 или 25 кВ; римские цифры I, II, III и т.д. характеризуют длину основного стержня фиксатора.

Таблица 7.3

**Допустимые расстояния от контактного провода до узла крепления основного стержня фиксатора**

Участки установки фиксатора	Минимальное допустимое расстояние по вертикали, мм, от контактного провода до крепления основного стержня фиксатора к кронштейну или стойке	
	прямого	обратного
Прямые и кривые участки радиусом более 2000 м	350 <sup>+100</sup>	600 <sup>+200</sup>
Кривые участки радиусом от 2000 до 1500 м	100 <sup>+50</sup>	600 <sup>+200</sup>
Кривые участки радиусом менее 1500 м	100 <sup>+50</sup>	800 <sup>+200</sup>

Примеры обозначений фиксаторов:

ФП-3-I — фиксатор прямой для неизолированной консоли на напряжение 3 кВ, длина основного стержня в соответствии с типоразмером I; УФО-3-II — усиленный обратный фиксатор для неизолированной консоли на напряжение 3 кВ, длина основного стержня в соответствии с типоразмером II; ФГ-25 — гибкий фиксатор на напряжение 25 кВ; ФТИ-25-III — фиксатор троса анкеруемой ветви для изолированной консоли на напряжение 25 кВ, длина основного стержня в соответствии с типоразмером III.

Технические характеристики применяемых фиксаторов приведены в приложении 7 (табл. П7.4).

#### **7.4. Нагрузки, действующие на поддерживающие и фиксирующие устройства**

Поддерживающие и фиксирующие устройства контактной сети рассчитывают с учетом постоянных и временных (кратковременных и особых) нагрузок и воздействий.

Значения нормативных и расчетных нагрузок определяют для соответствующих расчетных режимов, которыми в зависимости от вида и схемы поддерживающего устройства могут быть:

наибольшая гололедная нагрузка при одновременном действии ветра на покрытые гололедом провода при температуре воздуха  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; ветер наибольшей интенсивности при температуре воздуха  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

минимальная температура при отсутствии гололеда и ветра.

Расчетные нагрузки на провода от собственной массы, массы гололеда и давления ветра определяют по отдельной методике.

Расчетные усилия от изменения направления проводов определяют следующим образом. При расположении подвески на кривой радиусом  $R$  горизонтальное усилие  $P_1$ , передающееся на опорное устройство от обеих ветвей провода, имеющего натяжение  $H$ , можно определить из подобия треугольников  $AOB$  и  $ADH$  (рис. 7.18, а):  $AD/AH = AB/OB$ .

Так как  $AB = l$  и  $OB \approx R$ , то после замены входящих в пропорцию величин буквенными их обозначениями получим:

$$P_1 = Hl/R,$$

где  $l$  — длина пролета на кривой.

Усилie, передающееcя от одной ветви провода,

$$P_1/2 = Hl/(2R).$$

При отводе провода на анкеровку составляющая  $P_2$  натяжения  $H$ , действующая в поперечном относительно пути направлении, определяется из выражения (рис. 7.18, б)  $P_2 = H \sin \alpha$ . При небольших углах отклонения провода можно принять, что  $\sin \alpha = \text{tg } \alpha$ , после чего полученное выражение примет вид

$$P_2 = H \text{tg } \alpha = Hz/l,$$

где  $z$  — поперечное смещение провода на соседней опоре.

Если провод отводится на анкеровку на кривом участке пути, значение составляющей в поперечном направлении пути от анкерной ветви провода может быть приближенно определено алгебраическим суммированием усилий  $P_1/2$  и  $P_2$ .

Полное усилие от отвода на анкеровку одной ветви провода на кривом участке пути

$$P_3 = \frac{P_1}{2} \pm P_2 = H \left( \frac{1}{2R} \pm \frac{z}{l} \right).$$

Усилie, передающееcя на опору от двух ветвей (например, при зигзаге) контактного провода

$$P_4 = 4Ka/l,$$

где  $K$  — натяжение одного контактного провода

$a$  — зигзаг.

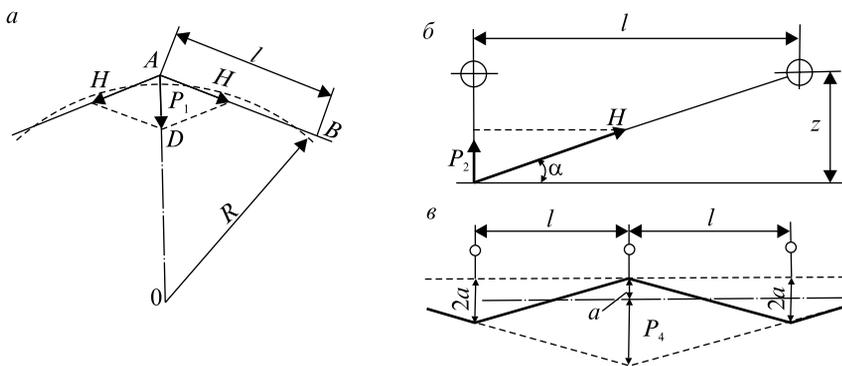


Рис. 7.18. Схема определения усилия от изменения направления провода: на кривом участке пути (а); при отводе его на анкеровку на прямом участке пути (б); от зигзага контактного провода (в)

## 7.5. Основные сведения о расчете и подборе поддерживающих и фиксирующих устройств

**Расчет консолей** выполняют по наиболее тяжелому режиму, при этом учитывают сочетание всех нагрузок. Кроме того, конструкции консолей дополнительно проверяют на нагрузки при обрыве проводов и монтажные.

Кронштейны консолей, на которых предусматривается крепление фиксаторов или фиксаторных стоек, проверяют расчетом по второму предельному состоянию (по деформациям). Горизонтальная составляющая прогиба кронштейна консоли (от кратковременных нагрузок) в точке крепления фиксатора или фиксаторной стойки не должна превышать 35 мм.

При проектировании контактной сети типовые неизолированные и изолированные консоли для участков постоянного и переменного тока выбирают в зависимости от типа опор и места их установки, а при подборе переходных консолей учитывают, кроме того, вид сопряжения контактных подвесок (без секционирования, с секционированием), расположение рабочей и анкеруемой ветвей подвески относительно опоры и какая из ветвей крепится на данной консоли. Подбирают их по имеющимся в типовых проектах таблицам, предусматривающим разнообразные случаи применения консолей, с учетом конкретных условий их установки. Принимают во внимание также и габарит установки анкерных опор. Консоли и кронштейны выбирают в соответствии с данными, приведенными в приложении 7.

**Расчет фиксаторов** выполняют на: постоянные нагрузки в сочетании с максимальным ветром и постоянные нагрузки в сочетании с гололедом и одновременным действием ветра. Кроме того, фиксаторные кронштейны и изоляторы, а также основные стержни фиксаторов проверяют на действие нагрузок, возникающих при обрыве проводов и при монтаже (вес монтера на основном стержне или фиксаторном кронштейне).

Размеры сечений металлических элементов рассчитывают по наиболее тяжелому сочетанию всех нагрузок.

Фиксаторы рассчитывают по предельному состоянию, выполняя расчеты: прочности, устойчивости стержней и устойчивости системы стержней сочлененных фиксаторов. Расчет фиксаторов по предельному состоянию (по деформациям) заключается в определении перемещений основного и дополнительного стержней под воздействием внешних нагрузок и нажатия токоприемника на контактный провод.

Конструкции фиксаторных устройств должны учитывать возможность перетекания токов в шарнирных соединениях (при разности потенциалов в проводах контактной подвески).

Длины основных стержней фиксаторов определяют в зависимости от габарита установки опор, зигзага контактного провода, длины дополнительного стержня, а также от принятой схемы конструктивного выполнения консоли и фиксатора.

Типовые фиксаторы подбирают в зависимости от типа консолей и места их установки, а для переходных опор — с учетом расположения рабочей и анкеруемой ветвей подвески относительно опоры. Кроме того, учитывают, для какой из ветвей предназначен фиксатор. Выбирают их в соответствии с данными, приведенными в табл. 7.1—7.3 и приложении 7 (табл. П7.4).

**Расчет жестких поперечин** выполняют на следующие сочетания постоянных нагрузок: гололед и ветер; ветер вдоль пути; ветер, перпендикулярный оси пути; гололед и усилия от обрыва проводов; выбирают из них самый тяжелый режим.

При расчете жестких поперечин на нагрузки, действующие вдоль пути (от ветра или от обрыва проводов), учитывают реакции тросов, рассматривая точки крепления подвески к поперечине как другие опоры. Жесткие поперечины проверяют расчетом на действие монтажных нагрузок и выбирают из числа типовых.

На основании фактического расположения путей, габаритов установки стоек поперечины и расстояний между путями составляют расчетную схему поперечины, по которой выбирают ее расчетную (между осями стоек поперечины) длину. Применительно к этой длине подбирают поперечину с определенной типовой несущей способностью. Например, для расчетной длины 30,2 м выбирают поперечину П23-30,3.

Затем проверяют пригодность выбранного типа поперечины, сопоставляя действующие на поперечину моменты от внешних сил с условными расчетными допускаемыми моментами. При этом рассматривают три режима: два нормальных (гололед с ветром скоростью в два раза меньше максимальной и ветер максимальной интенсивности без гололеда) и аварийный (обрыв провода при гололеде, без ветра). Изгибающие моменты от внешних сил определяют для нормальных и аварийных режимов. Для нижнего пояса поперечины рассчитывают нормативные изгибающие моменты в аварийном

режиме ( $M_{\text{нп}}^{\text{H}}$ ), а для верхнего — расчетные изгибающие моменты в нормальных режимах работы поперечины — ( $M_{\text{вп}}^{\text{P}}$ ).

Полученные изгибающие моменты от внешних сил сопоставляют с допускаемыми для средних и крайних блоков. Средние блоки проверяют в середине пролета, крайние — на расстоянии  $1/3$  (справа и слева, чтобы найти наибольший) для трехблочных поперечин и  $1/4$  пролета — для четырехблочных. Если моменты превышают допускаемые, принимают поперечину более тяжелого типа, при этом снова определяют моменты от внешних сил и повторяют все указанные выше проверки.

## **7.6. Контрольные вопросы**

1. Какие поддерживающие и фиксирующие устройства применяют на электрифицированных железных дорогах?
2. Как устроены жесткие и гибкие поперечины контактной сети?
3. Для чего применяют фиксаторы контактных проводов? Перечислите основные элементы фиксаторов и их конструкции.
4. Какие особенности имеют неизолированные и изолированные консоли?
5. Какие нагрузки, действующие на поддерживающие и фиксирующие устройства, учитываются при расчетах?
6. Каким образом производят подбор типовых консолей, фиксаторов и жестких поперечин?

## **7.7. Практические занятия № 3 по теме:**

### **Подбор типовых консолей и фиксаторов**

1. На промежуточную опору контактной сети с габаритом 3,1—3,5 м.
2. На промежуточную опору контактной сети с габаритом 4,7—4,9 м на прямом участке пути, на кривом участке пути на внутренней и наружной стороне кривой.
3. На промежуточную опору контактной сети с габаритом 5,7 м на прямом участке пути, на кривом участке пути на внутренней и наружной стороне кривой.
4. На переходную опору при полукомпенсированной подвеске.
5. На переходную опору при компенсированной подвеске.
6. На жесткую поперечину на прямом участке пути.

---

---

## Глава 8. Опоры контактной сети и закрепление их в грунте

### 8.1. Классификация и область применения опор

Опоры контактной сети в зависимости от назначения и характера нагрузок, воспринимаемых от проводов контактной подвески, классифицируются по назначению, направлению приложения нагрузки, конструктивному выполнению поддерживающих конструкций, материалу, из которого они изготовлены, и по способу закрепления в грунте.

В зависимости от назначения различают опоры контактной сети (рис. 8.1): промежуточные, переходные, анкерные и фиксирующие.

По направлению приложения нагрузки: направленные, ненаправленные.

В зависимости от конструктивного выполнения поддерживающих конструкций: консольные однопутные, двухпутные, фидерные, жестких и гибких поперечин.

По материалу, из которого изготовлены: металлические и железобетонные.

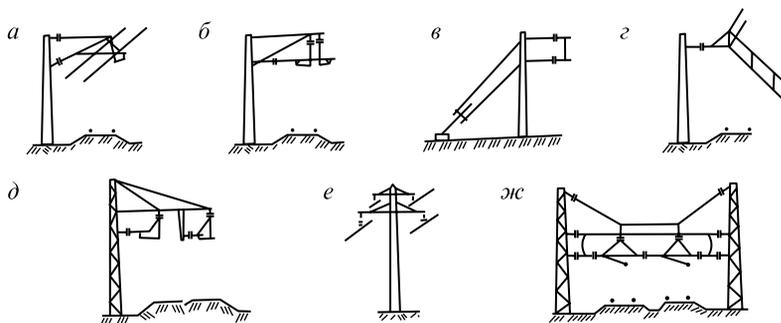


Рис. 8.1. Опоры контактной сети: а — промежуточные; б — переходные; в — анкерные; г — фиксирующие; д — двухпутные; е — фидерные; жс — гибких поперечин

В зависимости от способа закрепления в грунте: отдельные (с фундаментами) и нераздельные (бесфундаментные). Отдельные опоры могут устанавливаться на фундаментах мелкого (стаканные, клиновидные) и глубокого заложения (свайные). Соединение опор с фундаментом выполняется с помощью стакана или анкерных болтов.

*Промежуточные опоры* воспринимают нагрузки от массы проводов контактных подвесок и дополнительных нагрузок на них (гололед, изморозь) и горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода и от изменения направления проводов на кривых участках пути.

*Переходные опоры* устанавливают в местах устройства сопряжений анкерных участков контактных подвесок и воздушных стрелок и воспринимают нагрузки, аналогичные промежуточным опорам, но от двух контактных подвесок. На переходные опоры также воздействуют усилия от изменения направления проводов при отводе их на анкерную и на стрелочную кривую.

*Анкерные опоры* могут воспринимать нагрузки от натяжения закрепленных на них проводов и, кроме того, нести такие же нагрузки, как и промежуточные консольные.

*Фиксирующие опоры* воспринимают только горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов на кривых участках пути, на воздушных стрелках, при отходах на анкерную и от давления ветра на провода.

Различают также *опоры питающих и отсасывающих линий* (фидерные) и специальные опоры. Опоры питающих и отсасывающих линий в соответствии с классификацией опор, принятой в линиях электропередачи, разделяют на промежуточные, угловые, анкерные (провода заанкерены с обеих сторон) и концевые (провода заанкерены с одной стороны опоры). Специальные опоры предназначены для установки секционных разъединителей или какого-либо иного оборудования.

*Консольные опоры* служат для крепления на консоли контактной подвески одного, двух или нескольких путей.

*Опоры жесткой поперечины*, или, как их называют, ригельные или порталные, служат для крепления контактных подвесок электрифицируемых путей на ригеле жесткой поперечины.

*Опоры гибкой поперечины* служат для крепления контактных подвесок на перекрываемых поперечиной электрифицируемых путях.

Наибольшее распространение получили железобетонные опоры; их используют в качестве промежуточных, переходных и анкерных консольных опор, а также в качестве фиксирующих, фидерных, специальных опор и стоек жестких поперечин. Применение железобетонных предварительно напряженных опор из центрифугированного бетона дает сокращение расхода металла на изготовление опор. Однако установка железобетонных опор сложнее, чем металлических, так как они значительно тяжелее и требуют более бережного обращения при транспортировке и установке из-за хрупкости бетона.

Железобетонные консольные опоры и стойки жестких поперечин могут быть как нераздельными (цельными), так и раздельными.

*Металлические опоры* используют для гибких поперечин, для двухпутных консолей и анкерных самонесущих (без оттяжек) опор, а также в качестве консольных промежуточных, переходных, анкерных, фиксирующих, фидерных опор и опор других назначений. Устанавливают их на фундаменты.

*Деревянные опоры* допускается применять только в качестве временных опорных конструкций контактной сети при проведении восстановительных работ.

Для контактной сети используются только типовые опоры, различающиеся между собой по назначению и конструкции.

Высоту (длину) опор, т.е. расстояние от верхнего (ВОФ) или условного (УОФ) обреза фундамента до вершины опоры, выбирают в зависимости от высоты подвешивания контактного провода и несущего троса цепных подвесок, а также конструкции поддерживающих устройств, расположения на опорах контактной сети проводов ВЛ СЦБ, продольного электроснабжения ВЛ ПЭ и ДПР.

Форма и размеры поперечного сечения опор определяются из условия восприятия ими действующих нормативных нагрузок (нормативного изгибающего момента в уровне условного обреза фундамента) и минимального расхода материалов (бетона, стали). Для консольных опор размеры поперечного сечения должны обеспечивать восприятие нагрузки на уровне пяты консоли не менее  $1/2$  нормативного момента в уровне условного обреза фундамента.

Наименьшая высота консольных опор, определяемая от верха опор до уровня условного обреза фундамента должна составлять 9,6 м.

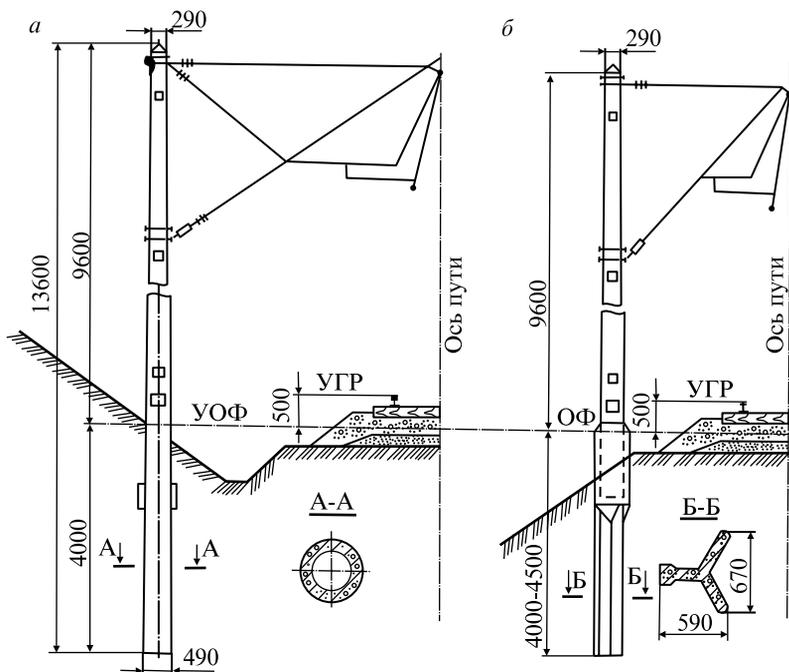


Рис. 8.2. Унифицированные железобетонные консольные опоры контактной сети: *а* — нераздельная длиной 13,6 м с фундаментной частью; *б* — раздельная длиной 10,8 м на трехлучевом стаканном фундаменте; ОФ — обрез фундамента; УОФ — условный обрез фундамента; УГР — уровень головки рельса

Такая же высота устанавливается и для стоек жестких поперечин. При этом длина нераздельных железобетонных опор с учетом фундаментной части в этом случае составляет 13,6 м (рис. 8.2, *а*), а длина раздельных опор с учетом установки их в стаканый фундамент — 10,4 или 10,8 м (рис. 8.2, *б*). Для других длин (10,0; 12,0; 15,6 м) высота опор от уровня УОФ устанавливается проектом.

Металлические опоры для гибких поперечин изготавливались длиной 15 и 20 м. Для двухпутных консолей применялись также металлические опоры высотой 13 м или сдвоенные железобетонные опоры длиной 13,6—15,6 м, устанавливаемые в стаканые фундаменты.

## 8.2. Железобетонные опоры

При строительстве, реконструкции, обновлении и капитальном ремонте контактной сети применяются предварительно-напряженные *центрифугированные опоры*. В качестве напряженной арматуры используется высокопрочная стальная проволока или термоупрочненные стальные стержни.

Для изготовления опор используется бетон низкой проницаемости, высокой прочности и морозостойкости. По несущей способности, трещиностойкости и деформативности опоры должны удовлетворять требованиям стандартов и проектов.

На электрифицированных линиях в эксплуатации находятся различные виды центрифугированных и двутавровых железобетонных опор. По характеру армирования они разделяются на типы:

- центрифугированные и двутавровые опоры с ненапряженной обычной арматурой — ЖБК и ЖБД;
- центрифугированные и двутавровые опоры, армированные только предварительно напряженной высокопрочной проволочной арматурой диаметром 2,5—5,0 мм (струнобетонные) — СЖБК, СК, СКЦ, СКУ, С, СД;
- центрифугированные с предварительно напряженной стержневой арматурой — ГК, СП, СТ;
- центрифугированные опоры со смешанным армированием (напряженной или ненапряженной арматурой). У таких опор рабочая напряженная арматура выполняется из высокопрочной проволоки, как у струнобетонных, а ненапряженная — из горячекатаных стержней. По характеру размещения ненапряженных стержней опоры разделяются на два вида: с ненапряженной арматурой только в подземной части (СО, СКЦ<sub>0</sub>) и — по всей длине (СС, ССА).

Основные характеристики опор в зависимости от их типа и несущей способности заносятся в их маркировку. Ранее выпускавшиеся опоры, находящиеся в эксплуатации, в маркировке содержали три группы обозначений: первая группа — буквенная, обозначала марку опоры, вторая — числовая — несущую способность в тс·м, третья — числовая — длину опоры. Например, СКЦ-4,5-13,6 обозначает «опора струнобетонная коническая центрифугированная, несущая способность 4,5 тс·м, длина 13,6 м».

Современные опоры имеют другую маркировку и обозначаются следующим образом: первая группа — буквенная, обозначает марку опоры, вторая — числовая — ее длину и толщину стенки, третья — числовая — номер по несущей способности, четвертая — вид применяемой арматуры, в пятую группу включаются буквы, определяющие условия применения опор. Например, СС 136.6-3-1Э обозначает «опора со смешанным армированием длиной 13,6 м, толщиной стенки 60 мм, третьей группы по несущей способности, с рабочей напряженной проволочной арматурой, предназначенной для применения на участках постоянного тока».

Под несущей способностью опор, обозначаемой в тс·м (кН·м) или номером, понимается величина изгибающего момента в уровне условного обреза фундамента, при котором в опоре отсутствуют поперечные трещины. В расчетах принято, что УОФ находится ниже УГР на 0,5 м или для опор длиной 10,8 и 13,6 м на расстоянии 9,6 м от вершины (рис. 8.3).

По несущей способности опоры разделяются на группы: 45 (1), 60 (2), 80 (3), 100 (4) и 120 (5) кН·м (в скобках — номер группы по несущей способности, указываемый в маркировке опор). Длина опор также стандартизирована: 10,0; 10,4; 10,8; 12,0; 13,6; 15,6 м.

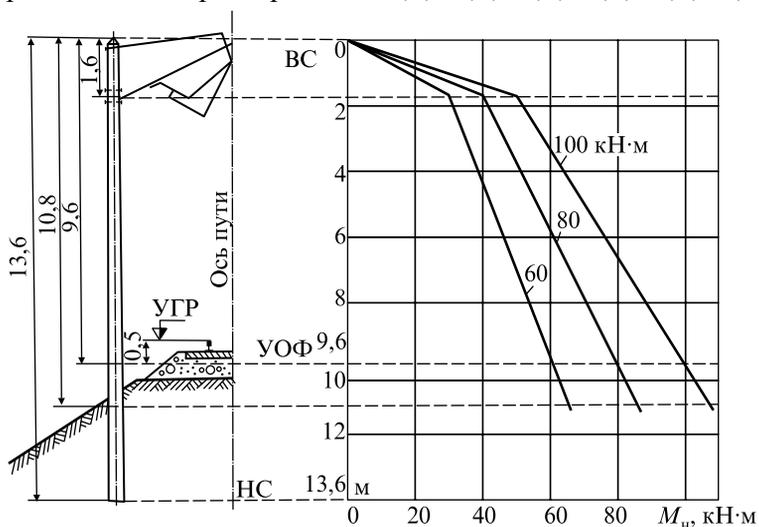


Рис. 8.3. Графики нормативных моментов  $M_n$  железобетонных опор длиной 10,8 и 13,6 м; ВС и НС — верх и низ стойки опоры

По климатическим условиям железобетонные опоры могут эксплуатироваться в районах с расчетной зимней температурой наиболее холодной пятидневки до  $-40^{\circ}\text{C}$  и выше, а также при температуре наиболее холодной пятидневки ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $-55^{\circ}\text{C}$ , причем в последнем случае в маркировку опор добавляется буква «М».

По условиям эксплуатации в агрессивной воздушной среде центрифугированные опоры могут эксплуатироваться в неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной среде без дополнительных защитных покрытий. При сильноагрессивной среде на нижнюю часть опоры должны наноситься покрытия, а в маркировку опор добавлена буква «К».

Железобетонные нераздельные опоры могут устанавливаться в обычных необводненных грунтах, а также в районах с наличием пучинистых грунтов и вечной мерзлоты. В последних случаях должны приниматься меры против выпучивания — в виде обмазок подземной части, анкеровки в вечномерзлом грунте. В особых условиях — обводненные и слабые грунты, торфяники — должны применяться раздельные опоры на фундаментах мелкого заложения (ТСН, ФКА) или на сваях. На скальных грунтах должны применяться в основном раздельные опоры на фундаментах типа ФС или на шпуровых\* фундаментах.

Железобетонные опоры могут применяться в сейсмических районах с балльностью до 9 баллов.

*Конструкция железобетонных центрифугированных опор* рассчитана на значительные нагрузки и тяжелые условия работы. Они представляют собой полые конические трубы, в стенке которых равномерно по всему периметру располагается продольная рабочая арматура (рис. 8.4). Для обеспечения длительной стойкости арматуры в бетоне без коррозии толщина защитного слоя бетона с наружной стороны опор составляет 23 мм. Продольная арматура объединена в каркас с помощью металлической спирали арматуры, навиваемой по всей длине арматуры. Для предотвращения растрескивания бетона при передаче на него усилий от предварительно-напряженной арматуры, в верхнем торце опор устанавливаются усиливающие кольца, а в нижнем — навивается три дополнительных витка спирали. По этой причине не допускается

---

\* Скважина малого диаметра, пробуренная в скальном грунте.

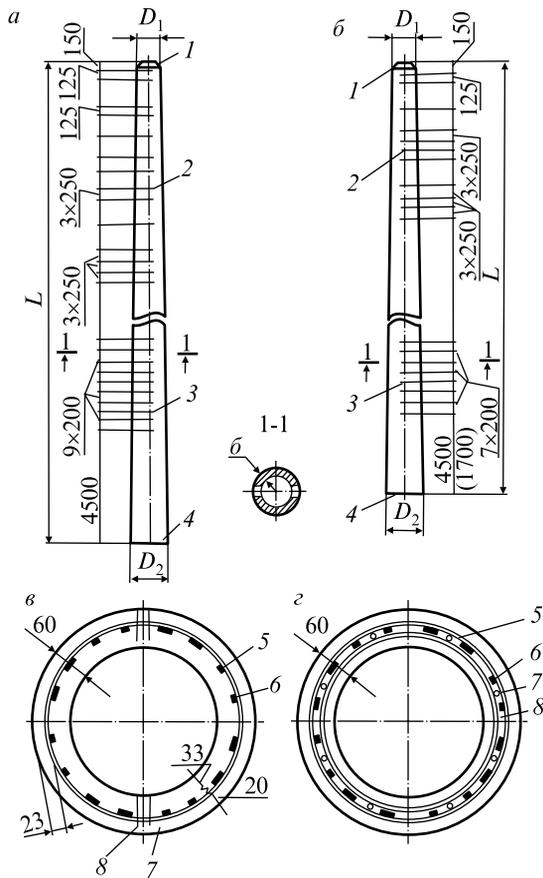


Рис. 8.4. Железобетонные опоры контактной сети: *а* — центрифугированные стойки типов С, СС, СО длиной 15,6 м; *б* — то же 13,6 м, 10,8 и 10,4 м; *в* — армированные стойки типа С; *г* — то же СС и СО; 1 — заглушка; 2 — отверстия диаметром 35 мм для закладных деталей; 3 — вентиляционные отверстия диаметром 24 мм; 4 — заглушка нижняя; 5 — спираль; 6 — струны из высокопрочной проволоки; 7 — стержневая арматура; 8 — монтажное кольцо  $D_1 = 290$  мм (для всех опор),  $D_2 = 446$  мм — для стоек длиной 10,4 м, 450 мм — для стоек длиной 10,8 м, 492 мм — для стоек длиной 13,6 м, 524 мм — для стоек длиной 15,6 м

укорачивание изготовленных опор. По всей длине опор с внутренней стороны для предотвращения стягивания каркаса при навивке спирали должны устанавливаться монтажные кольца.

Опоры изготавливаются из бетона по прочности на сжатие класса не ниже В30. При этом не допускается применение пластифицирующих и других добавок, изменяющих проводимость бетона. Бетон должен быть особо низкой проницаемости, иметь марку по морозостойкости для опор, эксплуатирующихся при расчетной зимней температуре до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  включительно, не менее F150, ниже  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (до  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) — не менее F200.

Под морозостойкостью понимается количество циклов замораживания и оттаивания бетона в водонасыщенном состоянии, при достижении которого прочность бетона снижается на 15 %.

Толщина стенки бетона для опор несущей способностью 45, 60 и 80 кН·м должна быть 60, для опор большей несущей способности — 75 мм.

Для армирования опор в качестве предварительно-напряженной рабочей арматуры может использоваться высокопрочная проволока периодического профиля диаметром 4—5 мм (в ранее выпускавшихся опорах СЖБК 2,5—3,0 мм), термоупрочненные стержни. Обычная арматура выполняется из горячекатаных стержней. Спиральная арматура выполняется из обычной проволоки периодического профиля диаметром не менее 4 мм, кольца — из обычной арматуры диаметром 6 мм.

Основными характеристиками опор являются их несущая способность, характеризуемая величиной изгибающего момента в уровне УОФ до образования поперечных трещин, и деформативность, или жесткость. Деформативность опор как конструкций, определяемая по величине прогиба в уровне контактного провода, является одним из показателей, от которого зависит устойчивость токосъема, и должна составлять: для опор несущей способностью до 79 кН·м — не более 100 мм; выше 79 кН·м — не более 125 мм.

В опорах всех типов должны предусматриваться отверстия: в верхней части — для установки закладных деталей, в нижней — вентиляционные отверстия для уменьшения перепадов температур снаружи и внутри опоры, выравнивания влажности внутренней полости и исключения конденсации влаги на внутренней поверхности опор. Отсутствие вентиляционных отверстий способствует ускоренному образованию в опорах продольных трещин.

В отверстия, расположенные в верхней части опор, закладывают болты, на которых крепят с помощью специальных деталей консоли, кронштейны и другие конструкции контактной сети и линии электропередачи. Такое крепление называют креплением на закладных деталях в отличие от крепления на хомутах в обхват опор.

В верхних отверстиях для закладных деталей устанавливают изолирующие элементы для предотвращения прямого контакта арматуры опор с закладными деталями контактной подвески. Для опор контактной сети постоянного тока в верхних отверстиях предусматривают двойную изоляцию. Первый уровень изоляции обеспечивают установкой закладных несъемных втулок в каждое отверстие до бетонирования опоры, второй уровень — установкой съемных удлиненных втулок в отверстия, где предусмотрены закладные детали для контактной подвески (рис. 8.5). На участках переменного тока в верхних отверстиях опор выполняют одиночную изоляцию: применяют только удлиненные втулки, а закладные втулки не устанавливают.

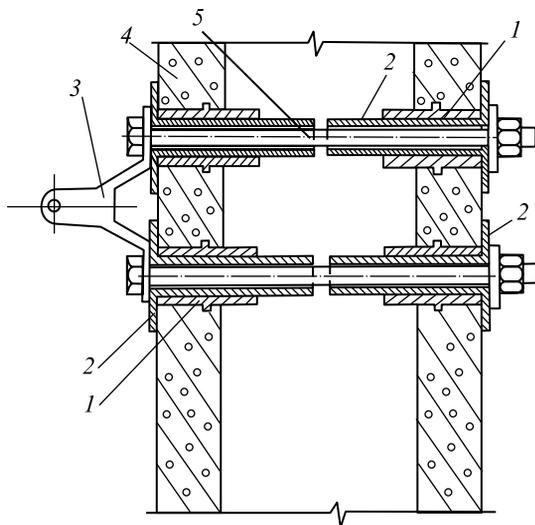


Рис. 8.5. Изолирующие втулки в стойках опоры: 1 — втулка изолирующая закладная; 2 — то же удлиненная; 3 — деталь крепления тяги консоли; 4 — опора; 5 — закладной болт

Изолирующие элементы в опорах контактной сети постоянно и переменного тока должны обеспечивать электрическую изоляцию закладных деталей от арматуры с сопротивлением не менее 10 000 Ом (при сухой поверхности бетона и закладных деталей).

Электрическое сопротивление измеряют на каждой опоре мегаомметром М1101 напряжением 500 В по схеме, приведенной на рис. 8.6. В старотипных опорах для измерения может быть использован выпуск заземляющей проволоки в вершине опоры, в новых опорах — диагностический проводник.

Ранее в опорах для контактной сети переменного тока заземляющий провод для присоединения отводов к рельсу и консолям закладывали в бетон стоек при их изготовлении. Такая схема заземления опоры в настоящее время не применяется из-за низкой надежности узлов подключения. Опоры на участках постоянного и переменного тока заземляют стальным прутком (спуском)

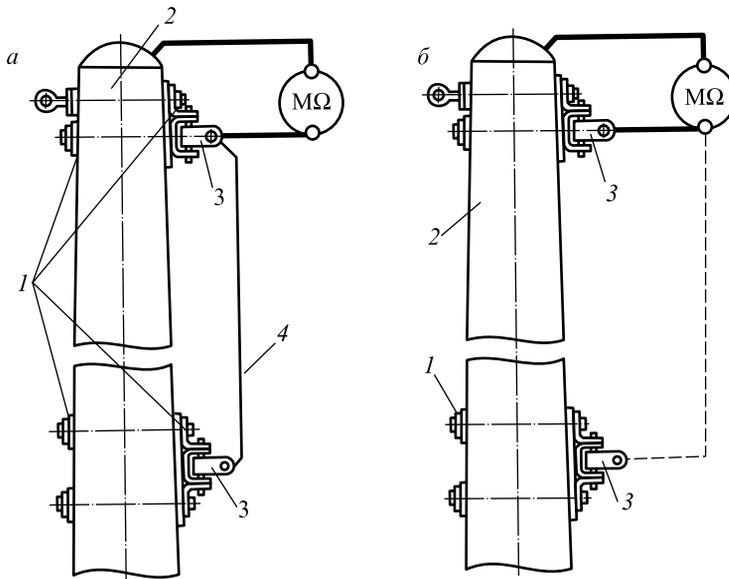


Рис. 8.6. Схема измерения полного электрического сопротивления: *a* — между закладными деталями и арматурой; *б* — между одной закладной деталью и арматурой; *1* — изолирующие элементы; *2* — опора; *3* — деталь; *4* — провод

диаметром не менее 12 и 10 мм соответственно, который прокладывается снаружи стоек; пруток должен быть изолирован от бетона стойки специальными прокладками и закреплен хомутами.

В последнее время широкое применение получили раздельные железобетонные опоры ССА (рис. 8.7), которые устанавливаются на клиновидные фундаменты ФКА.

Технические характеристики опор С, СС, СО, СП, СТ приведены в табл. 8.1, а опора ССА — в табл. 8.2.

Узел крепления стойки ССА к фундаменту ФКА показан на рис. 8.8, технические характеристики клиновидных фундаментов ФКА и анкеров КА приведены в табл. 8.3.

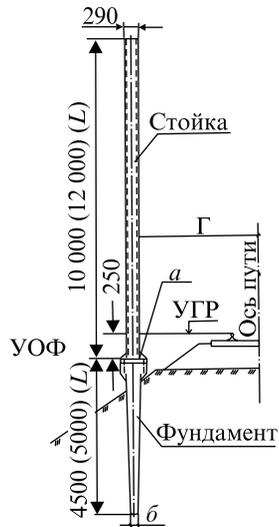


Рис. 8.7. Общий вид железобетонной консольной опоры контактной сети (стойки) ССА на фундаменте ФКА

Таблица 8.1

Технические характеристики опор С, СО, СС, СП, СТ

Обозначение несущей способности стоек	Марка стоек	Номинальный изгибающий момент, кН·м (тс·м)	Количество проволок при диаметре, мм		Диаметр стержней, мм
			Ø4	Ø5	
1	2	3	4	5	6
1	С 108.6-1 СО 108.6-1	44(4,5)	32	24	— 10
2	С 108.6-2	59(6,0)	48	32	—
	СО 108.6-2				—
	СС 108.6-2				12
	СП 104.6-2				12
	СТ 104.6-2				12
	С 136.6-2				—
	СО 136.6-2	12			
СС 136.6-2	12				
	СП 136.6-2	59(6,0)	—	—	12
	СТ 136.6-2				14

Окончание табл. 8.1

1	2	3	4	5	6
3	С 136.6-3	79 (8,0)	64	48	—
	СО 136.6-3				14
	СС 136.6-3				12
	СП 136.6-3				12
СТ 136.6-3	16				
4	С 136.7-4	98 (10,0)	—	56	—
	СО 136.7-4				14
	СС 136.7-4				14
	СП 136.7-4				14/16
СТ 136.7-4	16				
5	С156.6-5	49(5,0)	32	24	—
	СС156.6-5				12
6	С156.6-6	66(6,7)	48	32	—
	СС156.6-6				12
7	С156.6-7	88(9,0)	64	48	—
	СС156.6-7				12
8	С156.7-8	111(11,3)	—	56	—
	СС156.7-8				14

Таблица 8.2

## Технические характеристики опор ССА

Тип опоры	Размеры, мм (рис. 8.7)		Нормативный изгибающий момент, кН·м (тс·м)	Класс бетона	Количество проводов при диаметре, мм		Диаметр стержней, мм / масса, кг
	L	a			Ø4	Ø5	
ССА-100.6-3	10 000	435	79 (8,0)	В40	64	48	12 / 1,44
ССА-100.7-4			98 (10,0)		64	56	14 / 1,71
ССА-120.6-3	12 000	465	79 (8,0)		64	48	12 / 1,81
ССА-120.7-4			98 (10,0)		64	56	14 / 2,16

Таблица 8.3

## Технические характеристики клиновидных фундаментов и анкеров

Марка	Размеры, мм (рис. 8.7)		Расход материалов		Масса, кг
	L	b	бетон, м <sup>3</sup>	сталь, кг	
1	2	3	4	5	6
ФКА-98-4,0	4000	205	0,88	102,70	2200
ФКА-117-4,0	4000	205	0,88	124,42	2220

1	2	3	4	5	6
ФКА-98-4,5	4500	180	0,94	115,10	2360
ФКА-117-4,5	4500	180	0,94	139,58	2390
ФКА-98-5,0	5000	155	1,0	133,8	2490
ФКА-117-5,0	5000	155	1,0	161,04	2520
КА-4,0	4000	205	0,88	115,08	2200
КА-4,5	4500	180	0,94	127,48	2360
КА-5,0	5000	155	1,0	144,44	2490

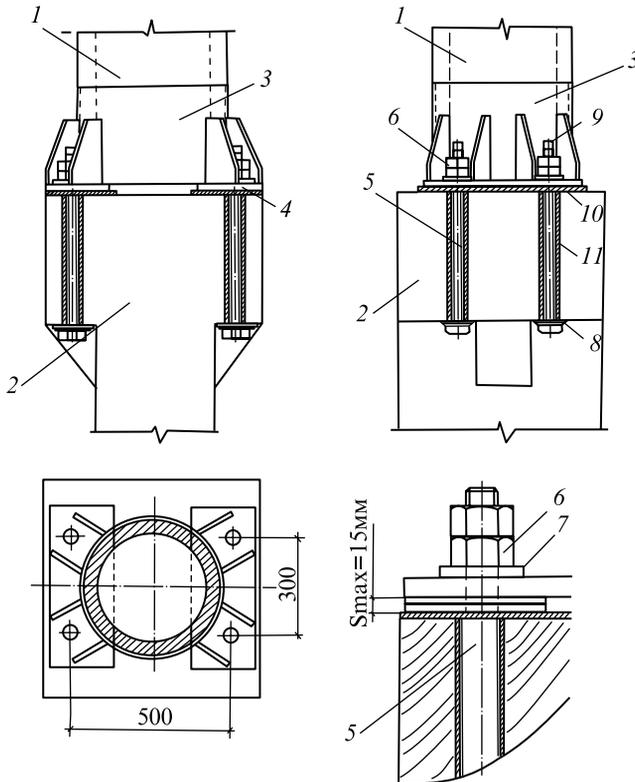


Рис. 8.8. Узел крепления стойки к фундаменту: 1 — стойка; 2 — фундамент; 3 — стальное опорное кольцо; 4 — опорная пластина; 5 — анкерный болт (шпилька); 6 — гайка М-36; 7 и 8 — шайба регулировочная и изолирующая; 9 — колпачок изолирующий; 10 и 11 — изолирующие пластина и втулка

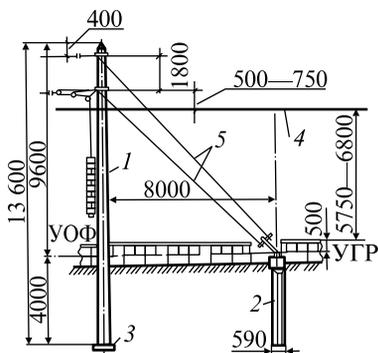


Рис. 8.9. Анкерная железобетонная опора с оттяжками со стойкой длиной 13,6 м: 1 — стойка опоры; 2 — анкер; 3 — опорная плита; 4 — уровень рабочего контактного провода; 5 — оттяжки

ленные несущей способностью опоры, а в продольном направлении вдоль проводов с учетом работы оттяжки нагрузка может быть значительно увеличена и определяется проектом.

Железобетонные анкерные опоры с оттяжками маркируют так же, как и обычные промежуточные. Например, опора со стойкой СКЦ-10-13,6 обозначается СКЦ-10-40-13,6; такая опора рассчитана на нормативный изгибающий момент перпендикулярно оси пути 100 кН·м, а в плоскости анкеровки — на условный момент 400 кН·м (т.е. сумма изгибающих моментов от натяжения заанкерованных на опоре проводов относительно условного обреза фундамента не должна превышать 400 кН·м).

### 8.3. Металлические опоры

В настоящее время на сети железных дорог России находятся в эксплуатации различные типы металлических опор контактной сети, разработанные в различные годы проектными институтами (рис. 8.10).

Стальные опоры и другие конструкции контактной сети проектируют и изготавливают с соблюдением требований строительных норм и правил (СНиП). Для их изготовления используют малоуглеродистые стали обыкновенного качества, а также низколегированные конст-

Анкерные опоры (рис. 8.9) образуют из промежуточных опор с добавлением одной или двух металлических оттяжек, закрепляемых на железобетонном анкере. Стойки опор длиной 13,6 м устанавливают на специальные опорные плиты, воспринимающие вертикальные нагрузки. Оттяжки изготовливают из отдельных звеньев круглого прутка диаметром 20 или 24 мм. В поперечном направлении по отношению к пути такие опоры могут воспринимать нагрузки, обуслов-

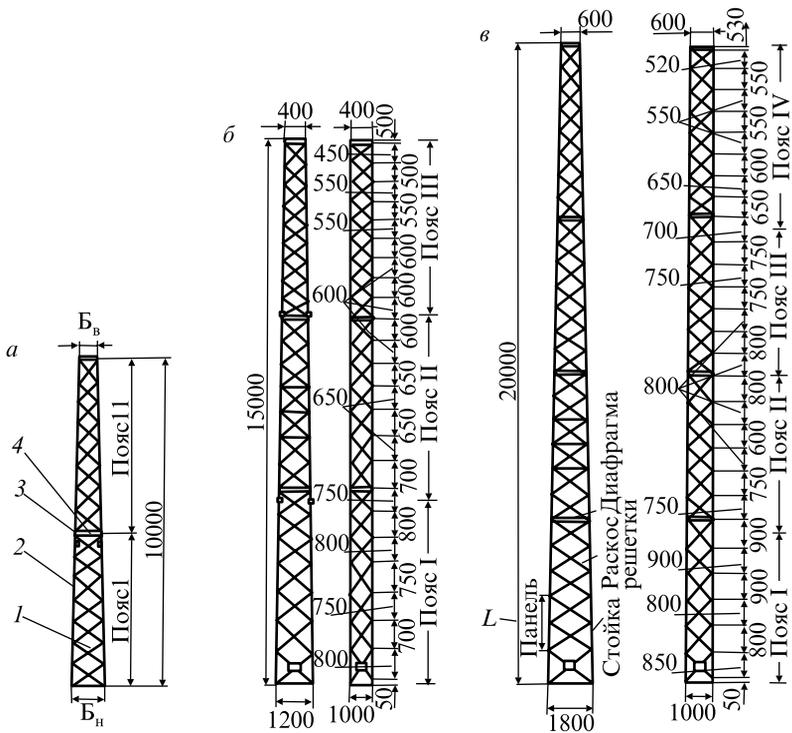


Рис. 8.10. Металлические опоры контактной сети высотой 10 (а), 15 (б) и 20 (в) м из двух, трех и четырех поясов соответственно; 1 — раскос решетки; 2 — стойка пояса; 3 — соединительная стыковая накладка; 4 — диафрагма;  $B_B$ ,  $B_H$  — база наверху и внизу плоскости большего момента;  $L$  — длина панели

рукционные стали. Марку стали выбирают в зависимости от расчетной отрицательной температуры (зимняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки) и толщины используемого проката.

Для контактной сети и ВЛ ПЭ нетяговых потребителей рекомендуется на побережье морей и озер и других водохранилищ на расстоянии до 0,5 км, а также на участках с сейсмичностью более 9 баллов применять стальные опоры из низколегированной стали, окрашенные за два раза суриком или равноценным заменителем.

Все стальные конструкции контактной сети и ВЛ распределяют по группам. Конструкции и элементы несущих, поддерживающих и фиксирующих устройств, изготавливаемые с применением сварки, гнутья или штампования, такие, как опоры, жесткие поперечины, кронштейны ВЛ и дополнительных проводов (кроме тяг из круглого прутка), кронштейны анкерных оттяжек, стойки консольные и фиксаторные, стойки-надставки для опор и жестких поперечин, траверсы переходных опор, фиксаторы и фиксаторные кронштейны, коромысла анкерных, отнесены к группе IV. Группы стальных конструкций, для которых используются металлы, обозначаются классами. В обозначении класса прочности стали: в числителе — временное сопротивление  $\sigma_B$ , в знаменателе — предел текучести  $\sigma_T$ , даН/см<sup>2</sup>. Например, классу С44/29 соответствуют стали с временным сопротивлением  $\sigma_B = 44$  даН/см<sup>2</sup> и пределом текучести  $\sigma_T = 29$  даН/см<sup>2</sup>. Стали класса С38/23 имеют расчетное сопротивление на растяжение, сжатие и изгиб 2100 даН/см<sup>2</sup>, класса С44/29 — 2600 и С46/33 — 2900 даН/см<sup>2</sup>.

По конструкции металлические опоры контактной сети разделяют на сквозные и сплошные. Первые представляют собой пространственные фермы, выполняемые обычно из уголков или швеллеров; ко вторым относят опоры, изготовленные из широкополочных двутавров или труб большого диаметра (15—25 см). Основным преимуществом сквозных конструкций является их меньшая масса, но они более сложны в изготовлении. Опоры сплошной конструкции просты в изготовлении, но требуют большего (на 100—250 %) расхода металла по сравнению с опорами сквозной конструкции.

Форму металлической опоры (пирамидальную, призматическую) выбирают в зависимости от конфигурации опоры изгибающих моментов. При небольшой разнице между изгибающими моментами в основании и в вершине опоры выбирают призматическую форму. При треугольной опоре, на которую рассчитывают опоры гибких поперечин, более целесообразна пирамидальная форма.

*Опоры гибких поперечин* представляют собой пространственные конструкции в виде четырехгранных ферм пирамидальной формы (рис. 8.11). В углах таких ферм имеются стойки из угловой стали. Раскосы 2 решетки соединяют со стойками 1 сваркой. Опоры собирают из трех-четырёх поясов, площадь сечения которых уменьшается по мере снижения изгибающего момента.

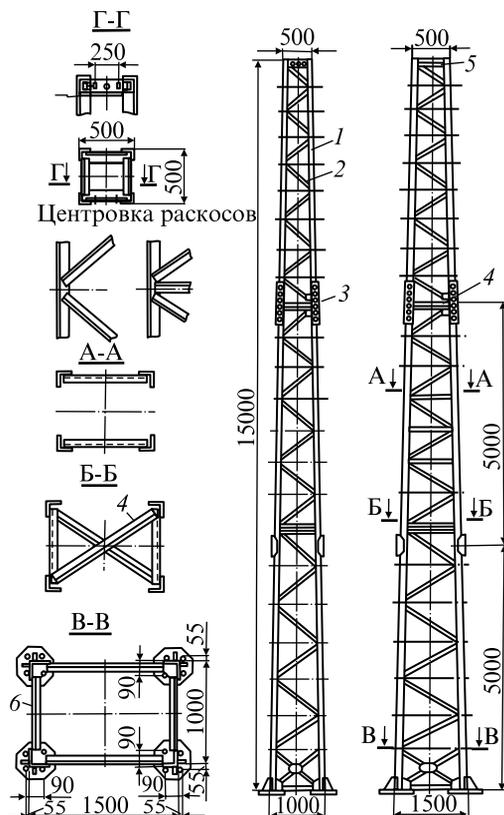


Рис. 8.11. Металлическая опора гибкой поперечины высотой 15 м

У каждого стыка 3 устанавливают диафрагмы 4, представляющие собой расположенные накрест два горизонтальных уголка, соединяющие все четыре стойки. Наверху опоры имеют жесткую обвязку 5 с отверстиями для крепления поперечных несущих тросов. Внизу опор устраивают основания 6, с помощью которых соединяют опоры с фундаментами. В местах крепления фиксирующих тросов к стойкам приварены специальные распорки.

Для гибких поперечин, перекрывающих до 10 путей, применяют обычно опоры высотой 15 м, более 10 путей — высотой 20 м. Стойки (пояса) металлических опор контактной сети выполняют по высоте опоры из

угловой стали различного сечения. Уголки длиной 5 м (размер, кратный высоте большинства опор) в пределах одной марки (разъемной части опоры) стыкуют с помощью электросварки без стыковых накладок. Для обеспечения транспортировки опор длиной 15 и 20 м на одной четырехосной платформе стык двух марок выполняют болтовым.

С целью экономии металла опоры гибких поперечин обычно выполняют направленными (обозначают МН — металлическая направленная), т.е. рассчитывают на приложение нормативной нагрузки только с одной определенной стороны опоры. В этом случае две стойки опоры, которые работают только на растяжение, принимают меньшей площади сечения, чем две другие, работающие на сжатие с продольным изгибом. Это дает экономию металла на стойки в среднем 4—5 % по сравнению с ненаправленными опорами (обозначают просто М). В самых мощных опорах, например МН-105/20 и МН-150/20 (цифры в числителе обозначают нормативный изгибающий момент, тс·м, в основании опоры в плоскости действия нагрузки, в знаменателе — высоту опоры, м), кроме стоек направленными выполнены также раскосы решетки; это дает дополнительную экономию металла 3—4 %. Для менее мощных опор гибких поперечин применение направленной решетки дает сравнительно небольшую экономию металла, которая не оправдывается увеличением количества деталей и усложнением изготовления. Направленные опоры в сторону пути допускают нагрузку меньшего значения также и в перпендикулярном направлении.

Промежуточные опоры гибких поперечин, допускающие нагрузку в одной плоскости, изготавливают высотой 15 м на нормативные изгибающие моменты в основании опоры 350, 450 и 650, а опоры высотой 20 м — на 650, 1050 и 1500 кН·м. Анкерные направленные опоры гибких поперечин  $M \frac{45-25}{15}$  и  $M \frac{65-25}{15}$  изготавливают высотой 15 м. Они рассчитаны на действие нагрузок в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: в плоскости гибкой поперечины соответственно на 450 и 650 кН·м, в плоскости анкерной проволоки — на 250 кН·м.

Опоры гибких поперечин используют и в качестве опор питающих и отсасывающих линий, а также опор ВЛ напряжением 6—35 кВ.

Опору  $M \frac{65-25}{15}$  можно использовать в качестве угловой питающей

линии, она допускает нагрузки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на вершине опоры. Для установки двухпутных консолей ранее применялись промежуточные металлические ненаправленные опоры высотой 13 м типов  $M\frac{10}{13}$  и  $M\frac{15}{13}$  на нормативные изгибающие моменты соответственно 100 и 150 кН·м. Такие опоры используют также в качестве промежуточных опор питающих линий, так как они ненаправленные и не имеют ограничений по высоте приложения нагрузок.

Для установки на станциях в местах, где невозможно расположить железобетонные опоры с оттяжками или необходимо анкеровать более одной цепной подвески на опору, применяется анкерная металлическая самонесущая (без оттяжек) консольная опора высотой 10 м  $M\frac{10-40}{10}$  типа. Она рассчитана на одновременное действие двух изгибающих моментов: в плоскости, параллельной оси пути, — 400 кН·м, перпендикулярной оси пути — 100 кН·м. При отсутствии изгибающего момента поперек пути изгибающий момент вдоль пути может быть увеличен до 550 кН·м. Опора  $M\frac{10-40}{10}$  может быть применена в качестве угловой питающей линии.

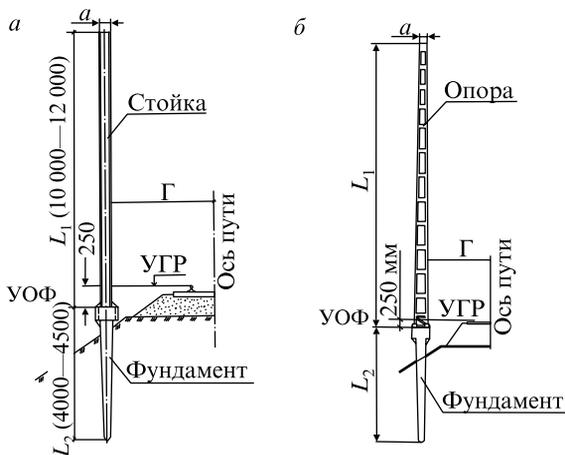


Рис. 8.12. Общий вид металлической консольной опоры (стойки) контактной сети из широкополочного двутавра МД (а) и коробчатой двухшвеллерной опоры контактной сети (стойки) МК (б) на фундаменте ФКА:  $L_1$  — длина стойки;  $L_2$  — длина фундамента;  $\Gamma$  — габарит опоры;  $a$  — ширина двутавра (294; 300)

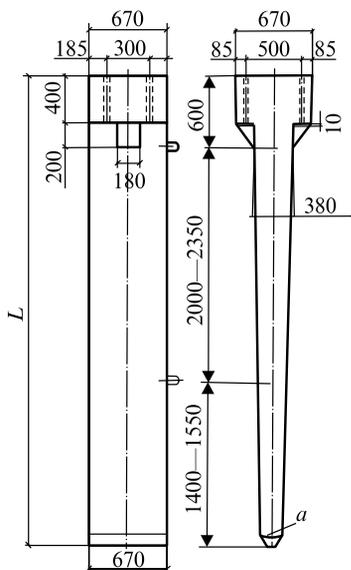


Рис. 8.13. Фундамент ФКА:  
L — длина фундамента

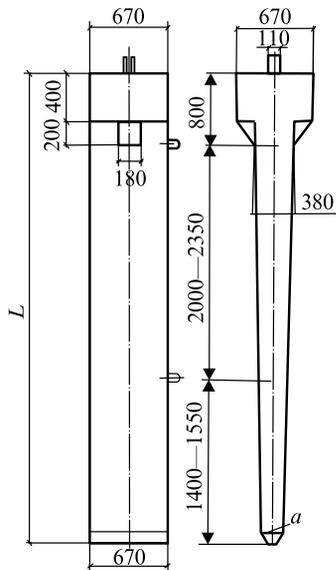


Рис. 8.14. Клиновидный анкер КА:  
L — длина анкера

Разработаны принципиально новые конструкции металлических опор контактной сети МД (рис. 8.12, а) из широкополочного двутавра и МК (рис. 8.12, б) — коробчатые двухшвеллерные, которые устанавливаются на фундаментах ФКА (рис. 8.13), а также трубчатые МТП, МТА. Основные технические данные металлических опор МД приведены в табл. 8.4, МК — в табл. 8.5. Клиновидные анкеры КА показаны на рис. 8.14. Основные технические данные фундаментов ФКА и клиновидных анкеров КА приведены в табл. 8.5. Узел крепления опоры МК к фундаменту ФКА (аналогичный и для опоры МД) приведен на рис. 8.15.

Таблица 8.4

Металлические консольные опоры из широкополочного двутавра (рис. 8.12, а)

Тип опоры	Размеры, мм		Масса, кг
	L	a	
1	2	3	4
МД-10-79	10 000	294	620,4
МД-10-98		300	738,4
МД-10,5-79	10 500	294	648,4
МД-10,5-98		300	772,7

1	2	3	4
МД-11-79	11 000	294	677,2
МД-11-98		300	807,0
МД-11,5-79	11 500	294	705,6
МД-11,5-98		300	841,3
МД-12-79	12 000	294	734,0
МД-12-98		300	875,6

Таблица 8.5

## Металлические коробчатые двухшвеллерные опоры (рис. 8.12, б)

Тип опоры	Высота опоры, м	Изгибающий момент, тм	Тип швеллера	Размер швеллера, мм	Масса, кг
МК-10	10	10	гнутый	200×80×6	420
МК-12	12	10	гнутый	200×80×6	490
МК-10	10	8	гнутый	200×80×6	420
МК-12	12	8	гнутый	200×80×6	480
МК-10	10	6	гнутый	180×80×6	340
МК-12	12	6	гнутый	180×80×6	390
МК-10	10	10	прокат	180×70×5,1	440
МК-12	12	10	прокат	180×70×5,1	500
МК-10	10	8	прокат	180×70×5,1	430
МК-12	12	8	прокат	180×70×5,1	500
МК-10	10	6	прокат	160×68×5	400
МК-12	12	6	прокат	160×68×5	470

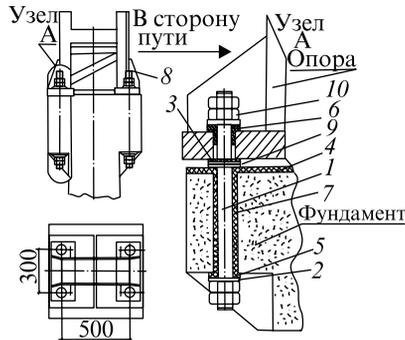


Рис. 8.15. Узел крепления опоры МК к фундаменту ФКА: 1 — шпилька; 2 — металлическая шайба; 3, 5 — изолирующие шайбы; 4 — пластина изолирующая; 6, 7 — втулки изолирующие; 8 — колпачок изолирующий; 9 — шайба регулировочная; 10 — гайка

Во всех опорах база отверстий под анкерные болты —  $300 \times 500$  мм. Высота опор — 10 и 12 м, несущая способность в направлении, перпендикулярном оси пути — 60, 80 и 10 кН·м (6, 8 и 10 тс·м). Анкерные опоры имеют ту же конструкцию, что и промежуточные.

Применение раздельной конструкции опор позволяет обеспечить: повышение устойчивости опор в грунте, исключение резонансных явлений в опорах, регулировку угла наклона, оперативную замену при повреждении стойки, повышение уровня защиты от электрокоррозии, увеличение срока службы, минимальные затраты на техническое обслуживание в процессе их эксплуатации.

На опорах предусматривается установка реперных знаков системы взаимного контроля положения пути и контактной подвески.

Длина фундаментов и анкеров составляет 4,5—5,0 м и определяется из условия обеспечения устойчивости опор в различных грунтах. Несущая способность фундаментов соответственно 10—12 тс·м. Конструкция фундамента и анкера позволяет погружать их в грунт с помощью механизированных агрегатов вибропогружения АВФ (АВСЭ).

#### **8.4. Основные положения расчета и подбора опор**

*Расчет опор* контактной сети включает в себя два этапа:

- разработка типовой конструкции опор, определение их геометрических параметров, несущей способности и условий применения;
- подбор требуемых для электрифицируемых участков типовых опор, исходя из предполагаемых условий эксплуатации (нагрузки, условия обеспечения устойчивости в грунте, климатические и другие условия).

Первый этап решается на уровне научно-исследовательских и предпроектных работ, второй — при проектировании электрифицируемой линии.

Расчет конструкций опор контактной сети в соответствии с действующими нормативными документами должен осуществляться по методу *предельного состояния*, т.е. состояния, при котором конструкция перестает удовлетворять эксплуатационным требованиям и разрушается или выходит из строя.

Железобетонные опоры должны рассчитываться по двум группам предельного состояния:

- по *несущей способности* (прочности или устойчивости);
- по *деформациям (жесткости)*, образованию поперечных трещин и предельному их раскрытию.

Задача расчета сводится к обеспечению гарантий для данной конструкции по исключению того или иного ее предельного состояния в период эксплуатации. При этом расчет (по предельным состояниям первой группы по несущей способности) является основным и производится для всех железобетонных опор, а по предельным состояниям второй группы (по деформациям) — выполняются лишь из-за необходимости обеспечения требуемого прогиба конструкций на уровне подвески контактного провода.

Расчет по этому же предельному состоянию на трещиностойкость опор выполняется с целью предотвращения образования поперечных трещин в опорах, исключения возможности возникновения коррозии арматуры (особенно высокопрочной) в трещинах, обеспечения высокой жесткости (деформативности) опор.

При расчете конструкций по предельным состояниям вводятся понятия нормативной и расчетной нагрузки, нормативного и расчетного сопротивления бетона и арматуры, коэффициентов условий работы.

Под *нормативной нагрузкой* понимается такая нагрузка, которая соответствует условиям нормативной эксплуатации и называется также эксплуатационной. Она определяется на основании опыта эксплуатации, расчетов, метеорологических наблюдений и т.д. Однако нормативная нагрузка в силу ряда обстоятельств может быть превышена. Возможное превышение нормативной нагрузки, ее изменчивость при расчетах учитывается коэффициентами перегрузки «*n*». Эти коэффициенты устанавливаются дифференцированно для каждого рода нагрузок. Например, для собственного веса бетона коэффициент перегрузки установлен в размере 1,1; для снеговой нагрузки — 1,4; для гололедных нагрузок — 2,0.

При умножении нормативной нагрузки на коэффициент перегрузки получается *расчетная нагрузка*. Превышение расчетных нагрузок при эксплуатации недопустимо.

Расчет опорных конструкций по предельному состоянию первой группы производится на расчетные нагрузки, по предельным состояниям второй группы (деформации и трещиностойкости) — на нормативные.

Механические свойства материалов железобетонных опор характеризуются двумя величинами: нормативными и расчетными сопротивлениями бетона и арматуры.

За нормативное сопротивление бетона и стали принимается та величина сопротивления, которая проверяется контрольными испытаниями. Расчетные сопротивления бетона и арматуры для предельных состояний первой и второй группы определяются путем деления нормативных сопротивлений на коэффициент надежности, который учитывает изменчивость свойств материалов. В отдельных случаях для учета особенностей свойств бетона, длительности действия нагрузок, условий и стадий работы конструкций, размера сечения и т.п. расчетное сопротивление материалов умножается на коэффициенты условий работы.

В общем виде формула для расчета несущей способности изгибаемых опор:

$$M = \Phi (m, R_{\sigma}, R_a, S),$$

где  $M$  — изгибающий момент;

$\Phi$  — функция;

$m$  — вводимые в расчет коэффициенты;

$R_{\sigma}$  и  $R_a$  — расчетные сопротивления бетона и арматуры;

$S$  — геометрические характеристики сечения.

Металлические опоры контактной сети рассчитываются так же, как и железобетонные, по двум предельным состояниям: по несущей способности и по деформативности.

При расчете по несущей способности учитываются расчетные нагрузки и расчетные сопротивления стали. Последние определяются путем деления нормативных сопротивлений стали на коэффициенты надежности.

Расчет деформативности опор осуществляется на нормативные нагрузки. При этом расчет должен вестись из условий упругой работы конструкции. Формула для расчета прочности:

$$\frac{M}{W_{n \min}} = R_y Y_e,$$

где  $M$  — расчетный изгибающий момент;

$W_{n \min}$  — момент сопротивления сечения;

$R_y$  — расчетное сопротивление стали изгибу по пределу текучести;

$Y_e$  — коэффициент условий работы.

Изменение упругого прогиба консольных опор на уровне контактного провода (без учета поворота фундамента) не должно превышать 65 мм, а упругого прогиба вершины опор гибких поперечин должно быть не более  $1/150$  их высоты.

**Выбор опор** из имеющихся типовых производят по прочности и по геометрическим размерам (высоте и размерам в плане), применительно к конкретным условиям. Поскольку в маркировке типовых опор контактной сети указаны нормативные изгибающие моменты  $M_n$ , то опоры подбирают по действующим на опоры изгибающим моментам  $M_\phi^H$  от нормативных нагрузок, подсчитанных для заданных условий установки опор, для чего составляют расчетные схемы, на которых показывают нагрузки, действующие на опоры при соответствующих режимах, и все необходимые для проведения расчетов размеры.

Тип стойки консольной железобетонной опоры подбирают сравнением действующих на нее перпендикулярно оси пути нормативных изгибающих моментов по графикам (см. рис. 8.3.). Действующие моменты  $M_\phi^H$  в расчетных сечениях опоры на уровне УОФ и на уровне крепления пяты консоли не должны превышать нормативные моменты  $M_n^H$ , т.е. должно выполняться условие  $M_\phi \leq M_n$ .

*Расчетным режимом при подборе консольных и фиксирующих опор* может быть:

- ветер наибольшей интенсивности, действующий на провода, свободные от гололеда или изморози;
- наибольшая вертикальная нагрузка с учетом веса гололеда или изморози при одновременном воздействии ветра на провода, покрытые гололедом или изморозью;
- минимальная температура при отсутствии гололеда и ветра.

Нормативные нагрузки для заданных условий от веса проводов, гололеда на них и воздействия ветра на провода и нагрузки на опору от изменения направления проводов находят по формулам, приведенным в главе 7 и приложении 8. Поскольку направление ветра может быть любым, то при подборе опор его принимают таким, при котором изгибающие моменты от ветровых нагрузок на провода и опору в расчетных сечениях получаются наибольшими. Равномерно распределенные нагрузки от веса консоли и кронштейна обычно заменяют сосредоточенными нагрузками, приложенными соответственно в середине горизонтальной проекции консоли или кронштейна.

Нагрузку от давления ветра на опоры СКЦ и СКЦ<sub>о</sub> считают приложенной в точке, находящейся на расстоянии  $S$  высоты опоры от УОФ:  $h_{\text{оп}} = 0,5 \cdot 9,6 = 4,8$  м, и находят по формуле

$$P_{\text{оп}} = c_x \frac{v^2}{16} S_{\text{оп}},$$

где  $c_x$  — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления;

$v$  — расчетная скорость ветра, м/с;

$S_{\text{оп}}$  — площадь диаметрального сечения опоры, м<sup>2</sup>, для опор СКЦ, СКЦ<sub>о</sub>  $S_{\text{оп}} = (0,29 + 0,43) \cdot 9,6 : 2 = 3,46$  м<sup>2</sup>.

Изгибающий момент в основании железобетонной опоры (на уровне УОФ) от давления ветра на опору

$$M_{\text{оп}} = P_{\text{оп}} h_{\text{оп}}.$$

Подставляя соответствующие значения входящих в нее величин, получают

$$M_{\text{оп}} = 0,577 \cdot 10^{-3} v^2.$$

*Расчетным режимом для подбора опор гибких поперечин*, как правило, является режим гололеда с ветром, при котором поперечный несущий трос имеет наибольшее натяжение. Расчетным сечением всегда является основание опоры. Опоры гибких поперечин подбирают по изгибающим моментам относительно основания опоры от горизонтальных составляющих натяжений поперечного несущего троса  $H_{\text{п}}$ , верхнего  $H_{\text{ф в}}$  и нижнего  $H_{\text{ф н}}$  фиксирующих тросов и нагрузки от давления ветра на опору  $P_{\text{оп}}$  по формуле

$$M_0 = H_{\text{п}} h_{\text{п}} + H_{\text{ф в}} h_{\text{ф в}} + H_{\text{ф н}} h_{\text{ф н}} + P_{\text{оп}} h_{\text{оп}}.$$

При подборе опор гибких поперечин считают, что нагрузка от поперечного несущего троса приложена на вершине опоры  $h_{\text{п}} = 15$  м или  $h_{\text{п}} = 20$  м (для опор соответственно высотой 15 и 20 м); от верхнего фиксирующего троса — в точке на высоте  $h_{\text{ф в}} = 9,9$  м; от нижнего фиксирующего троса — на высоте  $h_{\text{ф н}} = 7,4$  м или  $h_{\text{ф н}} = 7,5$  м (для опор высотой 20 м); от давления ветра на опору — на высоте  $S h_{\text{п}}$ , т.е.  $h_{\text{оп}} = 0,5 \cdot 15 = 7,5$  м или  $h_{\text{оп}} = 0,5 \cdot 20 = 10$  м (для опор высотой 20 м).

Нагрузку от давления ветра на решетчатую опору гибкой поперечины определяют с учетом коэффициента  $c_x = 1,4$  и  $S_{\text{оп}} = \varphi_{\text{оп}} S$ , где  $S$  — площадь поверхности стороны опоры, определенная по ее наружному габариту, м<sup>2</sup> (размеры опор см. рис. 8.11);

$\varphi_{\text{оп}} = 0,5 \div 0,6$  — коэффициент, учитывающий заполнение стойками и раскосами площади поверхности стороны опоры, на которую воздействует ветровая нагрузка.

Металлические опоры контактной сети также подбирают по нормативным изгибающим моментам. Чтобы учесть в обобщенном виде изменчивость нагрузок в различных климатических районах и их сочетания нормативные изгибающие моменты, полученные в результате расчетов, умножают на коэффициент  $k$ , т.е. должно выполняться условие  $M_{\text{фк}}^{\text{н}} \leq M^{\text{н}}$ . Значения коэффициента  $k$ , принимаемые при подборе опор гибких поперечин, приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6

**Значение коэффициента  $k$  при подборе опор гибких поперечин**

Направление нагрузок	Коэффициент $k$ при расчетных режимах				
	Гололед 5—10 мм с ветром	Гололед 15 мм с ветром	Гололед 20 мм с ветром	Максимальный ветер	Минимальная температура
В плоскости действия нагрузок:					
от поперечины	0,85	0,93	0,95	0,85	0,85
от анкеровки	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84

Например, на опору гибкой поперечины высотой 20 м в районе с гололедом 10 мм действуют в режиме гололеда с ветром нормативный изгибающий момент  $M_{\text{ф}}^{\text{н}} = 712$  кН·м. Умножив этот момент на коэффициент  $k = 0,85$ , получим  $M_{\text{ф}}^{\text{н}} = 712 \cdot 0,85 = 605$  кН·м. Следовательно, может быть выбрана опора гибкой поперечины, поскольку  $605 < 650$  кН·м.

Порядок расчета и пример подбора промежуточной консольной железобетонной опоры для конкретных условий с расчетом нагрузок приведен в приложении 8.

## 8.5. Общие сведения о грунтах

Грунты подразделяют на скальные и нескальные. К *скальным* грунтам относят изверженные и осадочные породы с жесткими связями между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива. К *нескальным* грунтам относят:

*крупнообломочные* — нецементированные грунты, содержащие более 50 % по массе обломков кристаллических или осадочных пород с размерами частиц более 2 мм;

*песчаные* — сыпучие в сухом состоянии грунты, содержащие менее 50 % по массе частиц крупнее 2 мм и не обладающие свойством пластичности (грунт не раскатывается в шнур диаметром 3 мм или число пластичности его  $l_p < 0,01$ );

*глинистые* — связные грунты, для которых число пластичности  $l_p \geq 0,01$ .

Числом пластичности грунта  $l_p$  называют разность влажностей, выраженных в долях единицы, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести  $W_L$  и на границе раскатывания (пластичности)  $W_p$ .

Глинистые и песчаные грунты условно называют «обычными».

К *особым видам грунтов* относятся:

*лёссовидные* грунты — пылеватые суглинки, содержащие большое количество пылеватых частиц, известь; имеющие пористость 40 % и более, плотность 1,2—1,6 т/м<sup>3</sup>;

*торф* — органический грунт, состоящий из разложившихся растений; торф встречается как в чистом виде, так и вместе с илом; при содержании в грунте растительных остатков 10—60 % и более 60 % соответственно различают: грунт с примесью растительных остатков, заторфованный грунт и торф;

*плывуны* — грунты в виде водонасыщенной массы, состоящей из частиц размером 0,02—0,002 мм; высыхая, пливуны становятся твердыми, а при появлении влаги возвращаются в прежнее состояние.

Грунты всех видов относятся к мерзлым, если имеют отрицательную температуру и содержат в своем составе лед. Грунты называют *вечномерзлыми*, если они находятся в мерзлом состоянии в течение многих лет (от трех и более).

## 8.6. Способы закрепления опор в грунте

Опоры контактной сети могут быть закреплены в земле непосредственной заделкой их нижней (фундаментной) части в грунт или с использованием различных фундаментов — массивных элементов, заглубляемых в землю.

Все металлические, а также железобетонные опоры ССА закрепляются на фундаментах; все железобетонные опоры длиной 13,6 м и 15,6 м — как правило, в грунт, иногда в стаканные фундаменты, длиной 10,4; 10,8 — как правило, в стаканый фундамент, в необходимых случаях — в грунт. Действующие на опору нагрузки передаются на грунт. При этом напряжения в грунте должны быть такими, чтобы грунт вокруг опоры не разрушался, а опора не наклонялась, иначе невозможна нормальная эксплуатация контактной сети.

Все типы и виды устройств, обеспечивающие устойчивость опоры, называют закреплениями опор в грунте. Если такое устройство состоит из нескольких отдельных частей, то под закреплением опоры понимают совокупность всех этих частей.

Часть грунта, воспринимающую давление фундамента, называют *основанием*, при этом основания, грунт которых используется в естественном состоянии, называют естественными. Если для повышения несущей способности основание уплотняют или упрочняют, его называют искусственным (например, свайным). Основаниями фундаментов опор контактной сети служат грунты в естественном состоянии.

Расстояние от подошвы фундамента до поверхности грунта в месте его установки называют *глубиной заложения* фундамента (глубиной заделки опор — при непосредственной установке ее в грунт). Глубину заложения фундамента (заделки) определяют расчетом; наименьшее ее значение ограничивают экономическими и техническими соображениями, а также условиями промерзания грунта.

За расчетную поверхность грунта при расчете одиночного фундамента принимают горизонтальную плоскость, проходящую через точку пересечения вертикальной оси фундамента с поверхностью грунта, а при наличии насыпного неуплотненного слоя (песчаный балласт, шлак и пр.) — с нижней поверхностью этого слоя.

Проектированию закреплений опор контактной сети в грунте предшествуют геологические и гидрогеологические изыскания, на основании которых определяют физические и механические характеристики грунтов.

Существующие способы закрепления опор контактной сети в грунте можно разделить на две основные группы: закрепления, в которых подземная часть опоры или фундамент работают на выворачивание

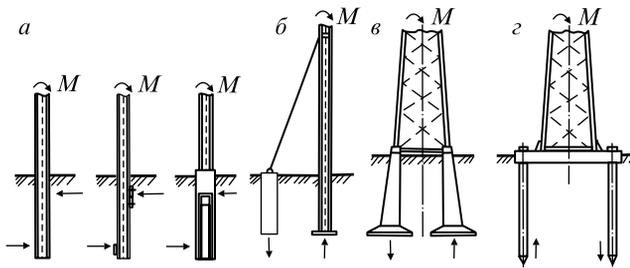


Рис. 8.16. Схемы различных способов закрепления опор: *a* — непосредственное и на одиночных фундаментах в грунт; *б* — с помощью анкера; *в* — на двух или четырех фундаментах; *г* — на сваях

(рис. 8.16, *a*), и закрепления, в которых часть фундаментов работает на выдергивание из грунта, а другие — на вдавливание в него (рис. 8.16, *б*, *в*, *г*). Закрепления опор по схемам (см. рис. 8.16, *a*) в основном применяют для консольных опор и опор жестких поперечин, несущих сравнительно небольшие нагрузки и передающих небольшие усилия на грунт; схемы (см. рис. 8.16, *б*, *в*, *г*) используют для консольных, анкерных и опор гибких поперечин.

В обычные грунты консольные железобетонные опоры устанавливают в заранее отрытые или пробуренные котлованы (непосредственно в грунт), а в условиях сульфатной агрессивности грунтов — на одиночные фундаменты. Схемы установки опор длиной 13,6 м на насыпях и в

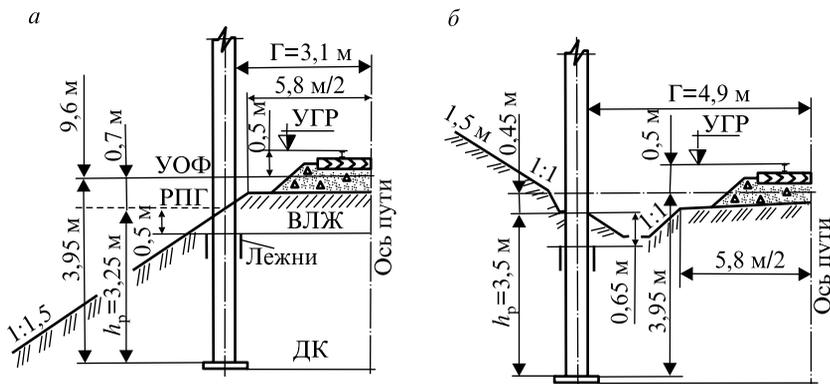


Рис. 8.17. Схема установки опор длиной 13,6 м на насыпи (*a*) и в выемке (*б*); РПГ — расчетная поверхность грунта; ВЛЖ — верх лежней; ДК — дно котлована

выемках при ширине земляного полотна 5,8 м показаны на рис. 8.17. При установке опор на насыпях с габаритом 3,4 м грунт присыпают. Для усиления закрепления опор применяют лежни (рис. 8.18) — железобетонные плиты шириной 500 мм и длиной 1000 мм (тип I) или 1800 мм (тип II), устанавливаемые горизонтально по отношению к опорам. Лежни крепят к опоре мягкой проволокой диаметром 6 мм.

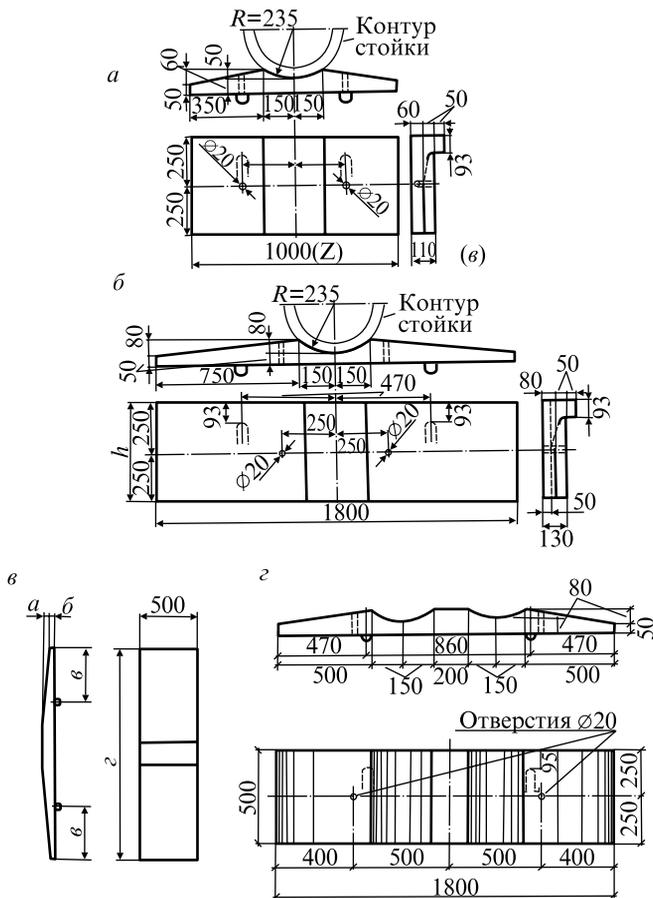


Рис. 8.18. Лежни для железобетонных опор контактной сети: а, б — типа I и II для конических стоек; в — для двуглавых и конических стоек; г — для спаренных стоек

Струнбетонные centrifугированные опоры контактной сети могут быть соединены с фундаментом только телескопическим (стаканным) стыком. Такое соединение после омоноличивания стыка делает конструкцию неразъемной, что является ее недостатком, так как значительно затрудняет замену опоры при ее повреждении.

Для установки centrifугированных железобетонных консольных опор и опор жестких поперечин применяют фундаменты: трехлучевые стаканные (ТС) (рис. 8.19, а, табл. 8.7), трехлучевые стаканные повышенной надежности (ТСН) (рис. 8.19, б, табл. 8.8), двутавровые стаканные фундаменты (ДС) (рис. 8.20, а, табл. 8.7); блочные фундаменты ЗФ-1 (рис. 8.20, в); анкера ДА (рис. 8.20, б) для анкерных опор, а также сваи со стаканным оголовником для закрепления опор в слабых грунтах.

Фундаменты ТС, ТСН разработаны взамен фундаментов ДС. По сравнению с двутавровыми трехлучевые фундаменты при одной и той же длине и несущей способности по грунту дают значительное снижение расхода бетона (в среднем на 23 %). Фундаменты ТСН имеют глубину стаканной части 800 мм, сквозные отверстия для стока воды диаметром 10 мм и повышенную надежность трех лучей подземной части.

Таблица 8.7

**Технические характеристики фундаментов ТС, ДС и анкеров ТА**

Тип фундамента	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход стали, кг	Тип фундамента и анкера	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход стали, кг
ТС-60-3,5	0,56	54	ДС 45/3,5	0,71	54
ТС-80-3,5		62	ДС 60/3,5		62
ТС-100-3,5		73	ДС100/3,5		71
ТС-120-3,5		86			
			ДС 45/4		58
ТС-60-4,0	0,61	57	ДС 60/4	0,78	67
ТС-80-4,0		67	ДС100/4		78
ТС-100-4,0		78			
ТС-120-4,0		94	ДС 45/4,5		0,85
		ДС 60/4,5	73		
ТС-60-4,5	0,65	62	ДС100/4,5	0,53	85
ТС-80-4,5		73			
ТС-100-4,5		86	ТА-4		43
ТС-120-4,5		103	ТА-4,5		48

Примечание. В обозначении фундаментов ДС цифры в числителе показывают нормативный изгибающий момент, кН·м, в знаменателе — длину фундамента, м; фундаментов ТС — первые цифры — нормативный изгибающий момент, кН·м, вторые — длину, м.

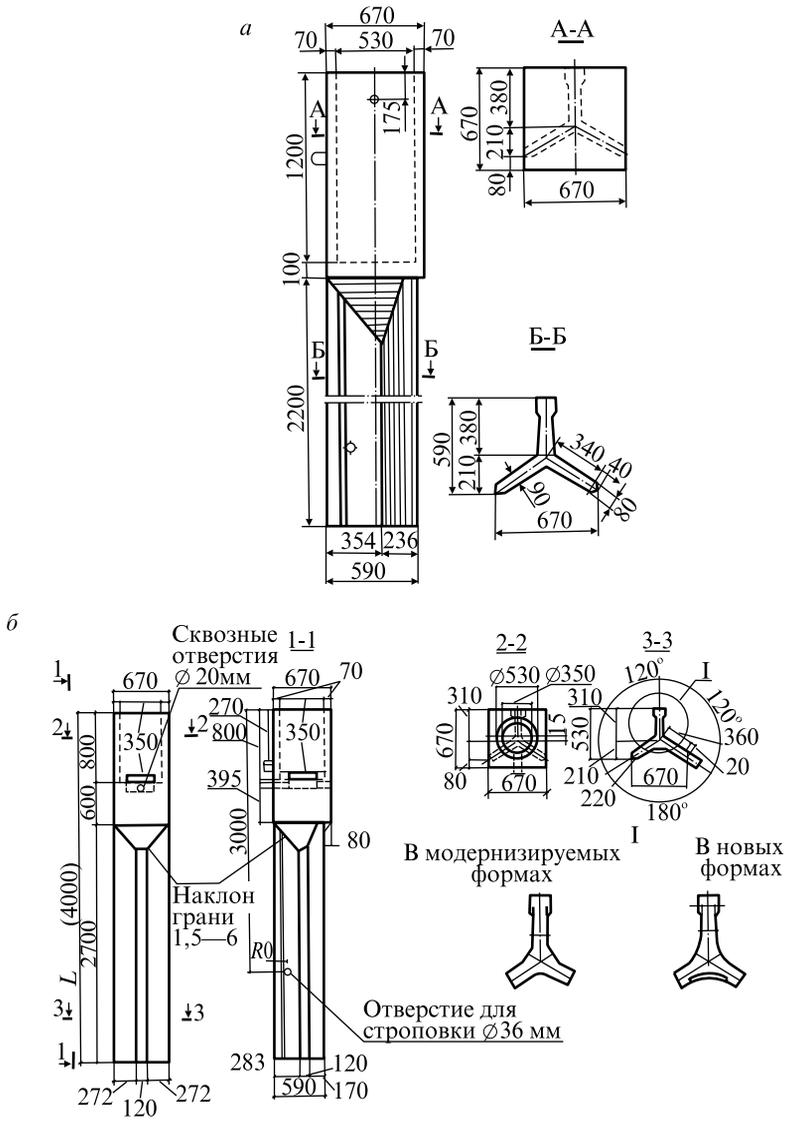


Рис. 8.19. Трехлучевой стаканый фундамент ТС (a) и повышенной надежности ТСН (б)

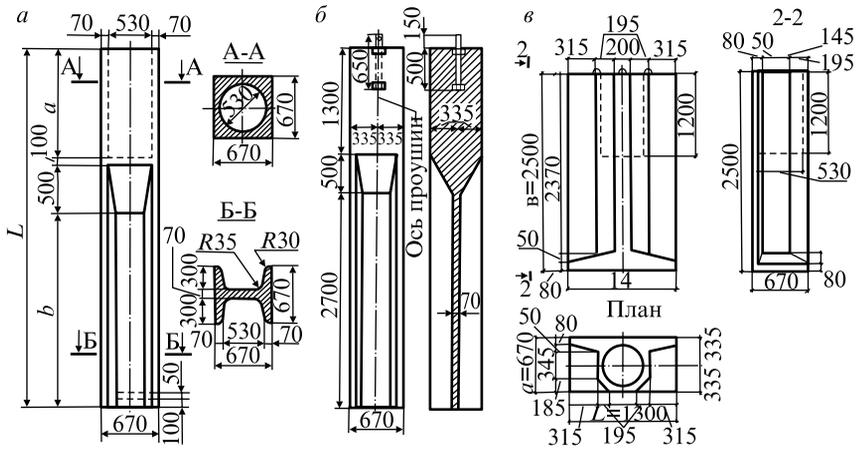


Рис. 8.20. Двутащовый стаканый фундамент ДС (а); анкер ДА (б); блочный фундамент 3Ф-1 (в)

Таблица 8.8

Технические характеристики фундаментов ТСН

Тип фундамента	Длина, м	Расход материалов		Масса, т
		бетон, м <sup>3</sup>	сталь, кг	
ТСН-2-4,0 ТСН-2-4,0М	4,0	0,8	76,92	2,0
ТСН-3-4,0 ТСН-3-4,0М			90,92	
ТСН-4-4,0 ТСН-4-4,0М			104,48	
ТСН-2-4,5 ТСН-2-4,5М	4,5	0,85	83,91	2,13
ТСН-3-4,5 ТСН-3-4,5М			100,03	
ТСН-4-4,5 ТСН-4-4,5М			115,31	
ТСН-2-5,0 ТСН-2-5,0М	5,0	0,91	90,2	2,28
ТСН-3-5,0 ТСН-3-5,0М			108,0	
ТСН-4-5,0 ТСН-4-5,0М			124,96	

Фундаменты ТС, ТСН и ДС состоят из двух основных конструктивных частей: верхней — стакана и нижней — фундаментной части. Верхняя часть фундаментов представляет собой железобетонный стакан с внешним прямоугольным сечением. Размеры фундамента  $0,67 \times 0,67$  м приняты исходя из условия работы вибропогружателя агрегата АВФ, АВСЭ. Нижняя фундаментная часть у фундаментов ТС имеет трехлучевое сечение с расположением лучей в плане через  $120^\circ$  один относительно другого. Лучи имеют толщину стенки в крайней внешней части луча 80 мм, а в месте схождения лучей в центральной части — 90 мм. Один луч на конце имеет уширение для ориентации при установке фундамента: уширенным лучом фундамент устанавливают «от пути». Сопряжение верха фундамента (стакана) с нижней трехлучевой частью выполнено в виде пирамидального конуса.

Схемы установки опор длиной 10,8 м на фундаментах ТС на насыпях и в выемках при ширине земляного полотна 5,8 м показаны на рис. 8.21. При установке опор на насыпях с габаритом 3,4 м грунт присыпают.

Для закрепления оттяжек анкерных железобетонных опор в грунте используют трехлучевые анкеры ТА (Т — трехлучевой, А — анкер), ТАН (Н — повышенной надежности), двутавровые КА (К — клиновидный), стоечные СА с плитой в основании (С — стоечный) и свайный СА (С — свайный). Наклонные анкеры, находящиеся в эксплуатации, имеют низкую надежность, не изготавливаются и в плановом порядке подлежат замене.

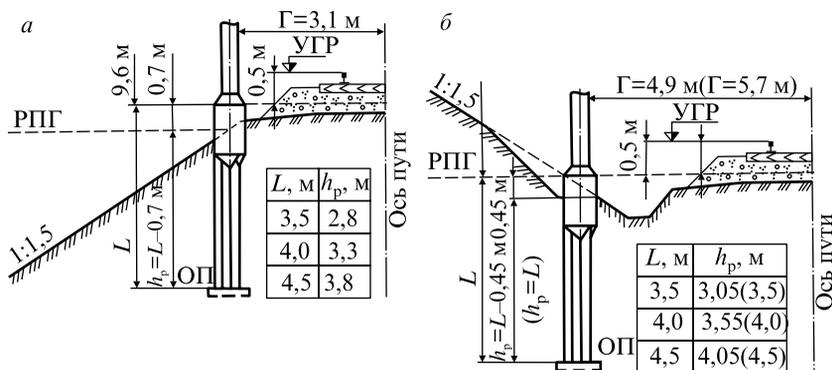


Рис. 8.21. Схемы установки опор длиной 10,8 м с фундаментами ТС на насыпи (а) и в выемке (б);  $L$  — длина фундамента;  $h_p$  — глубина заложения; ОП — опорная плита

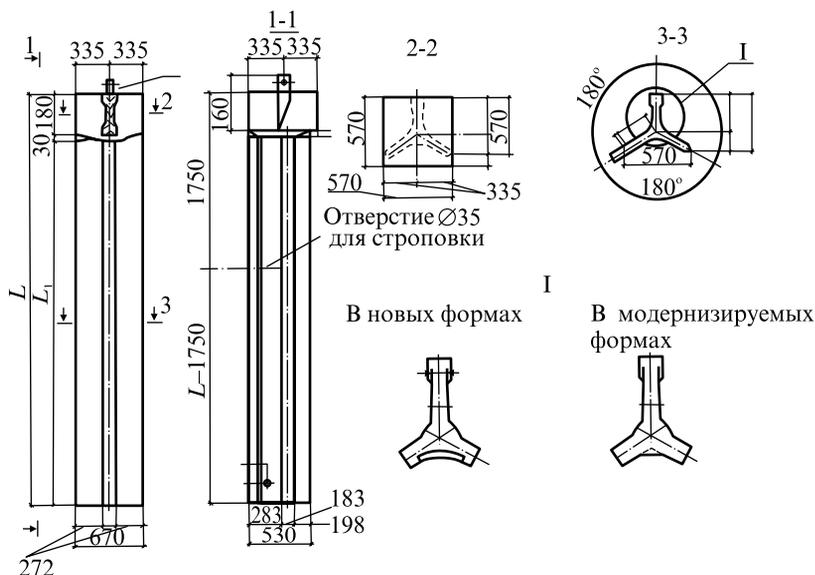


Рис. 8.22. Анкер трехлучевой повышенной надежности ТАН

В качестве основного типа принят трехлучевой повышенной надежности анкер ТАН (рис. 8.22, табл. 8.9), созданный на базе фундамента ТСН. Для закрепления оттяжек в верхнюю часть анкера перед бетонированием закладывают проушины из полосовой стали (железобетонный оголовок прямоугольного сечения). Выпускают анкеры длиной  $L=4$  и  $4,5$  м, их соответственно обозначают ТАН-4,0 и ТАН-4,5. Длину анкера выбирают по табл. 8.10 в зависимости от нормативного усилия в оттяжках анкерной опоры, условного расчетного сопротивления грунта, ширины земляного полотна и места установки опоры.

Таблица 8.9

Технические характеристики анкеров ТАН

Тип анкера	Размер $L$ , мм	Размер $L_1$ , мм	Расход материалов		Масса, т
			бетон, м <sup>3</sup>	сталь, кг	
ТАН-4,0 ТАН-4,0М	4000	3570	0,56	54,75	1,40
ТАН-4,5 ТАН-4,5М	4500	4070	0,61	59,53	1,53

Таблица 8.10

Место установки опоры	Ширина земляного полотна, мм	Нормативное усилие в оттяжках анкерной опоры, кН, при условном расчетном сопротивлении грунта, МПа					
		0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
Насыпи, выемки и нулевые места	5,8	Анкер ТАН-4,0			Анкер ТАН-4,5		
		35		55	50		62
Междупутье (на станциях)	5,8		55			68	
Насыпи, выемки и нулевые места	7,0		59			69	
Междупутье (на станциях)	7,0		55			68	

По сравнению с применявшимися ранее двутавровыми анкерами ДА анкеры ТА, ТАН при одной и той же несущей способности по грунту дают значительное снижение расхода бетона.

Стойчатые анкеры СА-4,5-1 и СА-4,5-2 состоят из стойки (рис. 8.23, а) и плиты (АП) (рис. 8.23, б; табл. 8.11). Стойки и плиты изготавливают отдельно, а при установке соединяют сваркой.

Стойчатые анкеры устанавливают на условно благоприятных (I тип) и неблагоприятных (II тип) участках земляного полотна при уровне грунтовых вод выше 2,8 м.

Таблица 8.11

#### Технические характеристики стойчатых анкеров СА

Части стойчатого анкера	Основные параметры			Расход материалов				Масса, т
	L, м	a, мм	b, мм	сталь, кг		бетон, м <sup>3</sup>		
				A-I	A-II	марка	объем	
Стойка анкера	4,35	350	350	41,8	106,9	400	0,53	1,33
АП-I	0,6	800	150	1,15	9,3	400	0,07	0,18
АП-I	0,6	800	150	1,15	9,3	400	0,07	0,18
АП-II	1,2	800	150	1,23	18,9	400	0,14	0,36
АП-II	1,2	800	150	1,23	18,9	400	0,14	0,36

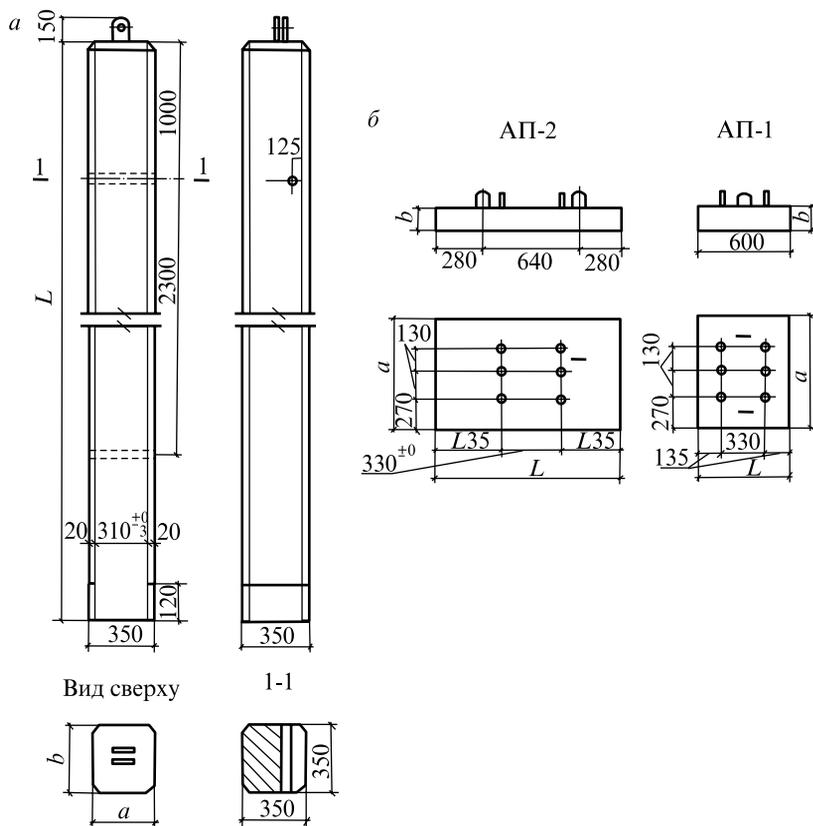


Рис. 8.23. Стоечный анкер СА:  $a$  — стойка,  $b$  — плита

Свайный анкер СА-10-3 с поперечным сечением  $0,30 \times 0,30$  м и длиной 10 м (расход бетона М-300 составляет  $0,91 \text{ м}^3$ , стали — 123,2 кг, масса сваи 2,3 т) применяют в случаях, когда устройство присыпки грунта к насыпи невозможно или технически нецелесообразно, а также при сложных геологических условиях. Глубина забивки свайного анкера по условиям устойчивости на выпучивание должна быть не менее 9 м.

Металлические опоры гибких поперечин с нормативными изгибающими моментами 450 кН·м и более устанавливают на свайно-ростверковые фундаменты. Такие фундаменты состоят из же-

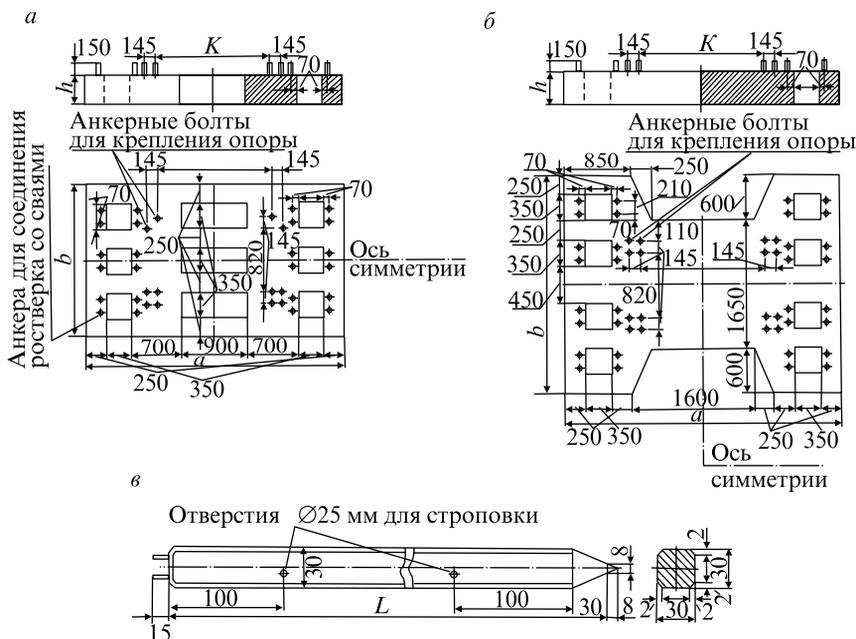


Рис. 8.24. Железобетонные ростверки: *a* — П 45,65/15, ПА 45,65/15; *б* — ПА 45,65/20, П 105/20, П 150/20; *в* — железобетонная свая; *L* — длина сваи

Таблица 8.12

**Технические характеристики ростверков**

Тип ростверка	Тип опоры	Размеры ростверка, см			База <i>K</i> , мм	Расход на один ростверок		Масса, т
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>		бетона*, М-300, м <sup>3</sup>	металла, кг	
П 45/15	МН 45/15	350	205	40	132	2,2	298	5,5
П 65/15	МН 65/15							
П 65/20	МН 65/20							
ПА 45/15	М 45-25/15	350	205	50	132	2,75	390	6,9
	М 40-40/15						407	
ПА 65/15	М 65-25/15	380	285	50	182	3,8	485	9,5
ПА 45;65/15	М 45-25/15							
	М 65-25/15							
П 105/20	МН 105/20							
П 150/20	МН 150/20							

Примечание. Каждый ростверк П 45/15, П 65/15, П 65/20 имеет 8 анкерных болтов диаметром 36—42 мм, остальные — по 16 таких же болтов.

лезобетонной плиты-ростверка (рис. 8.24, а, б, табл. 8.12) и четырех — восьми свай (рис. 8.24, в) площадью сечения 0,3×0,3 м и длиной 5, 6, 8, 10 или 12 м (семи типоразмеров).

В обозначение свай, например, С5-1, С6-2 входят: буква С — свая, первая цифра — длина сваи в м, вторая — условный тип армирования (прочность) сваи. В обозначении ростверков, например П 65/15, буква П указывает, что ростверк предназначен для промежуточных опор гибких поперечин, ПА — для анкерных; цифры в числителе — нормативный изгибающий момент в килоньютон-метрах (кН·м), в знаменателе — высота опор в м.

Сваи погружают в грунт, пропуская их через отверстия в ростверке, и соединяют с ним сваркой. Металлическую опору на ростверке закрепляют анкерными болтами. Применение свайно-ростверковых фундаментов позволяет значительно сократить затраты труда и расход материалов на установку металлических опор на станциях.

В тех случаях, когда отсутствует возможность сооружения свайно-ростверковых фундаментов (наличие сложных подземных коммуникаций, грунты с большим количеством включений валунов и т.п.), для установки опор гибких поперечин и опор  $M \frac{10-40}{40}$  используют блочные закапываемые фундаменты Р, состоящие из двух блоков (рис. 8.25) нескольких типоразмеров (табл. 8.13).

В обозначении фундаментов, например, Р1-1, Р4-2, буква Р означает раздельный, первая цифра указывает (условно) на размеры фундамента, вторая — диаметр, количество и расположение анкерных болтов.

Металлические опоры  $M \frac{10}{13}$  и  $M \frac{15}{13}$  устанавливаются также на типовые призматические фундаменты П2-2.

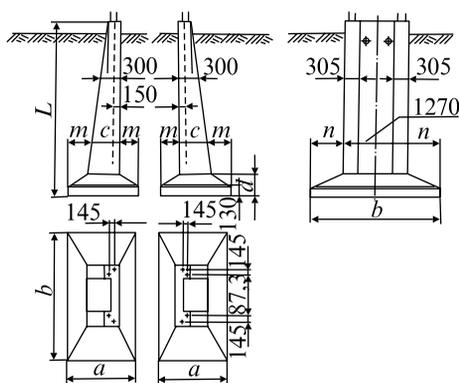


Рис. 8.25. Фундамент «Р»

Таблица 8.13

## Технические характеристики блоков фундаментов Р

Тип блока	Размеры, см							Число болтов в блоке	Диаметр болта, мм	Масса, т	
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>d</i>			арматуры	блока без оголовка
P1-1	300	145	265	65	40	69	40	4	36	0,13	5,4
P2-1	350	145	265	65	40	69	40	4	36	0,15	5,8
P3-1	400	145	265	65	40	69	40	4	36	0,16	6,3
P3-2								42	0,21		
P4-1	400	160	325	80	40	99	55	4	36	0,22	8,5
P4-2								4	42	0,25	
P4-3								8	36	0,26	
P5-1	400	180	395	100	40	134	55	4	36	0,25	10,8
P5-2								4	42	0,28	
P5-3								8	36	0,30	
P6-1	450	160	265	80	40	69	55	4	42	0,24	8,3
P6-2								8	42	0,25	
P7-1	450	190	345	80	55	109	55	4	42	0,3	10,2
P7-2								8	36	0,31	
P7-3								8	42	0,43	
P8-1	450	240	395	100	70	134	55	4	42	0,36	13,2
P8-2								8		0,39	
P9-1	470	180	395	100	40	134	55	8	36	0,31	11,7
P10-1	470	210	395	100	55	134	55	8	36	0,35	12,7

Заделка в грунт железобетонных (одиночных и спаренных) стоек жестких поперечин должна обеспечивать устойчивость их поперек и вдоль пути. В случае необходимости установки лежней (по изгибающему моменту вдоль пути) их устанавливают перпендикулярно к оси пути, располагая симметрично с обеих сторон стоек.

К особым условиям закрепления опор *в грунте* относят следующие схемы и условия установки: в пучинистых грунтах и в районах вечной мерзлоты, на свежесыпанных насыпях и в слабых грунтах с условным расчетным сопротивлением менее 0,1 МПа, в скальных грунтах, в болотистых грунтах, на насыпях нестандартного очертания, а также с откосом круче 1:1,5.

*Установка опор и анкеров в пучинистых грунтах и в районах вечной мерзлоты.* При уровне грунтовых вод на глубине 2,3 м ниже бровки земляного полотна опоры устанавливают в котлованы, огражденные деревянными коробами, с засыпкой пазух дренирующим грунтом. Во время работ изготовленные щиты пропитывают антисептиками или обмазывают битумом, собирают коробки таким образом, чтобы между щитами не было щелей, перед опусканием короба в котлован имеющиеся в коробах отверстия заделывают битумом, для засыпки коробов используют гравий или щебень с примесью частиц размером менее 0,1 мм не более 3 % и с наибольшими фракциями не более 50 мм.

В сильно обводненных грунтах, когда установка опор с деревянными коробами затруднена, опоры устанавливают с противопучинной или полиэтиленовой обмоткой, чередующейся с несмерзающей смазкой. Противопучинную обмотку устраивают на глубину активной зоны пучения, но не менее 2 м: пазухи котлована засыпают непучинистым грунтом. Имеются и другие технологии.

При уровне грунтовых вод на глубине 2,8 м и ниже применяют анкеры ТА, ТАН, выше 2,8 м — стоечные анкеры СА-4,1-1 или СА-4,5-2 в зависимости от сил морозного пучения.

*Закрепление опор в слабых грунтах.* Фундаменты опор контактной сети в слабых грунтах располагают так, чтобы они опирались на слой обычных грунтов.

Для закрепления консольных опор и стоек жестких поперечин в слабых грунтах применяют следующие конструктивные решения:

- блочные фундаменты с уширенной полкой (1,3 м) и опорной плитой (рис. 8.26, а); для повышения несущей способности таких фундаментов и уменьшения глубины промерзания с полевой стороны устраивают присыпку шириной 1 м;

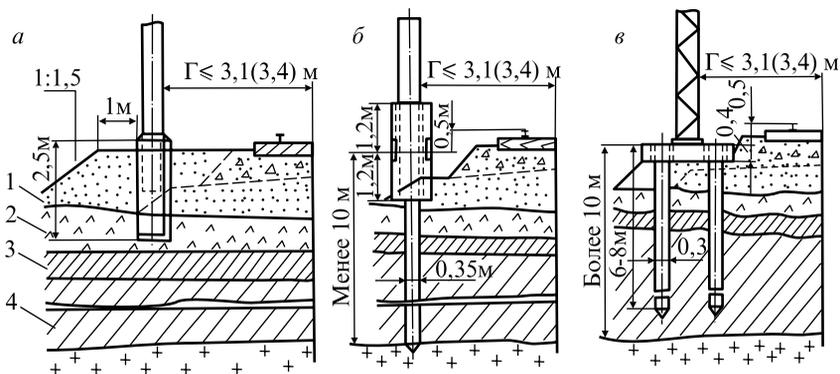


Рис. 8.26. Способы закрепления опор контактной сети в слабых грунтах: *а* — блочный фундамент с уширенной полкой; *б* — свая-стойка со сборным стаканым оголовком; *в* — двухсвайный фундамент с ростверком и висячими сваями; 1 — присыпка; 2 — торф; 3 — корка; 4 — глина

- свайные фундаменты из одиночных свай-стоек площадью сечения  $0,25 \times 0,35$  м и длиной от 6 до 10 м, которые опираются на плотный грунт, расположенный ниже слабого (рис. 8.26, б);

- двухсвайные фундаменты с ростверком и висячими сваями площадью сечения  $0,3 \times 0,3$  м, и длиной не менее 6 м (рис. 8.26, в); нижняя поверхность ростверка должна опираться на непучинистые грунты (тело земляного полотна) и иметь расстояние от верха слабого грунта не менее  $0,5$  м. Такие фундаменты применяют при расположении нижнего горизонта слабых грунтов на глубине 10 м и более от УГР.

Для установки опор контактной сети на наиболее неблагоприятных по устойчивости участках земляного полотна, на насыпях, расположенных на слабых просадочных основаниях и заторфованных грунтах; на насыпях, сложенных из неоднородных слабых грунтов и т.п., применяют свайные фундаменты (рис. 8.27). Конструкция фундамента рассчитана на установку металлических опор контактной сети МД, МК и железобетонных ССА с нормативными моментами 79 или 98 кН·м.

Фундамент состоит из одиночной призматической железобетонной сваи площадью сечения  $350 \times 350$  мм, длиной 8 м и стаканного оголовка, на котором с помощью анкерных болтов закрепляют стойку опоры. Оголовок представляет собой железобетонный блок прямоугольного сечения  $670 \times 670$  мм и длиной  $0,8$  м с внутренней цилиндрической

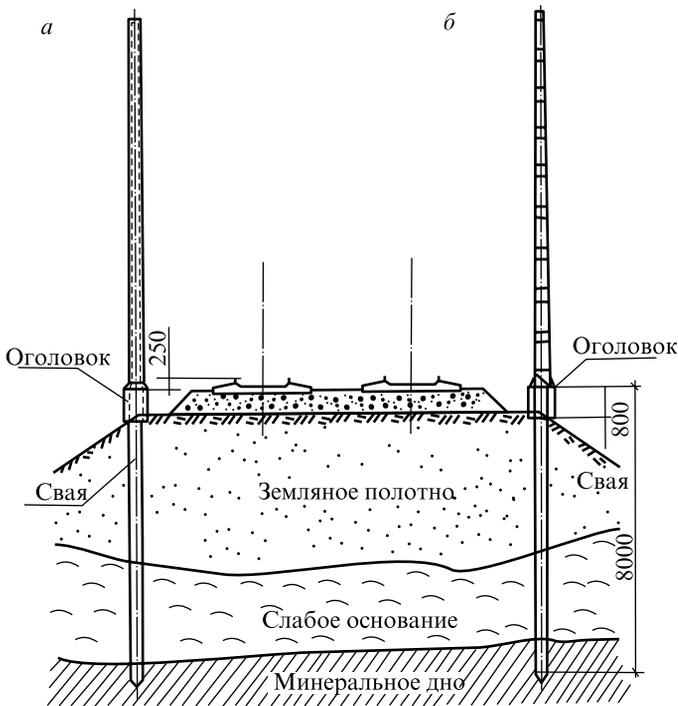


Рис. 8.27. Установка опор контактной сети ССА (а) и МК (б) на свайном фундаменте (общий вид)

полостью диаметром 500 мм. В блоке оголовка забетонированы анкерные болты МЗ6 с расстояниями в плане  $300 \times 500$  мм. Использование сборного стаканного оголовка позволяет произвести его регулировку на свае и обеспечить требуемую точность установки стойки опоры.

При закреплении стойки опоры на фундамент между нижним основанием стойки и верхом оголовка сваи устанавливают изолирующие элементы.

Забивку свай рекомендуется выполнять сменным оборудованием к агрегату АВФ или копровой установкой, смонтированной на железнодорожной платформе или подвешенной на стреле крана.

Для обеспечения требуемой точности установки сваи по габариту и углам наклона забивку сваи выполняют в направленную скважину диаметром 150—200 мм глубиной 2—2,5 м.

## 8.7. Основные положения расчета закрепления опор в грунте

Закрепление опор контактной сети в грунте — фундаменты (или фундаментную часть опор) рассчитывают так же, как и несущую способность опор, — по методу предельных состояний. Упрощенно глубину заложения фундамента определяют по таблице (табл. 8.14), в которой увязана зависимость длины фундамента от направления действия и величины моментов нагрузки, а также от места установки опор (насыпь, выемка).

*Пример пользования таблицей.* Центрифугированную опору длиной 10,8 м с фундаментом ТС необходимо установить на насыпи высотой до 2 м с габаритом  $\Gamma = 3,1$  м при ширине земляного полотна 5,8 м. Условное расчетное сопротивление грунта 150 кПа. Действующие моменты: к пути  $M_{\phi}^H = 60$  кН·м, от пути  $M_{\phi}^H = 42$  кН·м; доля постоянной нагрузки 50 %. Требуется определить длину фундамента.

По табл. 8.14 при длине фундамента  $L = 4$  м с учетом переходного коэффициента  $m_H = 0,82$  имеем:

к пути  $M_{гр}^H = 0,82 \cdot 133 = 109$  кН·м;

от пути  $M_{гр}^H = 0,82 \cdot 79 = 64,8$  кН·м.

Условие  $M_{\phi}^H \leq M_{гр}^H$  соблюдается:  $60 < 109$  кН·м;  $42 < 64$  кН·м; при этом мощность стойки опоры должна быть не менее  $M^H = 60$  кН·м.

Таблица 8.14

**Значения моментов для различных условий установки опор**

Место установки опор	Габарит опор, м	Направление действия момента	Значение моментов $M_{гр}^H$ кН·м, при длине фундамента $L$ , м		
			3,5	4,0	4,5
Насыпь	3,1; с присыпкой грунта	К пути	80	133	209
		От пути	44	79	126
	3,4	К пути	66	110	173
	3,4	От пути	45	73	115
Выемка	4,9	К пути	98	154	224
	4,9	От пути	108	164	235
	5,7	К пути	113	172	—
	5,7	От пути	138	198	—

## **8.8. Основные сведения по электрокоррозии фундаментов и подземной части железобетонных опор на участках постоянного тока**

Оценка опасности электрокоррозии арматуры опор и фундаментов производится только на участках постоянного тока в анодных и знакопеременных зонах потенциалов рельсов. В катодных зонах потенциалов рельсов оценка опасности электрокоррозии арматуры не требуется.

На участках переменного тока оценка степени опасности электрокоррозии арматуры опор не осуществляется, так как выполнение требований к заземляющим устройствам, обеспечивающим нормальную работу устройств СЦБ, исключает опасную утечку тягового тока через опоры.

Оценка опасности электрокоррозии арматуры опор и фундаментов производится по косвенным показателям: значению стекающего тока или сопротивлению цепи заземления по потенциалу «рельс—земля». По этим показателем опора считается электрокоррозионно-опасной, если ток утечки через нее превышает 40 мА или сопротивление цепи ее заземления составляет менее 25 Ом на каждый вольт среднего значения положительного потенциала «рельс—земля». Независимо от значения потенциала «рельс—земля» опоры, имеющие сопротивление менее 100 Ом, считаются электрокоррозионно-опасными.

Оценка степени опасности коррозии для подземных сооружений, расположенных на участках железных дорог, электрифицированных на постоянном токе, производится на основе комплекса электрических измерений с последующим сравнением их результатов с показателями опасности электрокоррозии.

Электрокоррозионная опасность для каждого типа сооружения или конструкции отсутствует, если токи утечки или анодные смещения потенциалов ниже, а сопротивление изоляции от земли — выше значений, приведенных в табл. 8.15.

В процессе эксплуатации на опоры контактной сети постоянно действуют факторы, изменяющие их техническое состояние, особенно уменьшается несущая способность из-за электрокоррозионного износа арматуры, старения бетона (главным образом на участках постоянного тока).

## Показатели электрокоррозионной опасности для подземных сооружений

№ п/п	Тип подземного сооружения	Показатели электрокоррозионной опасности			Примечание
		Плотность тока утечки, мА/дм <sup>2</sup> , выше	Анодное смещение потенциала по отношению к стационарному, В, более	Сопротивление изоляции сооружения, конструкции от земли	
1	2	3	4	5	6
<b>Кабели</b>					
1	Бронированные (силовые, связи в алюминиевых или свинцовых оболочках и с битумно-држутовым полимерным покрытием)	0,15	0 при $\rho$ до 100 Ом·м; 0,1 при $\rho = 100—500$ Ом·м; 0,2 при $\rho = 500—1000$ Ом·м; 0,4 при $\rho$ свыше 1000 Ом·м		Применение кабелей в голых свинцовых оболочках (без брони) в условиях блуждающих токов не допускается
2	В старых гофрированных оболочках	0	0 — независимо от $\rho$	—	
3	В алюминиевой оболочке без брони с одинарным шланговым полимерным покрытием	—	—	$5 \cdot 10^6$ Ом/км	Для участков постоянного тока применять не рекомендуется; при понижении уровня изоляции ниже нормируемого устраняются повреждения изолирующего шланга

1	2	3	4	5	6
4	В алюминиевой оболочке с броней и двухшланговым полимерным покрытием	—	—	—	Показатели электрокоррозионной опасности нормируются, защита от блуждающих токов не требуется
<b>Железобетонные конструкции</b>					
5	Опоры контактной сети (фундаменты)	0,6 (40 мА*)	—	25 Ом/В**	При сопротивлении более 10 000 Ом исключается необходимость контроля электрокоррозионной опасности
6	Фундаменты постов секционирования и пунктов параллельного соединения	0,6 (10 мА)	—	100 Ом/В	—

\* В скобках даны полные токи утечки через всю конструкцию в землю.

\*\* Нормы сопротивления даны на каждый вольт среднего значения положительного потенциала «рельс—земля».

Оценка состояния опорного хозяйства, порядок технического обслуживания и ремонт опорных конструкций контактной сети определены «Указаниями по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети» и другими нормативными актами (табл. 8.16).

Таблица 8.16

**Оценка состояния опорного хозяйства**

Виды диагностических испытаний и измерений	Применяемые приборы, нормативы
Измерение толщины слоя бетона	Прибор ИЗС-10Н
Оценка несущей способности опоры	Приборы УК-1401 или УК-14ПМ
Измерение стрелы прогиба (кривизны) опоры на середине ее высоты	1/100, не более 100—125 мм
Измерение сопротивления цепи «рельс—земля» после установки опор	Не менее 10 и 1,5 кОм на участках постоянного и переменного тока соответственно
Не допускается вводить в эксплуатацию опоры на участках постоянного тока	Менее 10 кОм
Оценка опасности электрокоррозии арматуры на участках постоянного тока: измерение потенциалов «рельс—земля» диагностика анкерных болтов фундаментов металлических опор откопка подземной части*	Приборы М231, МС-07(08), ПК-1 (ПК-1М), М1101, АДО-2М, Интроскоп 98.1М А-1220
Классификация степени опасности повреждения опор фундаментов	Остродефектные, дефектные
Проверка защитных устройств: искровых промежутков диодных заземлителей	Приборы М1101, «Импульс» М1101 на 500 В
Проверка оттяжек опор (на участках постоянного тока)	Прибор М1101 на 500 В, не менее 10 кОм

\* Откопку выполняют на глубину до уровня грунтовых вод или до 2/3 глубины заложения, предварительно установив временную оттяжку на опору. Открытую поверхность бетона опоры (фундамента) обстукивают молотком. Глухой звук свидетельствует о наличии коррозии арматуры. Трещины вдоль опоры свидетельствуют также о наличии коррозии арматуры.

Перед установкой стойки опоры и в процессе ее эксплуатации (при необходимости) проводится контроль толщины защитного слоя бетона прибором ИЗС-10Н. Допустимое отклонение фактической толщины бетона от номинальной должно быть в пределах от +5 мм до –3 мм.

Диагностирование состояния опор и фундаментов выполняется в соответствии с инструкциями завода-изготовителя и требованиями технологических процессов. Степень коррозии арматуры определяется визуально и с помощью приборов: АДО-2М, УК-1401, УК-14ПМ, ПК-1М и др. или другими методами, в том числе виброакустическим прибором «Интроскоп-98.1М», при необходимости с откопкой подземной части опор. Для обследования анкерных болтов фундаментов металлических опор применяют ультразвуковой прибор А-1220.

Выявленные в процессе осмотра и диагностирования повреждения и дефекты классифицируются и индексируются. На основании проведенной оценки состояния конструкций в соответствии с присвоенным индексом опоры подразделяют на остродефектные и дефектные.

Остродефектные опоры и фундаменты — это конструкции, состояние которых представляет угрозу безопасности движения поездов из-за возможного их разрушения вследствие потери ими несущей способности. К дефектным опорам и фундаментам относятся такие, у которых произошло снижение несущей способности, однако остаточное ее значение достаточно для восприятия действующих на них нагрузок. Остродефектные и дефектные опоры подлежат замене; в качестве временной меры на них должны быть установлены оттяжки.

Опоры и фундаменты, не имеющие дефектов, относятся к бездефектным.

## **8.9. Контрольные вопросы**

1. По каким признакам классифицируют опоры контактной сети?
2. Как устроены центрифугированные опоры контактной сети, их разновидности?
3. Какие металлы используют для изготовления металлических опор?
4. Как защищают металлические опоры от атмосферной коррозии?
5. Как устроены металлические опоры?
6. По каким признакам классифицируют грунты?
7. Какие существуют способы закрепления опор в грунте?

8. Как закрепляют опоры в пучинистых грунтах, на свеженасыпанных насыпях, в районах вечной мерзлоты, на скальных грунтах?
9. Как выполняется расчет несущей способности опоры?
10. Как выбираются типы опор при проектировании ?
11. Какие существуют показатели электрокоррозионной опасности?

## 8.10. Практические занятия № 4 по теме:

### Расчет изгибающего момента, действующего на опору и подбор типовой промежуточной опоры контактной сети (табл. 8.17)

Таблица 8.17

#### Варианты заданий для расчета опор контактной сети

Варианты	Тип подвески	Тип консоли	Участок пути	Габарит опоры, м	Расчетные режимы		
					Максимальный ветер	Гололед с ветром	Минимальная температура
1	М-120 + 2 МФ 100	НР-I-5	Прямой, площадка	3,1	+		
2	М-120 + 2 МФ 100	НС-III-6,5	Внутренняя кривая $R = 800$ м	4,7		+	
3	ПБСМ-95 + МФ 100	НР-II-5	Прямой, насыпь	3,1			+
4	ПБСМ-95 + МФ 100	НС-III-6,5	Внутренняя кривая $R = 800$ м, насыпь	4,7	+		
5	М-120 + МФ 100	НР-II-5	Наружная кривая $R = 800$ м, площадка	3,5		+	
6	М-120 + МФ 100	НС-IV-6,5	Внутренняя кривая $R = 1000$ м, выемка	5,7			+

---

---

## Глава 9. Рельсовые цепи, заземления, защитные устройства и ограждения

### 9.1. Рельсовые цепи, отсасывающие линии

На электрифицированных линиях постоянного и переменного тока в качестве обратного провода используют рельсы (так называемая *рельсовая цепь*). Чем ниже сопротивление рельсовой цепи (РЦ), тем меньше потери напряжения и энергии в ней. Электрическое сопротивление 1 км рельса Р75 постоянному току при  $t = 20^\circ\text{C}$  составляет 0,0218 Ом, а переменному — в 5—7 раз больше, вследствие влияния магнитных свойств стали.

На сопротивление РЦ также оказывает влияние наличие стыков между отдельными рельсами. Для уменьшения сопротивления стыков на них устанавливают *стыковые электрические соединители 1* (рис. 9.1) из отрезков гибкого медного провода сечением не менее  $50\text{ мм}^2$  при переменном и не менее  $70\text{ мм}^2$  при постоянном токе с двумя наконечниками, привариваемыми электросваркой или термитным способом к рельсам. Поверхность контакта должна

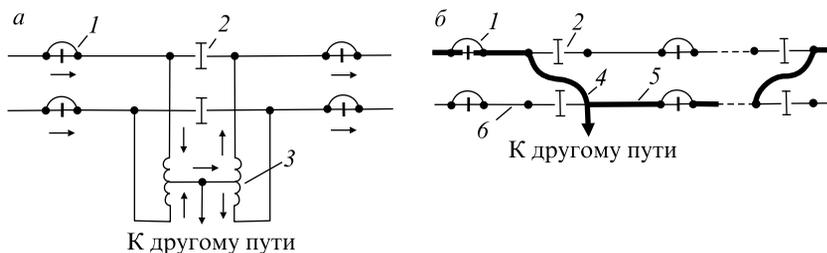


Рис. 9.1. Схема электрических соединителей в рельсовой цепи на участках, оборудованных автоблокировкой с двухниточными (а) и однониточными (б) рельсовыми цепями; 1 и 4 — стыковой и продольный электрические соединители; 2 — изолирующий стык; 3 — дроссель-трансформатор; 5, 6 — электротяговая и нетяговая рельсовые цепи

быть не менее 250 мм<sup>2</sup>. При ремонте пути допускается временное использование стыков с графитовой смазкой вместо стыковых электрических соединителей в течение не более трех месяцев с обязательной установкой на стыковых болтах тарельчатых пружин. Состояние рельсовых стыков проверяют стыкомером или с помощью милливольтметров, которыми определяют сопротивление неизолированного рельсового стыка по отношению к сопротивлению рельса. Сопротивление стыка не должно превышать сопротивления 3 м целого рельса (не более 100 мкОм) при длине рельсов 12,5 м и 6 м при длине рельсов 25 м и более, а на уравнильных рельсах бесстыкового пути не более 200 мкОм. Преимущественным считается применение бесстыкового пути.

На электрифицированных линиях, оборудованных автоблокировкой или электрической централизацией с использованием обеих рельсовых нитей (что применяют на перегонах и главных путях промежуточных станций) для выделения блок-участков устраивают изолирующие стыки. Для создания пути току в обход изолирующих стыков устанавливают *дроссель-трансформаторы* 3 (см. рис. 9.1, а). Большое индуктивное сопротивление обмоток дроссель-трансформаторов делает невозможным перетекание переменного тока, применяемого в устройствах СЦБ, с одной рельсовой нити на другую. Большое индуктивное сопротивление создается в результате сложения магнитных потоков при одном и том же направлении тока в обеих половинах обмотки дроссель-трансформатора.

Для участков постоянного тока обмотки дроссель-трансформаторов представляют незначительное сопротивление и каждая пара дроссель-трансформаторов с объединенными средними точками обеспечивает надежное электрическое соединение.

На линиях переменного тока тяговый ток также свободно проходит через обмотки дроссель-трансформаторов и перемычку между средними точками, так как тяговые токи в двух половинах каждого трансформатора имеют противоположное (разное) направление, вследствие чего магнитные потоки, наводимые этими токами, компенсируют друг друга. Путь протекания тягового тока через дроссель-трансформаторы на рис. 9.1, а показан стрелками.

На электрифицированных линиях переменного тока в отличие от частоты 50 Гц, на которой работает электрическая тяга, для лучшей избирательности в устройствах СЦБ используют частоту 25 или 75 Гц.

Предпочтительной является частота 25 Гц, при которой возможно резервирование питания автоблокировки от линий ДПР. На линиях постоянного тока принимают частоты 50 и 25 Гц. Здесь также более предпочтительна частота 25 Гц, отличная от промышленной и этим самым создающая условия для более надежной работы устройств СЦБ.

Двухпутные и многопутные электрифицированные участки оборудуют *междупутными электрическими тяговыми соединителями*. Эти соединители, как и *междурельсовые, междроссельные, дроссельные и стрелочные*, выполняют медными и не менее чем двухпроводными с сечением каждого провода 70 мм<sup>2</sup> и более при постоянном токе и 50 мм<sup>2</sup> — при переменном. Их прокладывают изолированно от земляного полотна и балласта. Длина междупутного электрического соединителя не должна быть более 100 м. Параллельное соединение путей при применении дроссель-трансформаторов обеспечивают установкой соединителей между средними точками через три блок-участка.

При однопутных рельсовых цепях СЦБ на станциях для тяговых токов отводят одну из ниток на каждом пути. В этом случае у каждого изолирующего стыка осуществляют переход цепи СЦБ с одной рельсовой нити на другую. Для обеспечения прохождения тягового тока в этих случаях устанавливают продольный электрический соединитель 4 (рис. 9.1, б). Междупутные соединители при этом располагают в горловинах станции, местах присоединения отсасывающих проводов и через каждые 400 м пути.

Схема установки электрических соединителей на стрелочных переводах при двухниточных РЦ приведена на рис. 9.2, а и однопутных — на рис. 9.2, б.

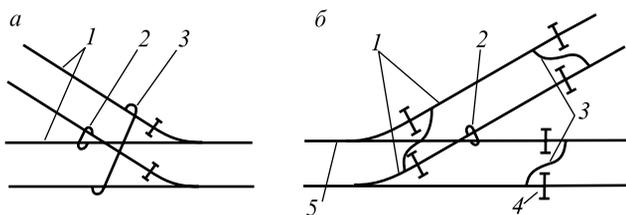


Рис. 9.2. Схема установки электрических соединителей на стрелочных переводах при двухниточных (а) и однопутных рельсовых цепях (б); 1 и 5 — электротяговая и нетяговая рельсовые цепи; 2 — стальной шпательный соединитель; 3 — стрелочный и междурельсовый электрические соединители; 4 — изолирующий стык

На электрифицированных линиях, где рельсы не используют для цепей автоблокировки и электрической централизации, между рельсовые и междупутные электрические соединители могут быть из стального прутка диаметром 12 мм при постоянном токе и 10 мм — при переменном или из стальной полосы 40×5 мм. Их прокладывают изолированно от земляного полотна и балласта. Между рельсовые соединители устанавливают через каждые 300 м, а междупутные — через каждые 600 м.

На линиях переменного тока применяют *провода обратного тока* или *экранирующие*, подключаемые параллельно рельсам (см. рис. 5.1, з, д). Их подвешивают на опорах контактной сети и присоединяют к рельсам при подключении отсасывающих трансформаторов — между ними, а без трансформаторов — через два на третий блок-участок. При этих схемах тяговый ток, переходя из РЦ, в основном протекает в этих проводах.

*Отсасывающие линии* у тяговых подстанций присоединяют непосредственно к тяговым рельсовым нитям и в этом месте устраивают междупутное электрическое соединение. На участках с двухниточными РЦ отсасывающие линии присоединяют к средним точкам дроссель-трансформаторов, установленных у ближайшего к тяговой подстанции изолирующего стыка. В этих местах также устраивают междупутное электрическое соединение. Отсасывающие линии переменного тока выполняют двумя параллельными цепями, используя рельсы подвездного пути, соединенные с контуром заземления подстанции, и перемычку между заземленной фазой трансформаторов и рельсами станционных путей.

Отсасывающие линии постоянного и переменного тока выполняют воздушными или кабельными, при этом они должны иметь изоляцию от земли не менее чем на 1000 В. Воздушные отсасывающие линии располагают на тех же опорах, что и питающие (ниже их).

*Тяговый ток*, возвращаясь на тяговую подстанцию по рельсам, при недостаточной изоляции рельсов от земли растекается по земле. Такой ток называют *блуждающим*. Блуждающие токи, ответвляясь в землю, проходят также по подземным металлическим сооружениям (водопроводам и т.п.). Переход тока с подземного металлического сооружения в землю вызывает электрокоррозию металла, которая может быть очень интенсивной. Вследствие электрокоррозии выходят из строя стальные трубопроводы, кабели, подземные части опор контактной сети (без проведения специальных мероприятий по защите). Опасность электрокоррозии стальной арматуры железобетона усугубляется тем обстоятельством,

ством, что объем продуктов коррозии в два с лишним раза больше объема металла, подвергнувшегося электрокоррозии. Это создает внутреннее перенапряжение в бетоне, вызывающее его растрескивание, что приводит к еще более интенсивной коррозии — атмосферной и почвенной. На электрифицированных дорогах переменного тока электрокоррозия проявляется в значительно меньшей степени ввиду периодического изменения направления тока (100 раз в 1 с при частоте 50 Гц).

Для ограничения *утечки тяговых токов* в землю и тем самым снижения вредного воздействия блуждающих токов на подземные сооружения принимают меры по увеличению переходного сопротивления между рельсами и землей и уменьшению сопротивления РЦ.

Изоляции рельсов от земли способствуют: щебеночный балласт, просвет между подошвой рельса и поверхностью балласта размером не менее 30 мм, железобетонные или деревянные (пропитанные антисептиками) шпалы. Все присоединенные к рельсам заземляющие провода и соединители изолируют от земли, металлических и железобетонных сооружений. Неэлектрифицированные пути отделяют от электрифицированных не одним, а двумя изолирующими стыками, установленными в каждую рельсовую нить так, чтобы исключалась возможность замыкания подвижным составом. В местах примыкания к электрифицированным путям тупиков, не используемых для прохождения тяговых токов, устанавливают по одному изолирующему стыку в каждой рельсовой нити.

На линиях постоянного тока при прохождении поездов между рельсами и землей создается разность потенциалов (рис. 9.3). Зоны

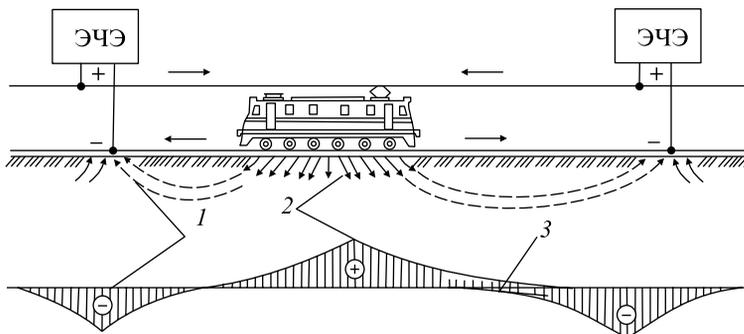


Рис. 9.3. Схема расположения катодных (1), анодных (2) и знакопеременных (3) зон на участках постоянного тока

потенциалов подразделяются на *катодную 1*, где рельс по отношению к земле имеет отрицательный потенциал (что характерно для мест около тяговых подстанций, так как ток из земли стекает к рельсу); *анодную 2*, где рельс имеет положительный потенциал (характерную для середины фидерной зоны, так как здесь ток от рельса стекает в землю) и *знакопеременную 3*, где потенциал рельса может меняться. При рекуперативном торможении на спусках, когда электроэнергия от двигателей поступает в контактную сеть, в зависимости от значения тока рекуперации катодная зона может быть и в середине фидерной зоны.

## 9.2. Устройства заземления

Для обеспечения защиты людей от опасных потенциалов, которые могут возникнуть при повреждении изоляции контактной сети, применяют *защитные заземления*. Устройства, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции и соприкосновения их с оборванными проводами, присоединяют к электротяговым рельсовым нитям или средним точкам дроссель-трансформаторов. Заземление обеспечивает уменьшение сопротивления и соответственно увеличение токов к.з., тем самым повышая надежность отключения быстродействующей защиты фидера контактной сети.

Заземляют все металлические опоры контактной сети, консоли, кронштейны, хомуты оттяжек и металлические конструкции, предназначенные для крепления изоляторов контактной сети, ВЛ 6—35 кВ и линий ДПР на железобетонных опорах и искусственных железобетонных и каменных сооружениях. Заземлению подлежат все металлические конструкции и сооружения (мосты, путепроводы, отдельно стоящие опоры и т.п.), расположенные в опасной зоне А (рис. 9.4). На уровне земли опасной зоной считают расстояние 5 м в плане от вертикальной проекции провода высокого напряжения, а на уровне провода и выше — 2,4 м. При переменном токе это расстояние может быть большим в зависимости от возможного опасного наведенного напряжения, которое определяется проектом.

Искусственные металлические сооружения, ригели, неизолированные гибкие поперечины, перекрывающие электрифицирован-

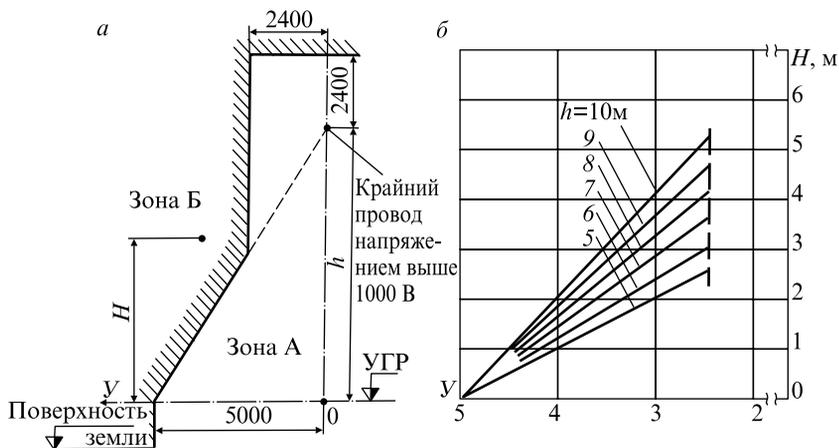


Рис. 9.4. Зоны заземления одиночных объектов, не связанных с тяговым электроснабжением (а), и график определения высоты расположения незаземляемых металлических объектов (б): зона А — заземляются все металлические элементы конструкций; зона Б — заземление металлических элементов конструкций не требуется;  $h$  — высота подвески крайнего провода напряжением выше 1000 В (до 35 кВ);  $H$  — высота расположения незаземляемых металлических элементов конструкций (не менее); 0 — вертикальная проекция крайнего провода контактной сети, ВЛ 6 (10) кВ, ДПР

ные пути, для исключения перетекания по ним обратного тока и нарушения действия автоблокировки или электрической централизации заземляют только с одной стороны.

Защитные заземления могут быть как индивидуальными, так и групповыми. *Индивидуальные заземления* выполняют стальным прутком диаметром не менее 12 мм при постоянном токе и 10 мм при переменном. К заземляющему проводнику плашечными зажимами присоединяют все конструкции, подлежащие заземлению. По железобетонной опоре заземляющий спуск прокладывают с полевой стороны в натянутом положении и изолируют от поверхности опоры с помощью деревянных или полимерных прокладок (рис. 9.5, а).

На линиях переменного тока, где электрокоррозионное воздействие тока на арматуру незначительно, ранее использовался заземляющий проводник, проложенный внутри опоры (рис. 9.5, б). В этих случаях заземляющий спуск присоединяют к специальным

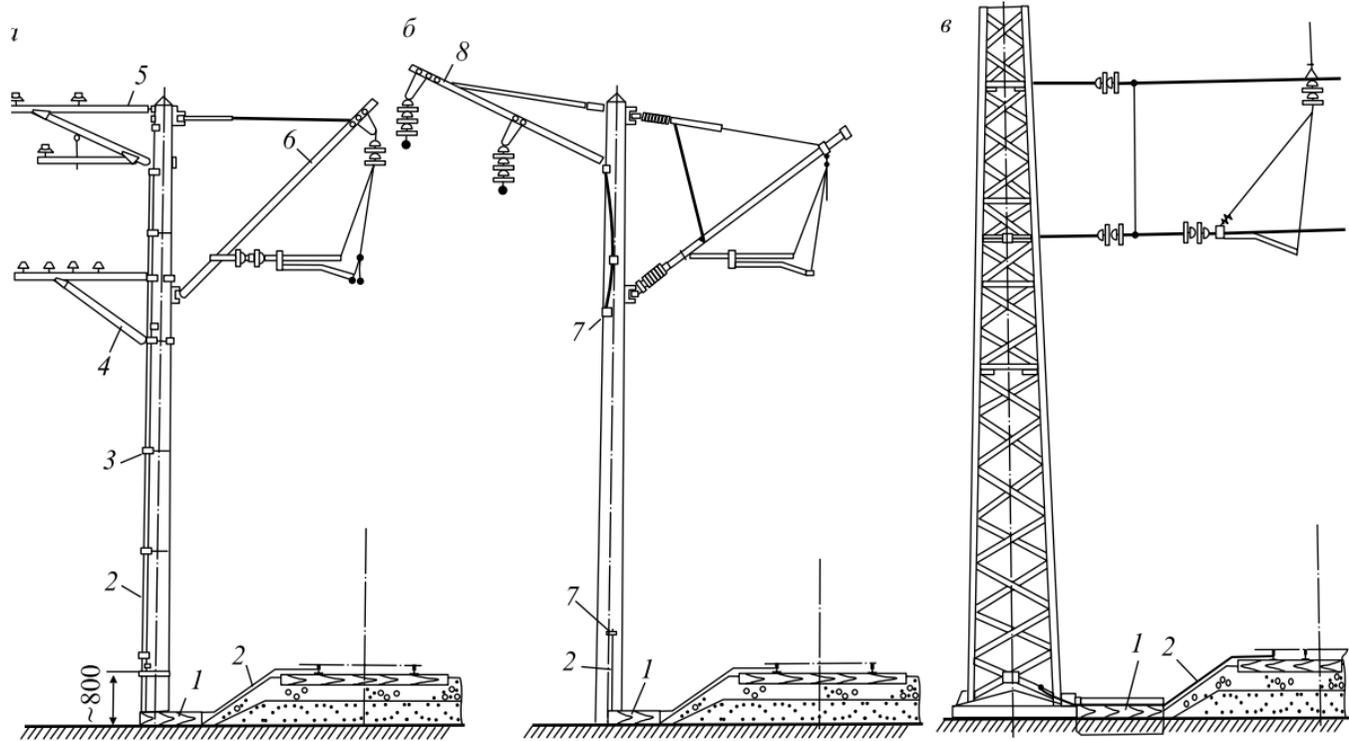


Рис. 9.5. Схема заземлений на железобетонной и металлической опорах: *а* — железобетонная опора при постоянном и переменном токе; *б* — железобетонная опора при переменном токе (ранее применяемая схема); *в* — металлическая опора; 1 — полушпала; 2 — заземляющий проводник; 3 — деревянная или полимерная прокладка; 4 и 5 — кронштейн для проводов ВЛ 0,4 и ВЛ 6 (10) кВ; 6 — консоль; 7 — выходы заземляющего проводника; 8 — кронштейн провода ДПП

выводам, имеющимся в верхней и нижней частях опор. Эта схема не получила дальнейшего внедрения ввиду недостаточной надежности узлов подключения. Такие опоры в настоящее время заземляют по схеме рис. 9.5, а.

У металлических опор заземляющий проводник крепят непосредственно к уголку раскоса в нижней части опоры (рис. 9.5, в).

Прокладку заземляющего проводника к рельсу осуществляют на полушпалах или в полиэтиленовых трубках, что обеспечивает его изоляцию от земли. Заземляющий проводник 2 прикрепляют к подошве рельса с помощью зажима заземления 1 и крюкового болта 3 с контргайками, предотвращающими ослабление контакта (рис. 9.6), или к дроссель-трансформатору соединительными зажимами.

При однопутных РЦ заземления опор присоединяют к ближайшей электротяговой нити, а при двухпутных — к ближайшим рельсовым нитям, причем особое внимание обращают на то, чтобы в пределах каждого блок-участка во избежание нарушения действия автоблокировки все заземляющие проводники были присоединены к одной рельсовой нити.

В ответственных случаях по условиям требований безопасности делают *двойные заземления (двойной проводник)*. Места присоединения двойных заземлений к рельсу располагают на расстоянии не более 200 мм между присоединениями.

В целях сокращения мест присоединения к рельсу устраивают *групповые заземления (ГЗ)*. Их применяют для заземления опор контактной сети, установленных в выемках за кюветом, на пассажирских платформах или за ними, в скальных грунтах, на станциях в местах погрузки и выгрузки, а также опор питающих линий и других опор, удаленных от железнодорожных путей.

Групповые заземления выполняют из проводов сечением не менее  $70 \text{ мм}^2$ , преимущественно из сталеалюминиевых (АС-70), которыми соединяют группу рядом стоящих опор, подвешивая их на высоте 5 м и более с натяжением в тросе 3,5—4 кН (350—400 кгс).

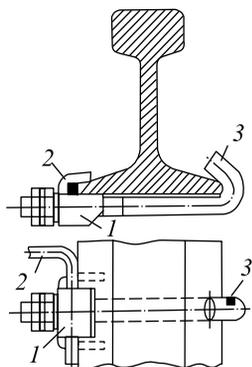


Рис. 9.6. Присоединение заземляющего проводника к рельсу

Для группового заземления могут быть также использованы провода ПБСМ-70, ПБСА-50/70, ПС-95 или другие с большим сечением. Соединенную таким образом группу опор заземляют в одном месте двойным заземляющим спуском на среднюю точку дроссель-трансформатора или непосредственно на тяговый рельс. В одной группе должны находиться только железобетонные или только металлические опоры контактной сети.

По условиям электрического сопротивления цепи «опора—рельс» в целях обеспечения надежного срабатывания защиты длину проводов группового заземления для группы опор определяют расчетом (по режиму к.з.).

Провод группового заземления присоединяют к рельсовой цепи по Т- или Г-образной схеме, при этом он секционируется у изолирующих стыков. Максимальные длины проводов группового заземления указаны в табл. П9 приложения 9.

При Т-образной схеме подключения провода заземляют в середине с таким расчетом, чтобы расстояние до крайней заземленной на групповой трос опоры было: при постоянном токе для железобетонных опор не более 600 м и для металлических — не более 300 м, а при переменном — не более 200 м. Если среди железобетонных опор имеются опоры с оттяжками, то расстояние от места заземления до них не должно превышать 300 м. При Г-образной схеме подключения также должны соблюдаться указанные выше расстояния от места заземления до крайней заземленной на трос опоры, т.е. для железобетонных опор 600 (200) м и металлических — 300 (200) м.

Опоры с роговыми разрядниками, ОПН и секционными разъединителями не присоединяют к тросу группового заземления, по условиям требований безопасности они должны иметь индивидуальные заземления.

Расстояние между местами присоединения к рельсам спусков группового заземления, разрядников и ОПН должно быть не менее 100 м.

Конструкции разрядников, ОПН и приводы разъединителей на участках постоянного тока изолируют от опоры изолирующими элементами с сопротивлением не менее 10 кОм и присоединяют наглухо на рельс или к дроссель-трансформатору. В тягу привода секционного разъединителя врезают изолирующую вставку.

Металлические поддерживающие устройства этих опор заземляют на рельс через искровой промежуток.

Опоры с низким сопротивлением (менее 100 Ом) исключают из группового заземления опор и подсоединяют индивидуально к рельсу через искровой промежуток, после чего принимают меры по повышению изоляции этих опор.

На линиях постоянного тока на искусственных сооружениях, пешеходных мостах и опорных устройствах могут находиться провода освещения, а также другие провода переменного тока. В этих случаях возникает опасность попадания токов промышленной частоты через заземляющие проводники в РЦ. Для предотвращения этой опасности и предупреждения электрокоррозии сооружения или опорного устройства устраивают так называемые нейтральные вставки, т.е. врезают между основной изоляцией и заземленными частями дополнительную изоляцию сопротивлением не менее 10 кОм. Все нейтральные элементы между основной и дополнительной изоляцией соединяют одним общим заземляющим проводником, который присоединяют наглухо к тяговому рельсу. Металлоконструкции моста или опорного устройства при выполнении таких нейтральных вставок заземляют на тяговый рельс через защитные устройства: при постоянном токе в цепь заземления включают диодно-искровой заземлитель, при переменном — два искровых промежутка, по одному в каждом спуске (см. ниже).

Защитные заземления опор контактной сети создают для блуждающих токов цепь «рельс—опора—фундамент—земля», приводящую к электрической коррозии анкерных болтов фундаментов и арматуры железобетонных опор. Для предотвращения этого явления, а также для обеспечения нормального функционирования РЦ автоблокировки и электрической централизации заземление на тяговую рельсовую сеть выполняется через специальные защитные устройства, препятствующие утечке тока с рельсов через конструкцию в землю. Для этого на опорах контактной сети устанавливают искровые промежутки, диодные и диодно-искровые заземлители (рис. 9.7), технические характеристики которых приведены в табл. 9.1.

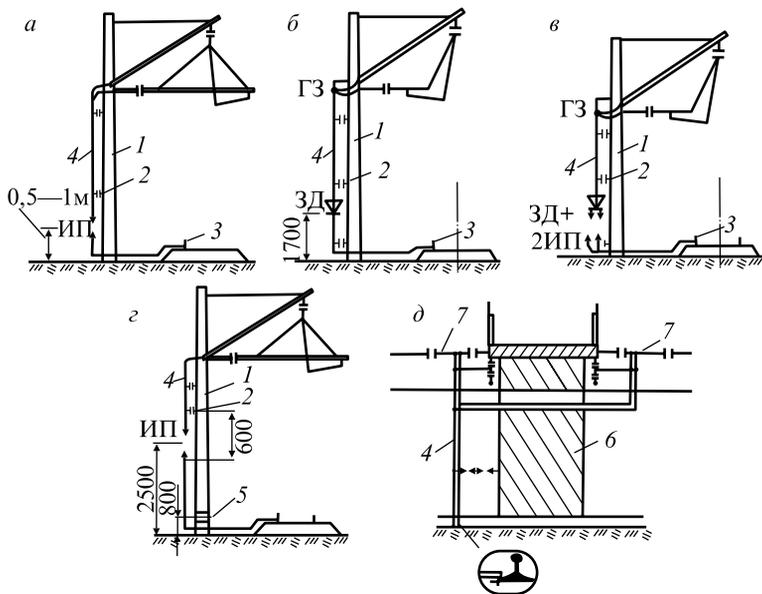


Рис. 9.7. Схемы установки защитных устройств в цепи заземления опор контактной сети: *а* — искровой промежуток; *б* — диодный и тиристорный заземлитель; *в* — диодно-искровой заземлитель; *з* — искровой промежуток (или диодный заземлитель) в общедоступных местах; *д* — заземление искусственного сооружения; 1 — опора контактной сети; 2 — изоляция; 3 — тяговый рельс; 4 — заземляющий спуск; 5 — хомут; 6 — искусственное сооружение; 7 — нейтральная вставка

Таблица 9.1

Технические характеристики защитных устройств

Защитное устройство	Тип	Допустимый ток длительностью 0,1 с, кА	Допустимое обратное напряжение, В	Напряжение открывания в прямом направлении, В
Искровой промежуток	ИП-3		800—1200	800—1200
	ИПМ-62	5—6	800—1200	800—1200
	ИПВ-ЦНИИ	5—6	800—1200	600—1200
Диодный заземлитель	ЗД-1	10	800	0,5
Тиристорный заземлитель		10	800	100—200
Диодно-искровой заземлитель	ЗД-1+2ИПМ-62(ИП-3)	5—6	1500—2000	800—1200

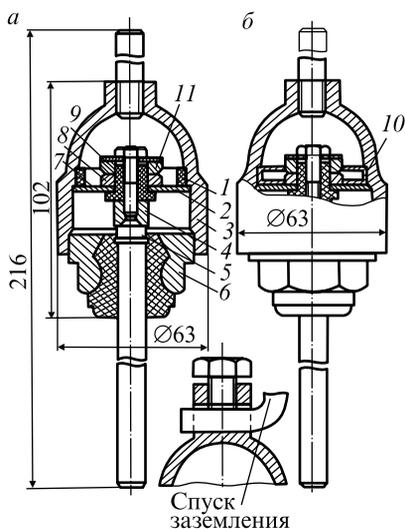


Рис. 9.8. Искровые промежутки ИПМ с пластмассовыми (а) и металлическими (б) экранами; 1 — кольцевой пластмассовый экран; 2 — стальная шайба; 3 — крышка; 4 — гайка; 5 — изолированный стержень; 6 — корпус; 7 — втулка изолирующая; 8, 9 — шайба контактная; 10 — металлический экран; 11 — слюдяная прокладка

Для предотвращения приваривания съемной вставки к крышке при пробое промежутка предусмотрен экран в виде карболитового кольца. Пробивное напряжение составляет 800—1200 В. Искровой промежуток с одной стороны присоединяют к заземляющему проводу, идущему к рельсу, и к опоре или заземляющему спуску, проложенному по опоре, с другой (см. рис. 9.7, а, з). В эксплуатации применяют также искровые промежутки ИП-3 (рис. 9.9) и искровые промежутки с вращающейся дугой ИПВ-ЦНИИ (рис. 9.10).

Искровые промежутки перед установкой проверяют на отсутствие в них к.з. мегаомметром с параллельным подключением вольтметра. При вращении ручки мегаомметра обращают внимание на стрелку вольтметра, которая при исправном состоянии искрового промежутка должна показывать величину напряжения в норми-

*Искровой промежуток* в нормальных условиях изолирует опору от рельсов. В том случае, когда на опору попадает высокое напряжение (при перекрытии или пробое изолятора или в результате соприкосновения с оборванными проводами), происходит пробой искрового промежутка и наступает глухое соединение опоры с электротяговым рельсом. Искровые промежутки устанавливаются на высоте 0,5—1,0 или 2,5 м (см. рис. 9.7, а, з).

Искровой промежуток ИПМ (рис. 9.8, а, б) состоит из корпуса с крышкой, внутри которого находится съемная вставка с двумя контактными шайбами и слюдяными прокладками между ними.

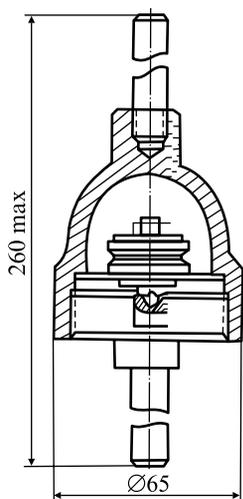


Рис. 9.9. Искровой промежуток ИП-3

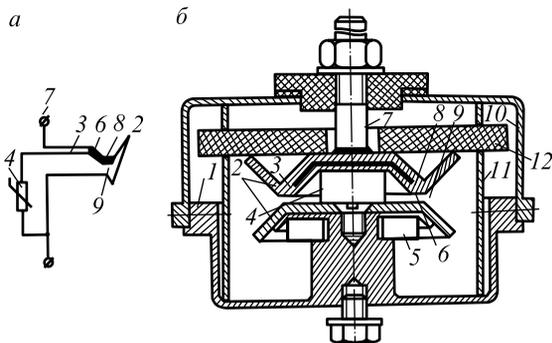


Рис. 9.10. Искровой промежуток с вращающейся дугой ИПВ-ЦНИИ: *а* — принципиальная электрическая схема; *б* — конструкция; 1 — корпус; 2 — рабочие электроды; 3 — вспомогательный электрод; 4 — высоковольтный варистор; 5 — кольцевой постоянный магнит; 6 — слюдяная прокладка; 7 — токопроводящая клемма; 8 — поджигающий искровой промежуток; 9 — воздушный промежуток; 10 — крышка; 11 — асбестовое кольцо; 12 — изоляционная планка

рованных пределах. Искровые промежутки в заземления опор устанавливаются в зависимости от зоны потенциалов рельс—земля и значения переходного сопротивления опоры—грунт—рельс.

В качестве **диодного заземлителя (ЗД)** применяют заземлитель ЗД-1, состоящий из трех параллельно соединенных вентилях ВЛ200 не ниже 8-го класса (рис. 9.11, *а, б*). Диодный заземлитель устанавливают на

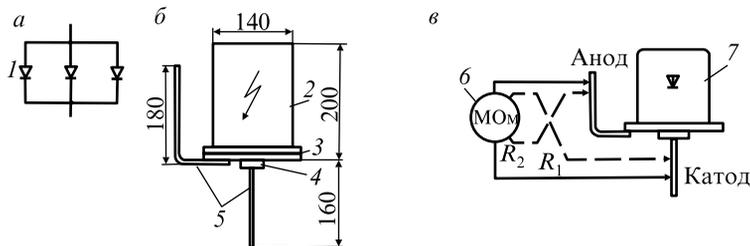


Рис. 9.11. Диодный заземлитель ЗД-1: *а* — электрическая схема; *б* — внешний вид; *в* — схема проверки диодного заземлителя перед установкой; 1 — диоды ВЛ200-8 или ВЛ200-10; 2 — корпус; 3 — герметизирующая прокладка; 4 — изолирующая втулка; 5 — монтажные выводы; 6 — мегаомметр; 7 — диодный заземлитель

высоте не менее 1,7 м от уровня земли, для предотвращения перетекания тока на железобетонных опорах его корпус и спуски изолируют от опоры. На корпусе заземлителя наносят знак высокого напряжения в виде красной стрелы, направленной острием вниз.

От троса группового заземления до диодного заземлителя присоединение осуществляют одинарным проводом того же сечения, что и трос группового заземления. Заземляющий спуск от диодного заземлителя к рельсам выполняют двойным стальным прутком диаметром 12 мм и присоединяют либо к средней точке дроссель-трансформатора, либо двумя болтовыми зажимами непосредственно к рельсу, но не ближе 200 м от сигнальной точки (дроссельного трансформатора) и 100 м от места присоединения к рельсам заземляющего спуска рогового разрядника.

Исправность диодного заземлителя перед установкой проверяют мегаомметром на 500 В (тип М-1101) по схеме (см. рис. 9.11, в). Измерения проводят дважды, меняя полярность подключения прибора. Сопротивление  $R_n$  у исправного диодного заземлителя должно быть  $R_1 \geq 100$  кОм, а при обратном подключении сопротивление  $R_2 = 0$ . Диодный заземлитель считается неисправным, если  $R_1 < 100$  кОм или  $R_2 > 0$ . Неисправность диодного заземлителя может быть вызвана потерей полупроводниковых свойств диодами или снижением уровня изоляции стержня от корпуса (изолирующей втулки).

В случае неисправности проверяют потерю полупроводниковых свойств каждого вентиля поочередным отсоединением гибкого вывода каждого вентиля от контактной пластины и прозвонкой мегаомметром 500 В.

К тросу группового заземления 2 (рис. 9.12) диодный заземлитель 3 подключают по Т-образной схеме, а секционирующие трос изоляторы 1 для исключения

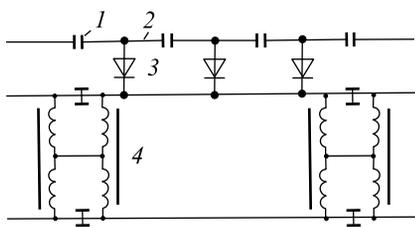


Рис. 9.12. Схема группового заземления с диодными заземлителями

шунтировки рельсовых цепей размещают напротив дроссель-трансформатора 4.

Перед вводом в эксплуатацию группового заземления с диодным заземлителем проверяют работу максимальной токовой защиты тяговых подстанций

и постов секционирования с учетом сопротивления троса группового заземления, для чего создают к.з. в наиболее удаленных точках на тросе группового заземления.

Защитное устройство на основе диодного заземления и искровых промежутков выполняется по схеме, показанной на рис. 9.13.

*Заземления на рельсовую цепь* выполняют следующим образом.

На участках постоянного тока металлические опоры, а также конструкции крепления контактной сети и ВЛ напряжением выше 1000 В на железобетонных опорах заземляют:

- через искровой промежуток — при индивидуальном заземлении опор, имеющих сопротивление ниже 10 кОм, а также при групповом заземлении в катодных зонах потенциалов рельсов;
- через диодный заземлитель — при групповом заземлении опор в анодных и знакопеременных зонах;
- через диодно-искровой заземлитель — при групповом заземлении, независимо от потенциальной зоны при сопротивлении цепи заземления опор менее 6 Ом на 1 км при подключении к тяговому рельсу и менее 5 Ом — при подключении к средней точке дроссель-трансформатора;
- наглухо при индивидуальном заземлении, если сопротивление цепи заземления не менее 10 кОм и если в отверстиях для закладных деталей имеются изолирующие втулки, а под хомутами — изолирующие прокладки.

Детали крепления траверсы (кронштейна) ВЛ напряжением выше 1 кВ подключают к заземляющему проводнику опоры контактной сети.

На опорах с разрядниками заземленный рог изолируют от опоры и отдельным проводником присоединяют к рельсу, а опору заземляют к рельсу через искровой промежуток другим одиночным заземлением.

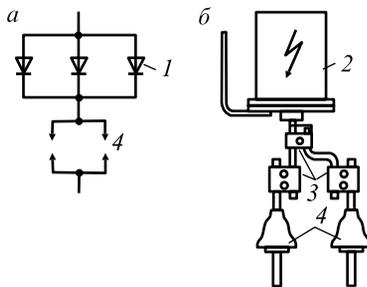


Рис. 9.13. Защитное устройство на основе диодного заземлителя и искровых промежутков: *а* — электрическая схема; *б* — внешний вид; 1 — диоды; 2 — диодный заземлитель; 3 — зажим плащечный; 4 — искровые промежутки

На питающих линиях постоянного тока искровые промежутки монтируют между опорой и отсасывающей линией или проводом группового заземления, на который заземлены опоры этой линии, а на питающих линиях переменного тока искровые промежутки не устанавливают.

На участках переменного тока металлические опоры, а также конструкции крепления контактной сети и ВЛ напряжением выше 1000 В на железобетонных опорах заземляют на рельсовую цепь:

- через искровой промежуток — при индивидуальном заземлении, если сопротивление опоры менее 100 Ом при подключении заземления к рельсу двухниточной рельсовой цепи и менее 5 Ом — к средней точке дроссель-трансформатора;
- через искровой промежуток — при групповом заземлении, если сопротивление цепи заземления опор менее 6 Ом на 1 км при подключении к рельсу двухниточной рельсовой цепи и менее 5 Ом — к средней точке дроссель-трансформатора;
- наглухо при индивидуальном или групповом заземлении в остальных случаях.

Если на опоре имеется разрядник или ОПН, то заземление устанавливают на этой опоре отдельно для опоры и разрядника (ОПН). На изолированных гибких поперечинах заземляют обе опоры.

Сооружения и конструкции, расположенные в общедоступных местах (посадочные платформы, места посадки и высадки пассажиров, не имеющие посадочных платформ, переезды и переходы на уровне железнодорожных путей, места систематической погрузки и выгрузки или прохода пассажиров, пешеходные и сигнальные мостики), на участках переменного тока заземляют наглухо двойными проводниками.

На участках постоянного тока может быть выполнена специальная защита опор контактной сети, изолированных от рельса (ЗОИР), которая исключает электрокоррозию металлической арматуры опор и фундаментов опор контактной сети. В этом случае все опоры контактной сети перегона или станции соединяют тросом или проводом через искровые промежутки. При пробое изоляции на какой-либо опоре пробивается искровой промежуток и дополнительный провод становится под потенциал контактной сети, после чего срабатывает короткозамыкатель и воздействует на быстродействующий выключатель, который, в свою очередь, отключает контактную сеть.

Кроме защитных заземлений на контактной сети применяют *рабочие заземления*. Их устанавливают для комплектных трансформаторных подстанций, сигнальных указателей «Опустить токоприемник» и т.п. В этих случаях, как и для отсасывающей линии тяговой подстанции, без предварительного отключения оборудования не допускается отсоединять заземление от рельса. Для отличия рабочего заземления от защитного на зажиме заземления наносят знаки опасности в виде красной стрелы.

### 9.3. Защита контактной сети от перенапряжений

Для снижения уровня возникающих в контактной сети перенапряжений и обеспечения надежного срабатывания защиты на контактной сети устанавливают специальные разрядники, при пробое которых контактная сеть кратковременно соединяется с рельсами и ток разряда уходит в землю. Разрядники устанавливают на опорах контактной сети, кроме анкерных и других опор, которые имеют оттяжки, так как при срабатывании разрядника оттяжки могут быть повреждены, что может привести к падению опоры.

На контактной сети применяют *роговые разрядники* с двумя последовательно расположенными искровыми промежутками по  $5^{+1}$  мм при постоянном токе и  $45^{+5}$  мм — при переменном (рис. 9.14, а, б). Двойной искровой промежуток создают в целях исключения ложного срабатывания при случайном замыкании одного из них (например, птицей).

Роговые разрядники располагают на кронштейнах или на вершинах опор и для улучшения осмотра с поезда — перпендикулярно или под углом  $45^\circ$  к оси пути. Над роговым разрядником на расстоянии до 2 м располагать какие-либо провода не допускается. Один из крайних рогов присоединяют к контактной сети проводником сечением не менее  $25 \text{ мм}^2$  по меди. Второй крайний рог присоединяют к тяговому рельсу. Для изготовления рогов используют стальной пруток диаметром 12 мм.

Роговые разрядники располагают на линиях постоянного тока обычно на переходных опорах сопряжений анкерных участков так, чтобы расстояние от него до анкерных несущего троса и контактного провода было не более двух пролетов между опорами, а до секционного разъединителя — не далее одного пролета.

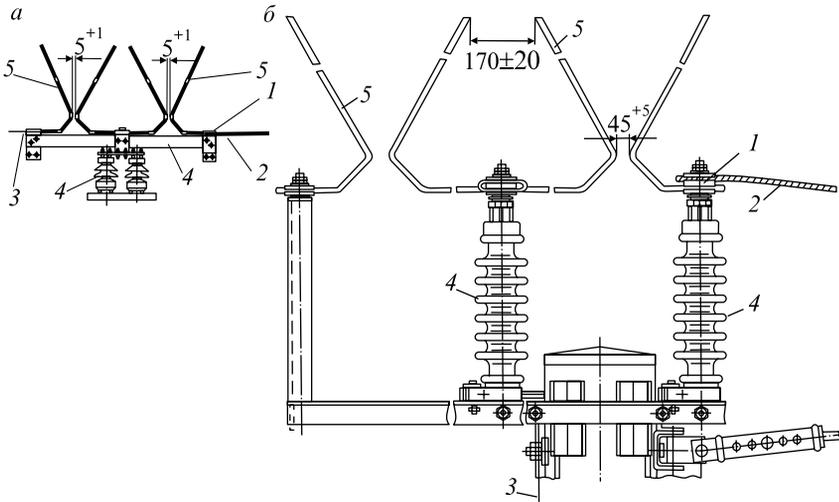


Рис. 9.14. Роговый разрядник для участков постоянного (а) и переменного (б) тока; 1 — держатель проводов опорного изолятора; 2 — провод к контактной подвеске; 3 — провод к общей линии заземления; 4 — изоляторы; 5 — дугогасящие рога

В последнее время получили широкое распространение *ограничители перенапряжения*, которые к контактной сети подключают через роговый разрядник с одинарным воздушным промежутком  $10^{+2}$  мм для постоянного тока и  $80^{+5}$  мм для переменного, зашунтированный плавкой вставкой из одной медной проволоки диаметром 1,4 мм или из двух медных проволок диаметром каждой 0,68 мм (рис. 9.15, а).

ОПН и роговый разрядник должны монтироваться на одной раме, а основание ОПН, на котором расположен зажим для подключения заземляющих проводников, должно быть изолировано от рамы с сопротивлением изоляции не менее 10 кОм.

ОПН присоединяют к электрическим поперечным соединителям проводами М-70 или ПБСМ-70, а на питающих линиях и ВЛ 10 (6), 35 кВ и ДПР 25 кВ непосредственно к проводам линии проводами (шлейфами) сечением не менее  $25 \text{ мм}^2$  по меди (рис. 9.15, б).

На ВЛ 6—35 кВ и ДПР 25 кВ применяют *вентильные и трубчатые разрядники* РТ-35, дополненные внешним искровым промежутком

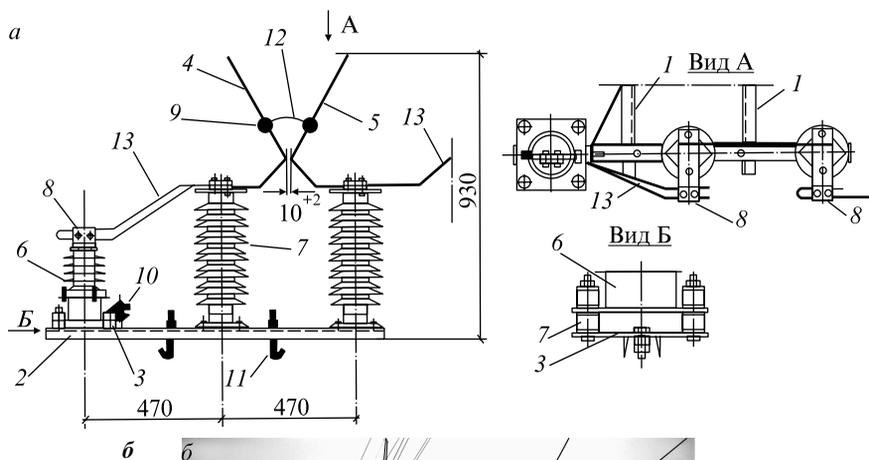


Рис. 9.15. Ограничитель перенапряжения постоянного тока (а); установка ОПН на опоре (б): 1 — кронштейн; 2 — балка разрядника; 3 — планка опорная; 4, 5 — дугогасящие рога; 6 — ОПН; 7 — изолятор; 8, 9, 10 — зажимы соединительный, струновой, заземляющий; 11 — болт крюковой; 12 — проволока  $\varnothing 1,4$  мм; 13 — провод М-70 или ПБСМ-70

40 мм (рис. 9.16). Трубчатый разрядник состоит из бакелитовой трубки с внутренним диаметром 10 мм и двумя металлическими наконечниками. Внутри бакелитовой трубки находится фибровая трубка со стержневым электродом. Между этим электродом и одним из металлических наконечников бакелитовой трубки имеется зазор длиной 175 мм, который образует внутренний искровой промежуток. Пределы отключаемого тока трубчатого разрядника 0,8—5 кА.

При перенапряжении на ВЛ 6—35 кВ, ДПР 25 кВ внутренний искровой промежуток перекрывается. Под действием высокой тем-

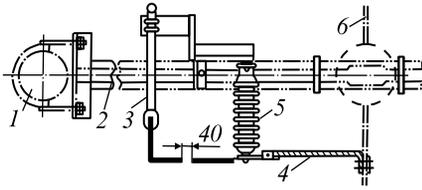


Рис. 9.16. Расположение трубчатого разрядника на опоре: 1 — опора; 2 — кронштейн; 3 — разрядник; 4 — электрический соединитель; 5 — изолятор; 6 — провод ВЛ

пературы образовавшейся дуги фибра выделяет большое количество газов, которые при выхлопе обеспечивают гашение дуги. Внешний искровой промежуток, выполненный из стального прутка диаметром 10 мм, служит для предохранения органической изоляции разрядника от разрушения токами утечки.

Трубчатые разрядники крепят к заземленным конструкциям таким образом, чтобы элементы конструкции и подвижного состава не препятствовали свободному выхлопу газов при срабатывании разрядников. Для предотвращения возможности скопления влаги во внутренней полости разрядника его устанавливают открытым концом под углом не менее  $15^\circ$ , а в местах усиленного загрязнения — до  $45^\circ$  к горизонтали.

Электрод внешнего искрового промежутка, закрепляемого стержневым изолятором, соединяют с проводом воздушной линии медным проводом площадью сечения не менее  $25 \text{ мм}^2$ .

Заземляющий провод ограничителя перенапряжения, а также рогового и трубчатого разрядника присоединяют к тяговому рельсу, а вдали от путей — к индивидуальному контуру заземления с сопротивлением не более 3 Ом при постоянном токе и 10 Ом при переменном.

При новом строительстве, обновлении, реконструкции и капитальном ремонте контактной сети электрифицированных участков скоростных, особогрузонапряженных, а также I и II категорий железных дорог применяют ОПН вместо разрядников. Места установки разрядников и ОПН, а также технические характеристики ОПН приведены в приложении 10.

## 9.4. Защитные устройства и ограждения

Для предупреждения возможности случайного прикосновения к проводам контактной сети на всех путепроводах и мостах, расположенных над электрифицированными путями, предусматривают предохранительные вертикальные или горизонтальные щиты

высотой 2 и шириной не менее 1 м в каждую сторону от частей, находящихся под напряжением. На лестницах пешеходных мостов, проходящих вдоль контактной сети, где расстояние до нее менее 2 м, устанавливают предохранительные щиты. Они могут быть деревянными или металлическими с сеткой в верхней части с ячейками 20×20 мм. На предохранительных щитах укрепляют плакаты со знаком высокого напряжения (красная стрела, направленная острием вниз) и надписью *«Высокое напряжение — опасно для жизни»*.

В местах подключения отсасывающих линий, рабочих заземлений АТП, КТП и пунктов подготовки пассажирских составов с электрическим отоплением, а на участках переменного тока еще и группового заземления опор и волновода к дроссель-трансформаторам (выравнивающим дросселям) или рельсам, устанавливают предупреждающий знак высокого напряжения (красная стрела размерами по высоте не менее 160 мм и по ширине (наибольшей) — не менее 30 мм).

Такой же знак устанавливают на опорах контактной сети и ВЛ в населенной местности, на станциях, пассажирских платформах, остановочных пунктах, у переездов и переходов на высоте 2,5—3 м от земли.

На опорах контактной сети и опорах для освещения, имеющих габарит менее 2,45 м от оси ближайшего пути, выполняют предупредительную окраску — чередующиеся желтые и черные полосы на высоте от 1 до 2 м от УГР.

В местах выполнения погрузочно-разгрузочных работ и сближения с автомобильными дорогами, где существует опасность наезда транспорта, опоры и оттяжки защищают отбойными тумбами, стенками и другими устройствами.

На переездах через электрифицированные пути по обеим сторонам устанавливают дорожные запрещающие знаки для автомобильного транспорта «Ограничение высоты 4,5 м», запрещающие провоз через переезд негабаритных грузов. В пределах переезда высота контактного провода над УГР должна быть не менее 6 м.

Для предупреждения машиниста о проследовании с опущенным токоприемником применяют временные сигнальные знаки: *«Подготовиться к опусканию токоприемника»*, *«Опустить токоприемник»* и *«Поднять токоприемник»* (рис. 9.17), а о проследовании с отключением тока предупредительные сигнальные знаки: *«Отключить ток»*, *«Включить ток на электровозе»*, *«Включить ток на элект-*

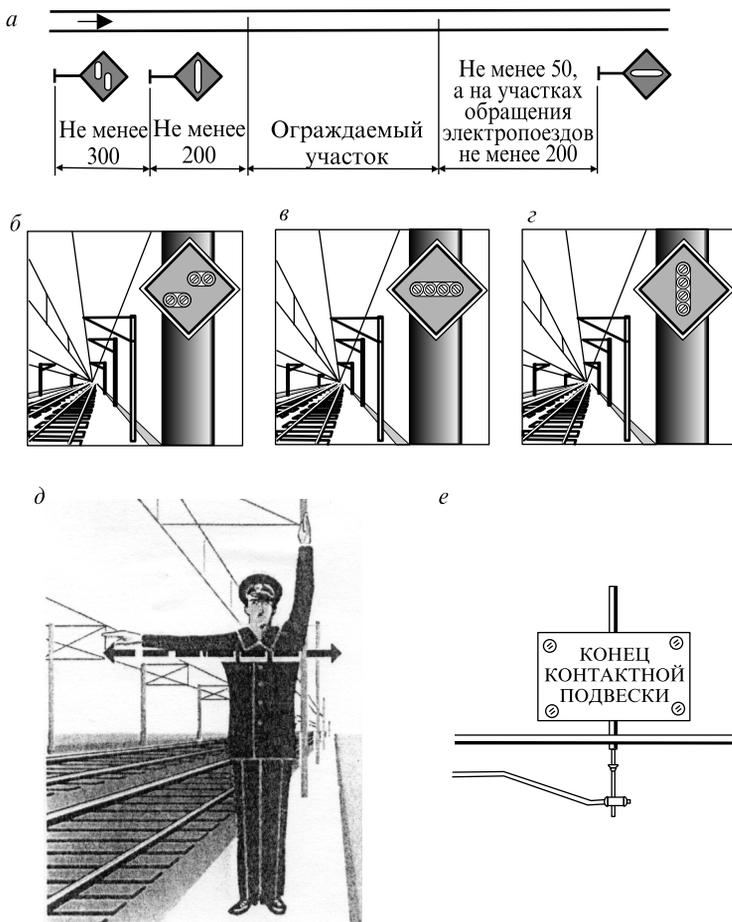


Рис. 9.17. Временные сигнальные знаки: а – схема установки; б — сигнальный знак «Подготовиться к опусканию токоприемника»; в — сигнальный знак «Опустить токоприемник»; г – сигнальный знак «Поднять токоприемник»; д — ручной сигнал «Опустить токоприемник»; е — предупредительный сигнальный знак «Конец контактной подвески»

тропезде). Щиты сигнальных знаков окрашены в синий цвет, а сами знаки — в белый. Знаки снабжены отражательными элементами или применены светоотражательные материалы белого цвета,

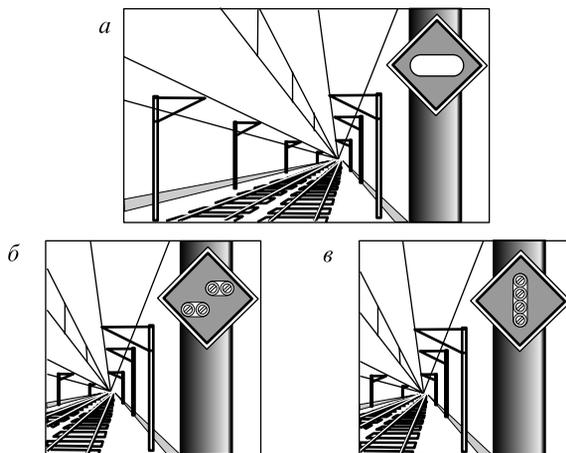


Рис. 9.18. Сигнальный указатель «Опустить токоприемник» (а); постоянный сигнальный знак «Внимание! Токораздел» (б); постоянный сигнальный знак «Поднять токоприемник» (в)

обеспечивающие их видимость ночью. На путях с двусторонним движением поездов знаки устанавливают для каждого направления движения отдельно.

На участках постоянного тока перед изолирующим сопряжением на расстоянии не более одного пролета устанавливают сигнальный световой указатель «Опустить токоприемник» (рис. 9.18), в котором мигающая светящаяся полоса прозрачно-белого цвета предупреждает машиниста о необходимости опускания токоприемника при проследовании воздушного промежутка. Перед сигнальным указателем на расстоянии 300 м устанавливают знак «Внимание! Токораздел», а за изолирующим сопряжением — «Поднять токоприемник» на расстоянии не менее 50 м при электровозной тяге и не менее 200 м при обращении электропоездов. При обращении 12 вагонных электропоездов сигнальный знак «Поднять токоприемник» устанавливается не ближе 250 м. Щиты этих знаков окрашены в черный цвет, они по форме аналогичны временным сигнальным знакам этого же назначения.

Переходные опоры в пределах изолирующих сопряжений обозначают чередующимися четырьмя черными и тремя белыми горизонтальными полосами, при этом первую опору по направле-

нию движения, кроме того, — дополнительно вертикальной черной полосой. Это обозначение предупреждает машиниста, что в этом месте остановка ЭПС с поднятыми токоприемниками во избежание пережога контактных проводов не разрешается.

Там, где железнодорожный путь оборудован контактной подвеской частично, для предупреждения проезда ЭПС за пределы подвески на контактном проводе укрепляют предупредительный сигнальный знак «*Конец контактной подвески*» (рис. 9.17, е). Его устанавливают в том месте, где отходящий в сторону контактный провод находится на расстоянии 400 мм от оси токоприемника или перед врезанным в контактный провод изолятором.

Для предупреждения обслуживающего персонала в местах повышенной опасности устанавливают предупреждающие знаки — красную стрелу или плакат «*Внимание! — Опасное место*».

## 9.5. Контрольные вопросы

1. Какие имеются схемы рельсовых цепей? В чем отличие двухниточных рельсовых цепей от однониточных?
2. Что такое катодная, анодная и знакопеременная зоны?
3. Как осуществляется заземление конструкций и опор контактной сети?
4. Какие защитные устройства устанавливаются в цепи заземления опор контактной сети?
5. Как защищается контактная сеть от перенапряжений?
6. В каких местах устанавливают разрядники и ограничители перенапряжения при постоянном и переменном токе?
7. Как работают ограничители перенапряжения и разрядники?
8. Какие сигнальные знаки и указатели устанавливаются на контактной сети? Их назначения.

---

---

## **Глава 10. Взаимодействие контактных подвесок и токоприемников**

### **10.1. Конструкции и основные характеристики токоприемников**

Токоприемники электроподвижного состава (ЭПС) — это тяговые электрические аппараты, предназначенные для создания электрического контакта с контактной подвеской (контактным проводом). Конструкция токоприемника должна обеспечивать съем тока с контактного провода заданного значения при максимальной скорости движения, на которую рассчитан ЭПС.

На электрифицированных железных дорогах эксплуатируются токоприемники разнообразных конструкций. Объясняется это тем, что электрификация железных дорог осуществляется как на постоянном, так и на переменном токе, а применяемый ЭПС имеет различную мощность и конструктивную скорость. Наибольшее распространение получили токоприемники пантографного типа.

На электровозах и моторвагонном подвижном составе (электропоездах) переменного тока устанавливают токоприемники ТЛ-13У. На электровозах постоянного тока наибольшее применение получили токоприемники П-3, П-5 и 10РР, а на электропоездах постоянного тока — ТЛ-13У или ТЛ-13М; используют также токоприемники П-1 и ДЖ-5. Токоприемники ТЛ-13У и ТЛ-14М (рис. 10.1, *а*) различаются типами полоза (с угольными вставками, металлокерамическими и металлоуглеродными пластинами).

Токоприемники представляют собой сложные пространственные механизмы, состоящие из системы различных рычагов и легких рам, шарнирно соединенных между собой и обеспечивающих перемещение ползцов по вертикали. Ползцы закрепляют на рамах с помощью кареток, обеспечивающих необходимое подрессоривание ползцов, а также их

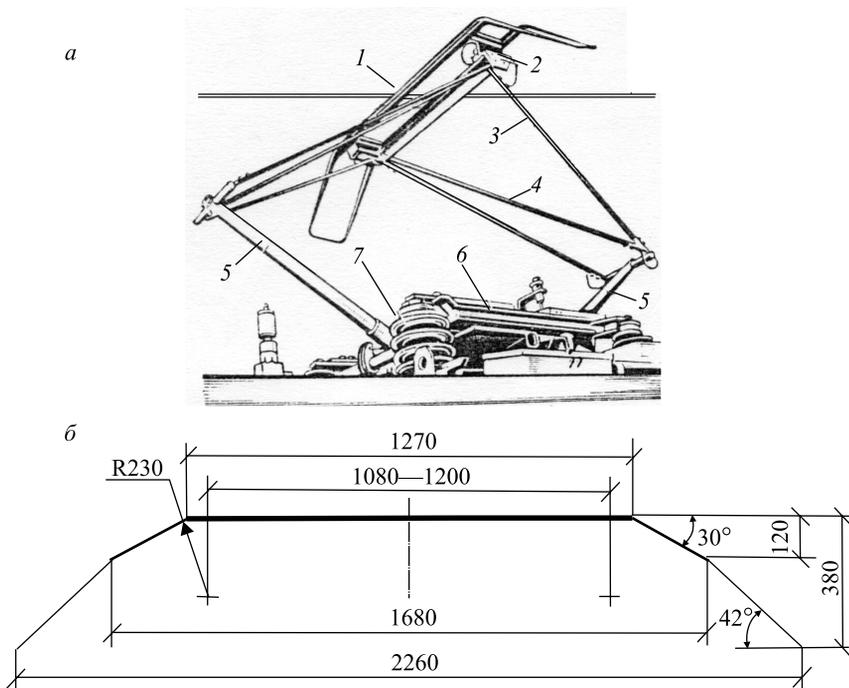


Рис. 10.1. Общий вид токоприемника ТЛ-14М (а); конфигурация и размеры ползов для всех типов токоприемников (б); 1 — полз; 2 — каретка; 3 — верхняя подвижная рама; 4 — диагональная тяга; 5 — рычаг нижней подвижной рамы; 6 — основание; 7 — изолятор

угловое перемещение относительно верхнего шарнира рам токоприемника. Подъемно-опускающие механизмы токоприемников (рис. 10.2) состоят из подъемных 1 и опускающих 2 пружин, пневматического цилиндра 3 и системы рычагов 4 пневматического привода. Опускающие пружины могут быть размещены внутри пневматического цилиндра (рис. 10.2, а, б) или выполнены в виде наружных пружин (рис. 10.2, в). С целью уменьшения массы пневматического цилиндра его выполняют ступенчатым: больший диаметр имеет та часть, в которой перемещается поршень, меньший — где расположена пружина.

Токоприемники с подъемно-опускающими механизмами работают следующим образом. Когда давление воздуха в пневматическом цилиндре соответствует атмосферному и опускающая

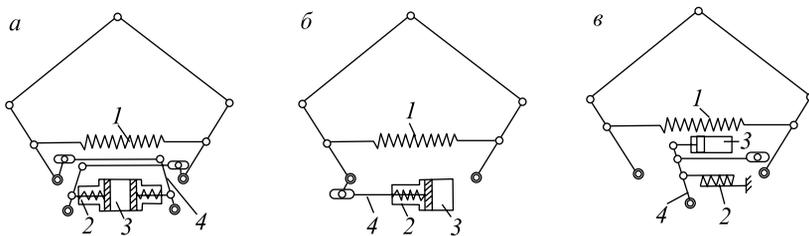


Рис. 10.2. Схемы подъемно-опускающих механизмов токоприемников:  
*a* — ТЛ-13У, ТЛ-14М; *б* — П-5, 10РР; *в* — П-3, ДЖ-5

пружина разжата, токоприемник находится в опущенном положении. Для подъема токоприемника в цилиндр через редукционное устройство (клапан) подается сжатый воздух, который перемещая поршень и связанную с ним систему рычагов, сжимает опускающие пружины. При этом подъемные пружины, находившиеся в растянутом состоянии, сокращаются и поднимают нижние и верхние рамы токоприемника, вследствие чего его полозья прижимаются к контактному проводу. Для опускания токоприемника выпускают сжатый воздух из цилиндра, опускающие пружины разжимаются и через систему рычагов передают усилия на рамы токоприемника; при этом подъемные пружины растягиваются, а вся подвижная система токоприемника возвращается в начальное положение.

Редукционные клапаны в пневматических цилиндрах токоприемников предназначены для автоматического изменения скорости вертикального перемещения полоза при подъеме и опускании токоприемника. Они обеспечивают быстрый начальный подъем опущенного токоприемника, а затем медленное его приближение к контактному проводу, чтобы полоз коснулся контактного провода без удара. При опускании токоприемника полоз быстро отрывается от контактного провода, а затем медленно опускается вниз. Такие режимы достигаются автоматическим регулированием скорости подачи сжатого воздуха в цилиндр и выпуска его в атмосферу. Время подъема токоприемника из сложенного положения до максимальной рабочей высоты (7,0 м) при номинальном давлении сжатого воздуха должно составлять 4—12 с, а время опускания — 3—8 с.

При движении ЭПС постоянный контакт полоза токоприемника с контактными проводами в случае изменения его высоты обеспечивается перемещением подвижной системы токоприемника и работой его подъемных пружин.

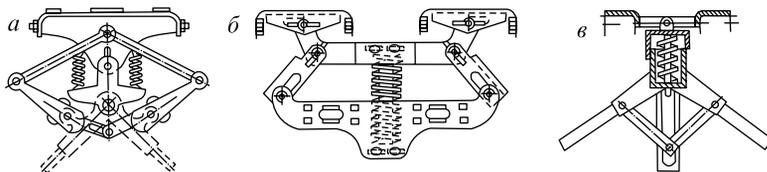


Рис. 10.3. Каретки токоприемников: *a* — ДЖ-5; *б* — П-3; *в* — 10РР

Каретки токоприемников (рис. 10.3) предназначены для улучшения качества токосъема при проходе «жестких» точек (мест с резким уменьшением эластичности контактного провода или наличием на нем сосредоточенных масс — зажимов и др.) и струновых пролетов цепной контактной подвески, в которых контактный провод имеет неодинаковую эластичность. В эти моменты ползсы вертикально перемещаются только каретки, т.е. с контактным проводом взаимодействует не весь токоприемник, а только его верхний узел, имеющий небольшую массу. Это уменьшает динамическую составляющую нажатия токоприемника на контактный провод, что обеспечивает лучшее качество токосъема, особенно при высоких скоростях движения поездов. В двухползновых токоприемниках каретки обеспечивают также равномерное нажатие между ползсами.

Качественный токосъем токоприемниками при более высоких скоростях движения обеспечивают демпфированием их рам, а в некоторых случаях — и ползсов. Демпфирование рам осуществляют с помощью телескопических гидравлических демпферов.

Элементы токоприемника перемещаются вертикально при его движении вдоль контактной подвески из-за неодинаковой эластичности контактного провода в струновых пролетах, в середине пролета и у опор, местных изменений высоты подвеса контактного провода над УГР у искусственных сооружений, на станциях и т.п.

Неодинаковая эластичность контактного провода в струновых пролетах вызывает вертикальные колебания ползсы токоприемника с амплитудой 30—40 мм и длиной волны 5—10 м, а в середине пролета и у опор — с амплитудой 100—150 мм при длине волны 50—80 м. Местные изменения высоты подвеса контактного провода у искусственных сооружений и на станциях (выполняемые с постепенным уклоном контактного провода, например 0,002) вызывают значительные

вертикальные перемещения полоза токоприемника, достигающие 0,5—1,2 м. Таким образом, на большей части линии полз токоприемника совершает вертикальные перемещения с амплитудой до 0,35 м и только на коротких участках пути — значительные вертикальные перемещения, достигающие 1,2 м. Этим обстоятельством пользуются при разработке конструкций токоприемников для высоких скоростей движения.

Чтобы обеспечить большой рабочий ход (1,2 м) и качественный токосъем при высоких скоростях движения, токоприемники выполняют сдвоенными (двухступенчатыми), т.е. из двух расположенных одна над другой подвижных систем. Верхняя подвижная система с рабочим ходом 0,4—0,5 м и небольшой массой взаимодействует с контактной подвеской по высоте в пределах разности отжатий контактного провода в середине пролета и у опор; а обе подвижные системы — на участках со значительным изменением высоты подвеса контактного провода над УГР.

Одной из разновидностей таких токоприемников является токоприемник Сп-6М (рис. 10.4, *а*). Он состоит из двух подвижных систем: нижней в виде параллелограмма 1 и верхней 2 в виде пятизвенника. При небольших изменениях высоты контактного провода ( $\pm 0,3$  м) с ним взаимодействует только верхняя система, име-

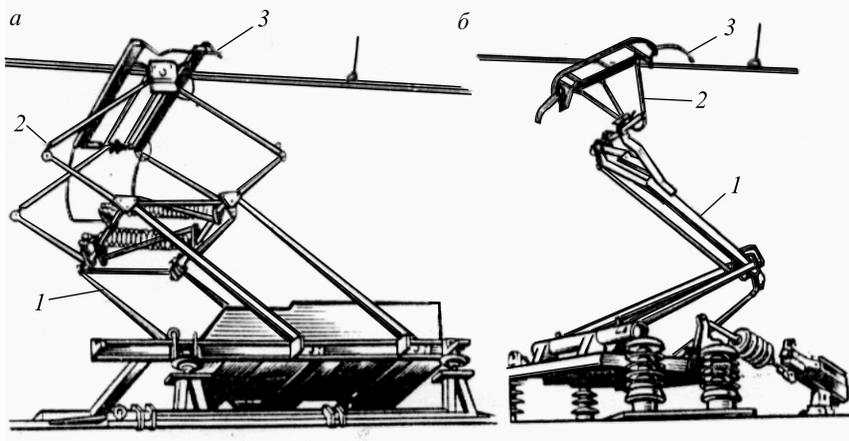


Рис. 10.4. Двухступенчатые (сдвоенные) токоприемники:  
*а* — отечественный Сп-6М; *б* — французских железных дорог;  
1 и 2 — нижняя и верхняя подвижные системы; 3 — полоз

ющая меньшую массу (24,5 кг), нижняя система при этом остается неподвижной. При значительных изменениях высоты контактного провода вступает в работу и нижняя система токоприемника. Достигается это автоматически с помощью пневматической связи между верхней и нижней подвижными системами. Этот токоприемник имеет следующие характеристики: допустимый длительный ток при движении 1650 А, рабочий ход 2,15 м, ширина полоза 440 мм, масса полоза 15 кг, приведенная масса токоприемника 24,5 кг.

В верхней и нижней системах токоприемника установлены двухсторонние (симметричные) гидравлические демпферы.

Во Франции для скоростей движения до 400 км/ч создан сдвоенный токоприемник (рис. 10.4, б). Функцию нижней подвижной системы в нем выполняет упрощенная рама токоприемника АМ с демпферами, а верхней подвижной системы — небольшой асимметричный токоприемник АМ массой 14 кг с рабочим ходом 0,4 м. Нижняя система, как и у токоприемника Сп-6М, вступает в работу только при значительных изменениях высоты контактного провода над УГР. Такая работа токоприемника достигается соответствующим демпфированием нижней и верхней подвижных систем токоприемника гидравлическими амортизаторами.

Для линий, рассчитанных на скорость движения поездов 250—350 км/ч, рабочий диапазон высоты (разность между максимальной и минимальной) подвеса контактного провода над УГР принимают не более 0,5—0,55 м. Это позволяет использовать легкие малогабаритные токоприемники с небольшим рабочим ходом (не более 0,85 м). Соприкосновение с контактным проводом осуществляется через токосъемные пластины (вставки): медные (в настоящее время не применяются — заменены металлокерамическими), а при незначительных снимаемых токах — угольные.

Разработаны также металлоуглеродные токосъемные вставки и унифицированный полоз для них. Вставка имеет овальную контактную поверхность.

Конструкцию токоприемника для определенных условий эксплуатации выбирают по нагрузочной способности с учетом его статической и аэродинамической характеристик, а также приведенной массы.

*Нагрузочная способность* токоприемника — это значение рабочего тока, который токоприемник может снимать с контактного провода. Нагрузочную способность токоприемников устанавливают для двух режимов — движения и стоянки ЭПС.

По нагрузочной способности различают токоприемники тяжелого (Т) и легкого (Л) типов. Токоприемники типа Т предназначены

для грузовых и пассажирских электровозов постоянного тока и двойного питания. При движении ЭПС они должны обеспечивать съём с контактного провода длительного тока 2200 А, а на стоянке — 300 А для расчетного зимнего режима и 160 А — для летнего.

Токоприемники типа Л предназначены для грузовых и пассажирских электровозов переменного тока, для электропоездов переменного и постоянного тока. При движении ЭПС они должны обеспечивать съём с контактного провода длительного тока 500 А, при стоянке — 80 А для расчетного зимнего режима и 50 А для летнего. Максимальный ток, снимаемый в течение более 1 мин, для токоприемников обоих типов составляет не более 1,4 длительного тока.

Статическое нажатие токоприемника, разницу между наибольшим и наименьшим нажатиями и двойное значение сопротивления трения в шарнирах, приведенное к контактной поверхности полозов, определяют по *статической характеристике*, представляющей собой зависимость активного (при движении вверх) и пассивного (при движении вниз) нажатий, создаваемых подъемными пружинами, от положения полза по высоте.

Статическую характеристику снимают динамометром  $I$  при отключенных опускающих пружинах (рис. 10.5, *а*). Показания динамометра записывают через каждые 100 мм с погрешностью  $\pm 1$  Н при плавном движении полза в одном направлении (вверх и вниз). По полученным данным строят характеристику активного и пассивного нажатий. Статическое нажатие на контактный провод в диапазоне рабочей высоты у токоприемников типа Т должно быть: активное (не менее) 100 Н, пассивное (не более) 130 Н; у токоприемников типа Л — соответственно 60 и 90 Н.

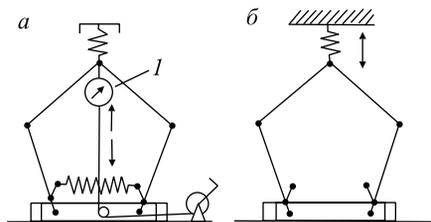


Рис. 10.5. Схема измерений для определения характеристик токоприемника: *а* — статической; *б* — приведенной массы

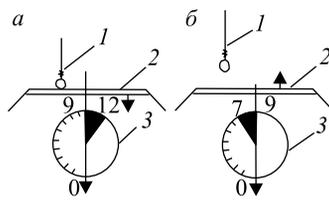


Рис. 10.6. Схема снятия статической характеристики токоприемников при опускании (*а*) и подъеме (*б*) токоприемника;  $I$  — контактная подвеска; 2 — полз токоприемника; 3 — динамометр

Разница между наибольшими и наименьшими нажатиями при одностороннем движении токоприемника в диапазоне рабочей высоты должна составлять не более 15 Н у токоприемников типа Т и 10 Н — типа Л. Двойное значение трения в шарнирах, приведенное к контактной поверхности полозов, у этих токоприемников соответственно не более 30 и 20 Н. Схема снятия статических характеристик токоприемников ЭПС приведена на рис. 10.6. Технические характеристики токоприемников приведены в табл. 10.1 и 10.2. Высота подъема токоприемника от УГР — 7 м.

Таблица 10.1

**Технические характеристики токоприемников**

Тип токоприемника	Статическое нажатие, Н		Время, с	
	при подъеме, не менее	при опускании, не более	подъем до максимальной рабочей высоты	опускание от максимальной рабочей высоты
ДЖ-5, ДЖ5К	70	90	3—7	3—5
П-1Б, П-1В	70—90	90—110	4—7	3,2—5
ТЛ-13У	60	90	4—7	4—7
ТЛ-13У1	60	90	4—7	4—7
ТЛ-1У-01	60	90	7	4—7
10PP2, 10PP5, 9PP, 13PP, 7PP	80	120	7—12	5—7
2SL-1	65	105	4—6	5—8
П5А, Т-5м (П-5)	100	130	4—7	4—7

Таблица 10.2

**Предельные характеристики для всех токоприемников по нажатию**

Характеристики	Тип токоприемника	
	Тяжелый (двухполозный)	Легкий (однополозный)
Нажатие пассивное статическое (опускание) активное статическое (подъем)	Не более 130 Н Не менее 100 Н	Не более 90 Н Не менее 60 Н
Разница между наибольшим и наименьшим нажатием при движении в диапазоне рабочей высоты токоприемника	Не более 15 Н	Не более 10 Н
Разница между нажатием на контактный провод при подъеме и опускании токоприемника	Не более 30 Н	Не более 20 Н

*Аэродинамическая характеристика* токоприемника представляет собой зависимость подъемной силы токоприемника от скорости воздушного потока (скорости движения токоприемника). Ее получают в результате продувок токоприемника в аэродинамической трубе или линейными испытаниями. Аэродинамическую характеристику определяют при расположении полоза на высоте, соответствующей середине рабочего диапазона токоприемника. Аэродинамическое нажатие токоприемника, обусловленное аэродинамической подъемной силой

$$P_{\text{аэ}} = \alpha v_{\text{т}}^2,$$

где  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий аэродинамические свойства элементов подвижных рам и полозов;

$v_{\text{т}}$  — скорость движения токоприемника или скорость встречного воздушного потока.

Испытания токоприемников показывают, что их аэродинамическая подъемная сила зависит главным образом от аэродинамической характеристики полоза: подъемная сила рам обычно не превышает 30 % подъемной силы полозов.

Динамическая составляющая нажатия токоприемника

$$P_{\text{д}} = m_{\text{т}} a,$$

где  $m_{\text{т}}$  — приведенная масса токоприемника, кг;

$a$  — ускорение, получаемое этой массой в вертикальном направлении, м/см<sup>2</sup>.

*Приведенной массой* токоприемника называют такую массу, которая, будучи сконцентрирована в точке соприкосновения полоза с контактным проводом, оказывает такое же воздействие на контактную подвеску, как и рассматриваемый токоприемник. Приведенная масса токоприемника зависит как от его геометрических размеров, так и от жесткости пружин кареток полоза, трения в шарнирах подвижных рам, размера демпфирования рам и полоза токоприемника; она несколько изменяется от высоты подъема токоприемника.

Для практических целей приведенную массу токоприемника  $m_{\text{т}}$  с подрессоренным полозом принимают равной сумме массы полоза  $m_{\text{п}}$  и приведенной массы подвижных рам  $m_{\text{р}}$ , т.е.  $m_{\text{т}} = m_{\text{п}} + m_{\text{р}}$ .

Приведенную массу подвижных рам токоприемника  $m_{\text{р}}$  на различной высоте его подъема определяют по периоду свободных

колебаний подвижной системы при отключенных пружинах (см. рис. 10.5, б). Токоприемник подвешивают за верхний шарнир на пружине с известной жесткостью, раскачивают его и определяют период свободных колебаний. Испытания производят во всем рабочем диапазоне токоприемника через каждые 100 мм.

Приведенная масса  $m_p$  для каждой высоты подъема токоприемника

$$m_p = \frac{4\pi^2}{T_p} жс,$$

где  $T_p$  — период свободных колебаний рам токоприемника;

$жс$  — жесткость пружины.

По полученным данным строят график изменения приведенной массы в зависимости от высоты подъема токоприемника. Этот график называют динамической характеристикой токоприемника. У токоприемников типов Л и Т, предназначенных для скоростей движения до 160 км/ч, приведенная масса соответственно не более 33 и 45 кг.

## 10.2. Эластичность контактных подвесок

Контактные подвески являются эластичными конструкциями, поэтому при движении токоприемника контактный провод отжимается вверх. Значение этого отжатия в различных точках пролета зависит от эластичности контактной подвески в комплексе.

*Эластичность* контактной подвески в рассматриваемой точке пролета характеризуется значением отжатия контактного провода под действием приложенной к нему вертикальной силы 1 Н. Эту величину называют коэффициентом эластичности или просто эластичностью  $\varepsilon$  контактной подвески, например,  $\varepsilon = 0,5$  мм/Н. Это значит, что при приложении к контактному проводу цепной подвески вертикальной силы в 1 Н он будет отжат вверх на 0,5 мм.

Обратной величиной эластичности контактной подвески является ее жесткость  $жс = 1/\varepsilon$ . *Жесткость* контактной подвески в рассматриваемой точке пролета характеризуется силой, которую нужно приложить к контактному проводу, чтобы отжать его вверх на 1 мм. Например,  $жс = 2$  Н/мм, т.е. чтобы отжать контактный провод на 1 мм, к нему надо приложить силу 2 Н.

Рассмотрим эластичность простой контактной подвески (свободно подвешенного провода) с жесткими опорными точками.

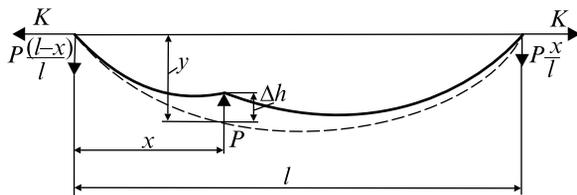


Рис. 10.7. Схема для определения отжатия провода простой контактной подвески с жесткими опорными точками

Вертикальная сила  $P$ , приложенная на расстоянии  $x$  от опоры, вызывает подъем (отжатие) провода на высоту  $\Delta h$  и разгрузку опор (рис. 10.7). Так как после приложения силы  $P$  провод в рассматриваемом пролете находится в равновесии, то сумма изменений моментов действующих сил относительно точки приложения силы  $P$  должна равняться нулю, т.е.

$$K\Delta h - P(l-x)x/l = 0,$$

где  $P(l-x)$  — уменьшение левой опорной реакции, вызванное приложением силы  $P$ ;

$K$  — натяжение провода.

Решая уравнение относительно  $\Delta h$ , получим

$$\Delta h = Px(l-x)/(lK).$$

Согласно определению эластичности имеем

$$\varepsilon = \Delta h/P.$$

Тогда значение эластичности простой контактной подвески (свободно подвешенного провода) в точке, расположенной на расстоянии  $x$  от левой опоры, можно найти по формуле

$$\varepsilon_{x, \Pi} = \Delta h_{x, \Pi}/P = x(l-x)/(lK).$$

В случае приложения силы  $P$  в середине пролета (при  $x = 0,5l$ ) получим

$$\varepsilon_{0,5l, \Pi} = l/(4K).$$

Рассмотрим эластичность контактного провода, подвешенного на часто расположенных струнах к какой-либо неэластичной конструкции (рис. 10.8, а). Подъем провода в точке приложения силы  $P$  может быть представлен выражением

$$\Delta h_s = g_k s^2/(8K).$$

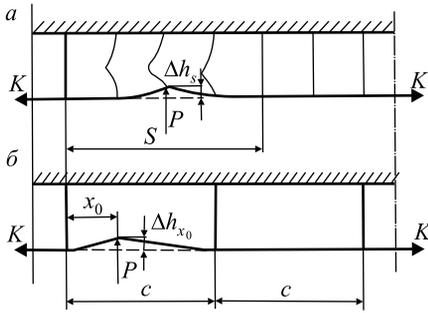


Рис. 10.8. Схема для определения отжатия контактного провода, подвешенного к жесткой конструкции на часто расположенных (а) и на нескольких (б) струнах

где  $g_k$  — нагрузка от веса 1 м провода.

Сила  $P$  уравнивается весом поднятого на длине  $s$  контактного провода. Подставляя  $g_k s = P$  в это выражение, найдем:

$$\Delta h_s = P^2 / (8g_k K).$$

Эластичность провода в этом случае не остается постоянной, а изменяется пропорционально силе  $P$ :

$$\varepsilon_s = \Delta h / P = P / (8g_k K).$$

Рассмотрим эластичность контактного провода в струновом пролете, т.е. когда он подвешен к какой-либо эластичной конструкции только на нескольких струнах, расположенных одна от другой на расстоянии  $c$  (рис. 10.8, б). В этом случае эластичность провода зависит от значения и расположения силы  $P$  в струновом пролете:

$$\Delta h_{x_0} = P x_0 (c - x_0) / (cK),$$

а эластичность

$$\varepsilon_{x_0} = \Delta h_{x_0} / P = x_0 (c - x_0) / (cK),$$

где  $x_0$  — расстояние от левой нагруженной струны до точки контактного провода, в которой к нему приложена сила  $P$ ;

$c$  — длина струнового пролета.

При расположении силы  $P$  в середине струнового пролета ( $x_0 = 0,5 c$ ):

$$\Delta h_{0,5c} = Pc / (4K);$$

$$\varepsilon_{0,5c} = c / (4K).$$

При расположении силы  $P$  под струной ( $x_0 = 0$ ) отжатие контактного провода произойдет только в том случае, если сила  $P$  будет больше нагрузки на струну от веса провода  $g_k c$  ( $P > g_k c$ ). Следовательно, до момента разгрузки струны (при  $P \leq g_k c$ ) эластичность провода будет равна нулю.

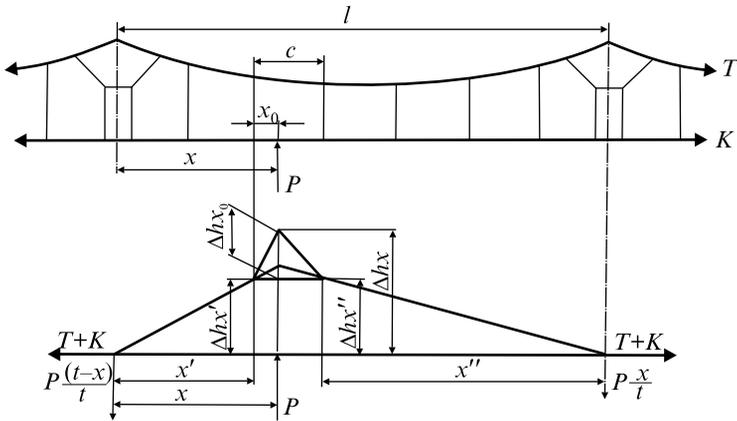


Рис. 10.9. Расчетная схема для определения эластичности цепной одинарной подвески в средней части пролета

Отжатие контактного провода после разгрузки струны

$$\Delta h_{2c, k} = (P - g_k c) c / (2K).$$

Эластичность контактного провода после разгрузки струны

$$\varepsilon_{2c, k} = c / (2K).$$

Эластичность цепной одинарной подвески складывается из эластичности системы «несущий трос—контактный провод» и эластичности контактного провода в струновом пролете (рис. 10.9). В общем виде расчетная формула для определения эластичности цепной подвески в любой точке пролета может быть представлена выражением

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta h_x}{P} = \frac{1}{P} \left( \Delta h_{x'} \frac{c - x_0}{c} + \Delta h_{x''} \frac{x_0}{c} + \Delta h_{x_0} \right),$$

где  $\Delta h_x$  — суммарное отжатие контактного провода в точке приложения к нему силы  $P$  на расстоянии  $x$  от левой опоры;

$\Delta h_{x'}$  — подъем контактного провода под ближайшей слева к силе  $P$  нагруженной струной, расположенной на расстоянии  $x'$  от левой стороны;

$\Delta h_{x''}$  — подъем контактного провода под ближайшей справа к силе  $P$  нагруженной струной, расположенной на расстоянии  $x''$  от правой опоры;

$\Delta h_{x_0}$  — отжатие контактного провода в струновом пролете (между двумя нагруженными струнами);

$c$  — длина струнового пролета (в случае разгрузки струны или струн — расстояние между двумя ближайшими к силе  $P$  нагруженными струнами);  
 $x_0$  — расстояние от левой нагруженной струны до силы  $P$ .

Значение  $\Delta h_{x_0}$  находят по вышеуказанной формуле. Для определения же  $\Delta h_{x'}$  и  $\Delta h_{x''}$  в различных точках пролета рессорных цепных подвесок имеются три группы расчетных формул: для зоны расположения троса рессорных струн ( $A$ ), для зоны установки первой от опоры простой струны ( $B$ ) и для средней части пролета ( $B$ ) (рис. 10.10).

Для вывода расчетных формул отжатию контактного провода и эластичности в средней части пролета ( $B$ ) одинарных цепных рессорных и с простыми опорными струнами подвесок, как показали экспериментальные исследования, можно воспользоваться расчетной схемой (см. рис. 10.9), при этом подъемы контактного провода (несущего троса)  $\Delta h_{x'}$  и  $\Delta h_{x''}$  определяются выражениями

$$\Delta h_{x'} = \frac{P_{x'}(l-x)}{l(T+K)}; \quad \Delta h_{x''} = \frac{P_{x''}x}{l(T+K)},$$

где  $l$  — длина пролета;

$T$  — натяжение несущего троса;

$K$  — натяжение контактного провода.

Общая формула для определения эластичности цепной подвески в средней части пролета

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta h_x}{P} = \frac{x(l-x)}{l(T+K)} + \frac{x_0 T(c-x_0)}{cK(T+K)}.$$

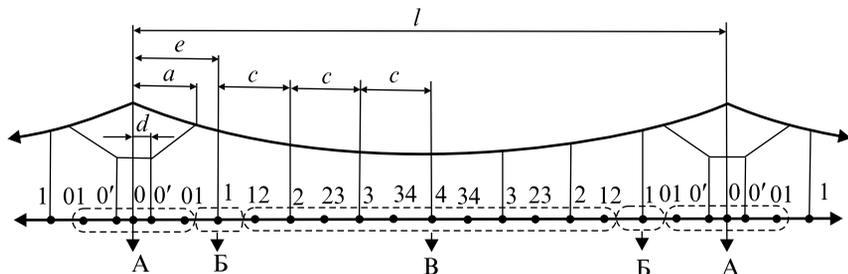


Рис. 10.10. Схема одинарной рессорной подвески с условными зонами для расчета эластичности в различных точках пролета

Если сила  $P$  расположена под струной ( $x_0 = 0$ ), то

$$\vartheta_{x,c} = \frac{\Delta h_{x,c}}{P} = \frac{x(l-x)}{l(T+K)}. \quad (10.1)$$

Эластичность цепной подвески в середине пролета при расположении силы  $P$  между струнами ( $x = 0,5l$ ;  $x_0 = 0,5c$ )

$$\vartheta_{0,5l} = \frac{\Delta h_{0,5l}}{P} = \frac{lK+cT}{4K(T+K)}.$$

Если сила  $P$  расположена также в середине пролета, но попадает под струну ( $x = 0,5l$ ;  $x_0 = 0$ ), то

$$\vartheta_{0,5l,c} = \frac{\Delta h_{0,5l,c}}{P} = \frac{l}{4(T+K)}.$$

По этим формулам можно определить эластичность цепной подвески (отжатие контактного провода) в средней части пролета только до момента разгрузки струны, т.е. пока  $P \leq P_c$  (здесь  $P_c$  — сила, при которой наступает эта разгрузка).

В случае отсутствия силы  $P$  на струну, расположенную в средней части пролета, действует нагрузка

$$R_{\text{СК}} = (g_{\text{к}} + g_{\text{с}})c - \frac{8f_{\text{к}} Kc}{l_{\text{к}}^2},$$

где  $g_{\text{к}}$  — нагрузка от веса 1 м контактного провода (контактных проводов);

$g_{\text{с}}$  — нагрузка от веса струновых зажимов, приходящаяся на 1 м контактного провода;

$l_{\text{к}}$  — длина части пролета, в которой контактный провод имеет провес;  $l_{\text{к}} = l - 2e$ .

Поскольку несущий трос цепной подвески является эластичным, то при приложении к контактному проводу под струной силы  $P$  произойдет его подъем, при этом в точке приложения силы  $P$  подъем контактного провода будет больше, чем у ближайших к силе  $P$  струн цепной подвески. Вследствие этого на струну, к которой приложена сила  $P$ , кроме нагрузки  $R_{\text{СК}}$  будет действовать также вертикальная составляющая натяжения контактного провода:

$$R'_{\text{СК}} = \frac{K}{T+K} P_c.$$

Таким образом, в момент разгрузки струны будет иметь место следующее равенство:  $P_c = P_{ck} + \frac{K}{T+K} P_c$ ; решая его относительно  $P_c$  найдем:

$$P_c = R_{ck} \frac{T+K}{T}.$$

Если сила  $P$  приближена к контактному проводу в середине струнового пролета, разгрузка двух струн произойдет, когда сила  $P$  достигнет значения

$$P_{2c} = 2R_{ck} \frac{T+K}{T} 2P_c.$$

Отжатие контактного провода после разгрузки одной струны в случае расположения силы  $P$  под ней

$$\Delta h_c = \varepsilon_{x,c} P + \frac{cT(P - P_c)}{2K(T + K)}.$$

Отжатие контактного провода после разгрузки двух струн в случае расположения силы  $P$  в середине струнового пролета:

$$\Delta h_{2c} = 2\varepsilon_{x,c} P_c + \left[ \varepsilon_{x,c} + \frac{3cT}{2K(T + K)} \right] (P - 2P_c).$$

Эластичность цепной подвески в средней части пролета после разгрузки одной струны

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{x,c} + \frac{cT}{2K(T + K)}.$$

Эластичность цепной подвески у опоры в точках 0 и 0' в зоне (A) (см. рис. 10.10) до разгрузки рессорных струн можно определить по формуле

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta h_0}{p} = \frac{1}{2 \frac{T - H_p}{a} \gamma + 2 \frac{K + H_p}{l}},$$

где  $H_p$  — натяжение рессорной струны (троса);

коэффициент  $\gamma = 0,6 \sqrt{\frac{a K}{e T}}$ .

Для определения эластичности подвески в точке у опоры 01 можно воспользоваться следующими эмпирическими формулами: до разгрузки соседних струн

$$\varepsilon_{01} = 1,1\varepsilon_0$$

и после их разгрузки

$$\varepsilon_{01} = 1,25\varepsilon_0 .$$

В подвесках с двумя контактными проводами и шахматным расположением струн в точке 01 будут находиться струны; эластичность подвески в этих точках может быть принята такой же, как в точках 0 и 01.

Эластичность рессорной подвески в точке 1 зоны Б (см. рис. 10.10) до разгрузки струны можно определить по формуле

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{p} = \frac{e(l-e)}{l[T+K-(K+H_p)\beta]}, \quad (10.2)$$

где  $\beta = \frac{a}{e}(1-0,05a)$ .

Для простых опорных струн ( $a = 0$ ) коэффициент  $\beta = 0$  и формула (10.2) имеет вид

$$\varepsilon_{1,x} = \frac{e(1-e)}{l(T+K)}. \quad (10.3)$$

Таким образом, формула (10.3) аналогична формуле (10.1).

Для контактных подвесок КС-200 коэффициент неравномерности эластичности должен быть не более 1,2; для КС-160 — не более 1,35. Для остальных типов контактных подвесок он устанавливается при проектировании.

### 10.3. Взаимодействие токоприемников и контактных подвесок

Во время движения вдоль пролета токоприемник совершает вертикальные колебания, вызываемые отжатиями контактных проводов токоприемником, изменениями высоты подвеса контактных проводов и другими факторами.

При движении нажатие токоприемника на контактный провод  $P = P_0 \pm P_{тр} \pm P_d \pm P_{аз}$  (где  $P_0$  — нажатие, создаваемое подъемными пружинами токоприемника;  $P_d$  — динамическая составляющая

нажатия;  $P_{\text{тр}}$  — сила трения в шарнирах токоприемника, приведенная к контактной поверхности полоза).

Знак перед  $P_{\text{тр}}$  зависит от направления вертикального перемещения токоприемника, он будет положительным при движении токоприемника вниз ( $P'_{\text{ст}} = P_0 + P_{\text{тр}}$ ) и отрицательным при его движении вверх ( $P''_{\text{ст}} = P_0 - P_{\text{тр}}$ ). Знак перед  $P_{\text{д}}$  зависит от знака ускорения, получаемого приведенной массой токоприемника в вертикальном направлении; он положительный при движении токоприемника вверх и отрицательный при его движении вниз.

Аэродинамическая составляющая нажатия  $P_{\text{аэ}}$  обычно направлена вверх, т.е. имеет положительное значение. Аэродинамическая подъемная сила токоприемников способствует улучшению качества токосъема при высоких скоростях движения поездов. При отсутствии  $P_{\text{аэ}}$  контактные нажатия токоприемника изменяются в пределах от  $P' = P''_{\text{ст}} + m_{\text{т}}a$  до  $P' = P'_{\text{ст}} - m_{\text{т}}a$  (здесь  $a$  — ускорение, получаемое приведенной массой токоприемника) и при определенной скорости движения контактное нажатие становится равным нулю, т.е. происходит отрыв полоза токоприемника от контактного провода (рис. 10.11, а).

При наличии  $P_{\text{аэ}}$  контактные нажатия будут изменяться в пределах от  $P'' = P''_{\text{ст}} + av^2_{\text{т}} + m_{\text{т}}a$  до  $P' = P'_{\text{ст}} + av^2_{\text{т}} - m_{\text{т}}a$  (рис. 10.11, б). В этом случае нарушений контакта между ползком и проводом не будет. Однако такой способ компенсации отрицательных инерционных сил не всегда является приемлемым. Пределом его исполь-

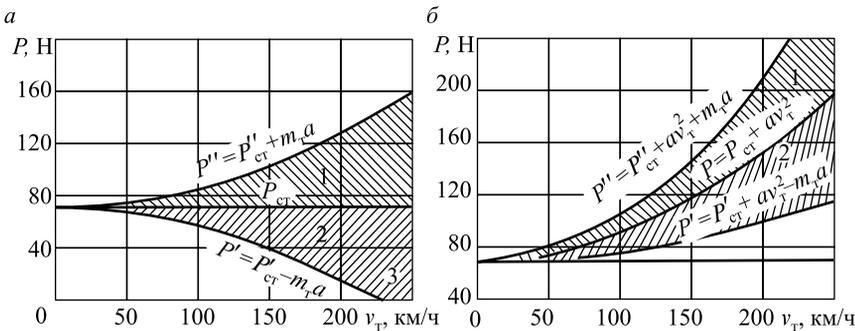


Рис. 10.11. Зависимости контактного нажатия от скорости движения токоприемника при отсутствии (а) и наличии (б)  $P_{\text{аэ}}$ ; 1 и 2 — области положительных и отрицательных ускорений; 3 — отрыв токоприемника от контактного провода

зования является допустимое значение отжатия контактных проводов токоприемниками у опор: не более 150 мм при ветре до 5 м/с и не более 250 мм при максимальном расчетном ветре для рассматриваемого участка контактной сети. Это относится также и к компенсации отрицательных инерционных сил повышением статического нажатия токоприемника. Эффективными мерами для качественного токосъема при высоких скоростях движения являются уменьшение приведенной массы токоприемников и демпфирование элементов их подвижных систем (рам, полозов).

Для обеспечения стабильного контактного нажатия необходимы равномерная эластичность контактной подвески и одинаковая масса ее по длине пролета, отсутствие резких изменений уклонов контактного провода в вертикальной плоскости и сосредоточенных масс на контактном проводе, т.е. «жестких» точек.

Повышение скорости движения до 200 км/ч на действующих электрифицированных участках обеспечивают реконструкцией пути и контактной сети. Для таких скоростей может быть приспособлено (реконструировано) большинство контактных подвесок, обеспечивающих нормальный токосъем при скорости движения 120—160 км/ч, в том числе полукompенсированные с двумя контактными проводами. Основным критерием пригодности контактной подвески для эксплуатации при скорости 200 км/ч является коэффициент неравномерности ее эластичности  $k_3$ ; он должен быть не более 1,2.

#### **10.4. Износ контактного провода и мероприятия по его снижению**

Съем тока с контактного провода сопровождается изнашиванием контактного провода и контактных пластин (или вставок) токоприемника. Износ провода и пластин зависит от их материала, значения снимаемого тока, качества токосъема (прежде всего в отношении искрения), состояния трущихся поверхностей и от других причин.

Изнашивание элементов скользящего контакта — сложный электро-механический процесс. Для удобства изучения износ разделяют на электрический и механический. Такое разделение весьма условно, поскольку электрические и механические явления в контакте взаимозависимы.

*Электрический износ* вызывается электрической эрозией металла, т.е. испарением и выбросом металла под воздействием искро-

вых и дуговых разрядов. Он зависит не только от плотности снимаемого тока, но и от состояния контактирующих поверхностей, так как наличие «жестких» точек, вибрация провода, схватывание и задиры трущихся поверхностей нарушают стабильность контакта, вследствие чего возрастает электрическая эрозия.

*Механический износ* является следствием таких видов воздействия при трении, как абразивное, окислительное, усталостное и др., которые зависят не только от свойств материала контактного провода и токоъемных пластин, но и от состояния их поверхностей. В свою очередь электрическая эрозия вызывает повреждение контактирующих поверхностей и тем самым приводит к возрастанию механического износа.

Износ контактного провода зависит главным образом от материала контактных пластин (вставок) токоприемников. Наибольший износ контактных проводов происходит при медных контактных пластинах, наименьший — при угольных вставках из порошковых и спеченных материалов. Износ провода в основном определяется значением тока, снимаемого токоприемником: с увеличением тока он значительно возрастает. Поэтому на двухпутных участках износ провода на подъемах значительно (иногда в несколько раз) превосходит износ провода на спусках; заметное повышение его наблюдается также в местах трогания и разгона ЭПС.

На однопутных участках при двухстороннем движении средний износ провода примерно на 30 % выше, чем на двухпутных при одностороннем движении, ввиду изменения характера механического износа.

Износ контактного провода в различных его точках — в струновом пролете, в пролете контактной подвески, в анкерном участке, на перегоне — неравномерен. На износ контактного провода значительно влияет наличие на нем различных сосредоточенных масс — фиксаторов, питающих зажимов электрических соединителей, стыковых зажимов, средних анкеровок, а также резкое уменьшение эластичности подвески на сопряжениях анкерных участков и воздушных стрелках.

Особым видом является *волнообразный износ* контактного провода (рис. 10.12). Волнообразный износ наблюдается в местах трогания и разгона ЭПС и на подъемах. Он характеризуется интенсивным электрическим износом и тяжелыми дуговыми повреждениями контактного провода на последовательно расположенных коротких участках (100—150 мм), разделенных еще более короткими (10—30 мм) участками с хорошо шлифованной поверхностью.

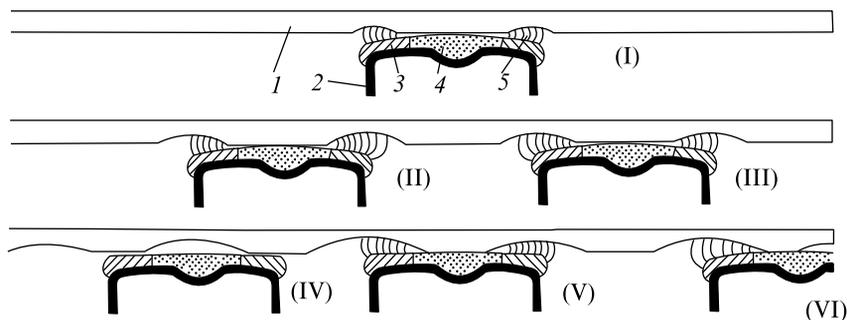


Рис. 10.12. Схема возникновения и развития волнообразного износа контактного провода: 1 — контактный провод; 2 — каркас полоза; 3 — медная (металлокерамическая) пластина; 4 — сухая графитовая смазка; 5 — электрическая дуга; I—VI — стадии развития волнообразного износа

Если с проводом соприкасаются не пластины, а слой плохо проводящей сухой графитовой смазки, то сьем тока осуществляется через электрическую дугу, образуя первые две «волны» (I). Последующие проходы полозов расширяют зону волнового износа провода и усиливают его там, где он уже возник (II—VI).

После установки на полозы внутренних (средних) пластин волнообразный износ прекращается. Однако средний ряд пластин должен быть длинным (1 м), поскольку при коротких средних пластинах также возможен волнообразный износ (особенно в зоне фиксаторов). Кроме того, волнообразный износ неизбежно возникает в случае, если внутренние пластины утоплены по отношению к наружным и покрыты слоем сухой смазки, а также при избыточном нанесении этой смазки на полозы.

Таким образом, чтобы избежать волнообразного износа контактного провода, удлиняют среднюю пластину, устанавливают ее по оси полоза, строго следят за тем, чтобы уровень внутреннего и наружного рядов пластин был одинаковым и смазка не возвышалась над пластинами. Это одновременно предупреждает и пережоги контактного провода. Широкие полозы рамной конструкции (например, у токоприемника 10PP) не вызывают, как правило, волнообразного износа провода.

Волнообразный износ не возникает и при использовании угольных вставок (независимо от числа их рядов на полозе), так как они не требуют нанесения сухой смазки.

*Измерение износа контактного провода* выполняют с целью предупреждения опасного уменьшения площади сечения провода, для анализа характера и особенностей процесса изнашивания, изучения влияния отдельных факторов, влияющих на срок службы провода, и для планирования потребности в нем.

Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог установлены предельные значения износа контактного провода, при которых делается вставка или производится замена провода. Значения показателей предельного износа медного, низколегированного и бронзового контактного провода приведены в приложении 3.

В процессе изнашивания контактного провода из-за уменьшения площади сечения возрастает растягивающее натяжение его материала. Удельное натяжение медного и низколегированного контактного проводов не должно превышать  $100 \text{ Н/мм}^2$ , а бронзового —  $120 \text{ Н/мм}^2$ . Для соблюдения этих условий в эксплуатации по мере изнашивания контактного провода снижают его натяжение, руководствуясь максимальным износом провода на анкерном участке. При двух контактных проводах их натяжение снижают, исходя из наибольшего износа одного из проводов.

Для измерения износа контактного провода применяют электронные толщиномеры, скобы, микрометры, штангельциркули и другие ручные измерительные приборы; кроме того, выполняют автоматизированные измерения износа контактного провода приборами вагона-лаборатории ВИКС.

Визуальный контроль с оценкой состояния рабочей поверхности контактного провода и выборочные измерения его износа (при износе до 25 %) совмещают с проведением технического обследования. При износе 25 % и более измерения проводят: при угольных вставках 1 раз в 2 года, при металлокерамических пластинах — 1 раз в год.

Износ измеряют последовательно на всем протяжении анкерного участка: в середине пролетов, у всех зажимов, установленных на контактном проводе (струновых, фиксирующих, стыковых, средней анкеровки и питающих), а также в точках заметного повышенного местного износа. Измерения выполняют по обе стороны всех зажимов (кроме струновых), при этом фиксируют значения, соответствующие наибольшему износу.

На отходящих ветвях сопряжений анкерных участков, не взаимодействующих с токоприемниками, выполняется только визуальный контроль состояния провода без измерения износа.

При двух контактных проводах они обозначаются «левый» и «правый» относительно направления счета километров на участке, независимо от номера пути и направления движения поездов по нему. При шахматном расположении струн измерения производят у струнового зажима одного провода и рядом, в середине межструнового пролета второго провода.

Результаты замеров записывают в книгу состояния контактного провода, которая имеется в районах контактной сети. Затем подсчитывают среднее арифметическое значение высоты контактного провода  $h_{\text{ср}}$  для каждого анкерного участка (для двойного — отдельно правого и левого проводов). При этом данные замеров по вставкам отбрасывают. Далее по средней высоте сечения провода  $h_{\text{ср}}$  определяют средний износ  $\Delta S_{\text{ср}}$ , мм<sup>2</sup>, для каждого анкерного участка. Данные о  $\Delta S_{\text{ср}}$  по установленной форме передают в дистанцию электроснабжения.

Интенсивность изнашивания контактного провода в каждом анкерном участке устанавливают по среднему удельному износу, мм<sup>2</sup>/10<sup>4</sup> проходов ЭПС:

$$i_a = \Delta S_{\text{ср}} / P \cdot 10^{-4},$$

где  $\Delta S_{\text{ср}}$  — разница между значениями среднего износа провода анкерного участка за период между последним и предыдущим замерами, мм<sup>2</sup>;

$P$  — число проходов ЭПС (электровозов или электросекций) по анкерному участку за период между измерениями.

Предусмотрено также определение коэффициента неравномерности износа на нескольких анкерных участках каждого перегона:

$$\kappa_n = \Delta S_{\text{ср. прол}} / \Delta S_{\text{ср. фикс}}$$

где  $\Delta S_{\text{ср. прол}}$  — средний износ провода в середине пролетов, мм<sup>2</sup>;  
 $\Delta S_{\text{ср. фикс}}$  — тоже у фиксаторов.

Этот коэффициент может быть как больше, так и меньше единицы. Если он не достигает 0,8, то принимают меры по улучшению качества токосъема в зоне фиксаторов; если он превышает 1,2, то регулируют контактный провод в пролете по высоте.

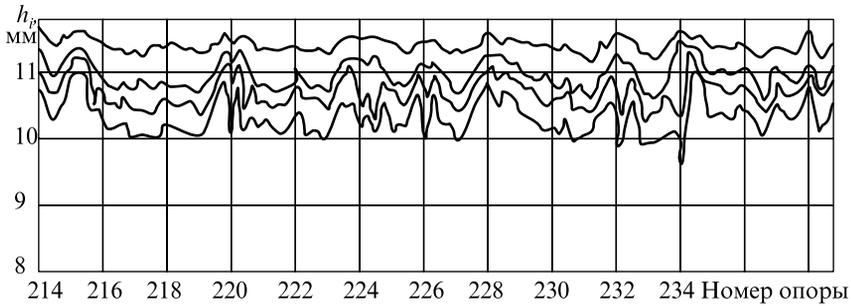


Рис. 10.13. Износ контактного провода (по высоте) в пролетах контактной подвески по результатам 4-х измерений

Результаты измерений износа контактного провода можно представить в виде графиков:

- износа провода в пролетах для характерных участков или типов контактных подвесок (рис. 10.13);
- среднего износа по анкерным участкам;
- среднего удельного износа по зонам, перегонам или участкам (рис. 10.14).

Снижению интенсивности изнашивания контактного провода, продлению срока его службы уделяют большое внимание. С этой целью применяют угольные или металлоуглеродистые вставки, а также пластины из порошковых спеченных материалов (металлокерамические).

*Угольно-графитовые материалы* выгодно отличаются малой плотностью, большой термостойкостью, а следовательно — стойкостью к электрической эрозии. Они обладают отличными антифрикционными свойствами (коэффициент трения в пределах 0,1—0,25) и высокой полирующей способностью, что позволяет снизить износ контактного провода при высокой износоустойчивости самих вставок.

Угольные вставки изготавливают двух типов: А — на коксовой основе (собственно угольные) и Б — на графитовой (рис. 10.15). Графит снижает электрическое сопротивление вставок, но твердость их меньше. Обычная длина вставок — 240 мм, но могут быть

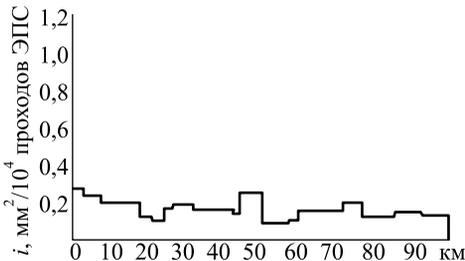


Рис. 10.14. График среднего удельного износа контактного провода по перегонам

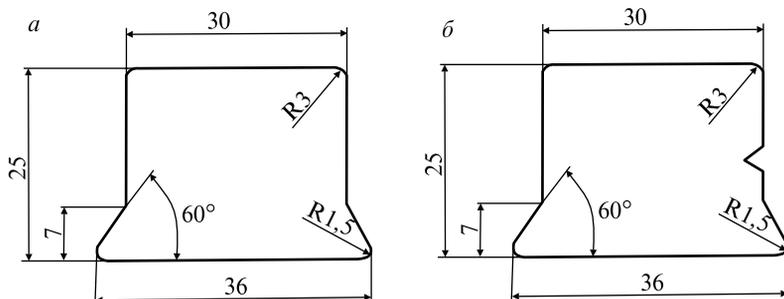


Рис. 10.15. Профили угольных вставок: *a* — типа А; *b* — типа Б

длиной до 600 мм. Угольные вставки типа А не маркируют. Вставки типа Б обозначают на одной из боковых поверхностей риску глубиной 0,1—0,2 мм на высоте 16—20 мм от опорной поверхности подошвы.

Профиль вставок для конкретных условий выбирают максимально возможной площадью сечения при условии соблюдения требований по динамическому взаимодействию токоприемника с контактным проводом. Допускаемый ток токоприемника с угольными вставками для режимов движения и стоянки ЭПС, а также перегрузочную способность токоприемника для режима движения выбирают такими, чтобы не было перегруза и непрерывного искрения по длине пути в скользящем контакте, т.е. чтобы не было возникновения непрерывной контактной электровзрывной эрозии.

Длительные допустимые токи токоприемников, ползеты которых имеют медную подложку и три ряда угольных вставок, приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Тип вставок	Допустимый ток токоприемника, А		
	при движении	при стоянке	
		зимой при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	летом при $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$
А	990/1580	80/130	50/80
Б	1150/2030	100/170	65/110

Примечания. 1. В числителе — допускаемый ток для однополозного токоприемника, в знаменателе — для двухполозного.

2. В режиме движения допускается кратковременная (в течение 1 мин) перегрузка на 40 % сверх указанных значений.

3. При двух контактных проводах в цепной подвеске ток для режима стоянки увеличивается в 1,5 раза.

4. Однополозный токоприемник с двумя рядами угольных вставок в режиме движения допускает ток 600 А.

Угольные вставки снижают интенсивность изнашивания контактного провода по сравнению с медными пластинами в 3—4 раза и являются наиболее экономичными.

*Спеченные материалы* получают методом порошковой металлургии прессованием и последующим спеканием различных металлических и неметаллических (например, графитовых) порошков. Сочетание положительных свойств всех компонентов в этих материалах дало возможность иметь такие их характеристики, которые нельзя получить металлургическими методами.

На электровозах постоянного тока используют металлокерамические пластины из порошкового спеченного материала на железной основе (рис. 10.16) типа ВЖЗ. Такие пластины изготавливают методом прокатки из смеси порошков: железного (77 %), медного (22 %) и никелевого (1 %). Для улучшения эксплуатационных свойств спеченные пластины типа ВЖЗ пропитывают в автоклаве жидким легкоплавким свинцовым сплавом, содержащим олово. Разработаны также металлоугольные пластины.

Основным положительным качеством пластин из спеченных материалов является то, что они имеют относительно невысокое контактное сопротивление между пластиной и проводом. Если принять это сопротивление для медных пластин за единицу, то при металлокерамических пластинах оно равно 1,5, а при угольных вставках — 3,5. В результате этого нагрузочная способность токоприемника с металлокерамическими пластинами в режиме стоянки (определяемая нагревом контактного провода) в 3 раза выше, чем у токоприемников с угольными вставками.

Пластины из спеченного материала обеспечивают на стоянках съем тока с одиночного контактного провода однополосным то-

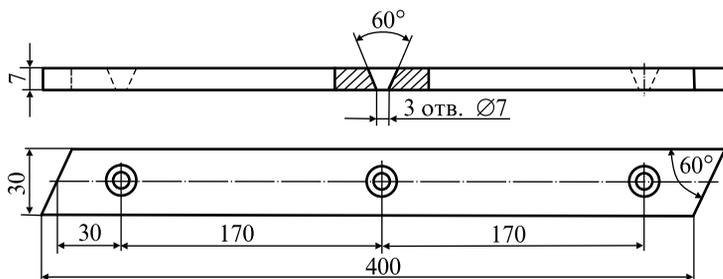


Рис.10.16. Пластина из спеченного материала на железной основе

коприемником до 300 А. Такой ток могут потреблять на стоянке пассажирские электровозы (оборудованные однополосными токоприемниками) при централизованном электроснабжении (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха и др.) пассажирских вагонов. Опыт эксплуатации показал также эффективность применения контактных пластин из спеченного материала на железной основе на электровозах постоянного тока, снимающих большие токовые нагрузки. Пластины из спеченного материала обеспечивают эффективную работу угольных вставок при их совместной эксплуатации.

Разработаны многослойные контактные пластины из спеченных материалов, представляющие собой биметалл (сталь—спеченный композиционный материал). Размер таких пластин  $8 \times 28 \times 400$  мм; прочность на разрыв 150—170 МПа, на изгиб 250—300 МПа; удельное электрическое сопротивление 0,3 Ом·мм<sup>2</sup>/м; при четырех рядах пластин на полوزه нагрузочная способность токоприемника 2600 А.

Способность рабочего слоя многослойных пластин самосмазываться позволяет уменьшить износ контактного провода на 30—50 % на участках, где электровозы потребляют большие токи.

## 10.5. Контрольные вопросы

1. В чем заключается взаимодействие контактных подвесок и токоприемников ЭПС?
2. Какие характеристики определяют работоспособность токоприемника при различных скоростях движения ЭПС?
3. Что такое эластичность (жесткость) контактных подвесок?
4. По каким параметрам определяется качество токосъема?
5. От чего зависит износ контактных проводов и за счет чего его можно уменьшить?
6. В каких местах производится измерение износа контактного провода?
7. Какими приборами измеряют высоту сечения провода и как определяется износ контактного провода?
8. Какие применяются токосъемные вставки, пластины и их характеристики?
9. Чем различаются легкие и тяжелые токоприемники и на каком подвижном составе они применяются?
10. От чего зависит износ токосъемных вставок и пластин на полوزه токоприемника?

---

---

## **Глава 11. Организация безопасных условий труда при техническом обслуживании и ремонте устройств контактной сети**

### **11.1. Требования к персоналу, монтажным и защитным средствам**

*Требования к персоналу.* К работам на контактной сети допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие II—V квалификационную группу по электробезопасности, прошедшие медицинское обследование при поступлении на работу и в установленные сроки периодическое. Разрешается участвовать в работе бригады в качестве учеников лицам не моложе 17 лет, прошедшим медицинское обследование, под постоянным надзором опытного работника, имеющего IV или V квалификационную группу по электробезопасности.

Все работники районов контактной сети должны знать основы электротехники, а также оборудование, схемы и особенности устройств контактной сети в пределах своего и соседнего района контактной сети, отчетливо представлять опасность при работе на контактной сети, знать правила и инструкции по безопасности и правильно применять их в работе, уметь практически оказывать первую помощь пострадавшему.

В зависимости от практического стажа работы в установках высокого напряжения и знаний каждому работнику присваивается соответствующая квалификационная группа по электробезопасности с записью результатов проверки знаний в его удостоверении по электробезопасности при обслуживании устройств электроснабжения железных дорог. Всего предусмотрено пять квалификационных групп.

*Квалификационную группу I* присваивают неэлектротехническому персоналу, не имеющему среднего образования, не прошедшему специальное обучение, ученикам и подсобным рабочим после инструктажа и обучения (минимальный стаж работы не нормируется). Они могут работать только вдали от частей, находящихся под напряжением, без права подъема на высоту.

*Квалификационную группу II* присваивает электротехническому персоналу после обучения по программе не менее 72 учебных часов и проверки знаний об устройстве контактной сети, опасностях приближения к токоведущим частям и основных мерах предосторожности комиссия района контактной сети в индивидуальном порядке. Лицам этой группы разрешено работать на высоте со снятием напряжения и заземлением, а также вдали от частей, находящихся под напряжением, под наблюдением более опытных работников, с более высокой группой.

*Квалификационную группу III* присваивает работнику с группой II и стаже работы с этой группой от 3 до 12 месяцев (в зависимости от образования) при дальнейшем накоплении опыта комиссия района контактной сети. При этом проверяют знания по общей электротехнике, оборудованию и схемам секционирования контактной сети, а также об опасностях при работах на контактной сети и на других ВЛ в полном объеме правил безопасности при работах под напряжением, на отключенных и заземленных линиях.

Лица, имеющие квалификационную группу III, могут работать на высоте непосредственно на устройствах контактной сети со снятием напряжения и заземлении, под напряжением с изолирующих съемных вышек, быть производителем работ при работах вдали от частей, находящихся под напряжением.

*Квалификационная группа IV* присваивается лицам с квалификационной группой III, проработавшим (в этой группе) в районе контактной сети 3—6 месяцев (в зависимости от образования), получившим твердые знания устройств электроснабжения, умеющим быть организатором производства работ, комиссией дистанции электроснабжения.

*Квалификационную группу V* присваивает также комиссия дистанции электроснабжения лицам с квалификационной группой IV, проработавшим (в этой группе) в районе контактной сети 6—24 месяца (в зависимости от образования), хорошо знающим правила безопасности и представляющим, чем вызваны требования пунктов правил и положений. Они имеют право самостоятельно выполнять все виды работ и руководить бригадой в пределах дистанции электроснабжения.

Знания правил безопасности и должностных инструкций проверяют периодически в установленные сроки. Внеочередным испытаниям подвергаются лица, допустившие нарушение правил безопасности, а также при перемещениях и перерывах в работе. Периодические испытания лиц с квалификационными группами II и III проводятся в комиссии района контактной сети, а лиц с квалификационными группами IV и V — в комиссии дистанции электроснабжения.

*Требования к монтажным и защитным средствам.* Все применяемые при производстве работ на контактной сети монтажные и защитные приспособления периодически освидетельствуют и испытывают по действующим нормам. В основу механических и электрических испытаний положены условия повышенной нагрузки, гарантирующие безотказную работу в течение установленного срока до следующих испытаний. Монтажные и защитные средства имеют номера, даты следующих (очередных) испытаний; в журнале фиксируют даты и результаты их осмотров и испытаний. Перед началом работ все монтажные и защитные приспособления осматривает производитель (руководитель) работ, обращая внимание на их состояние и срок очередного испытания. Исполнитель работ также обязан осмотреть защитные средства, приспособления, которыми он будет пользоваться в работе.

## 11.2. Категории работ

В отношении мер безопасности все работы на контактной сети подразделяют на следующие основные категории: со снятием напряжения и заземлением; под напряжением; вблизи частей, находящихся под напряжением; вдали от частей, находящихся под напряжением.

При *работе со снятием напряжения и заземлением* полностью снимают напряжение и заземляют провода и оборудование, на которых работают (рис. 11.1, а, б, в). Работы требуют повышенного внимания и высокой квалификации обслуживающего персонала, так как в зоне проведения работ могут оставаться под напряжением провода и конструкции. Приближение к проводам, находящимся под рабочим или наведенным напряжением, а также к нейтральным элементам на расстояние менее 0,8 м запрещено.

При *работе под напряжением* работник непосредственно соприкасается с частями контактной сети, находящимися под рабочим

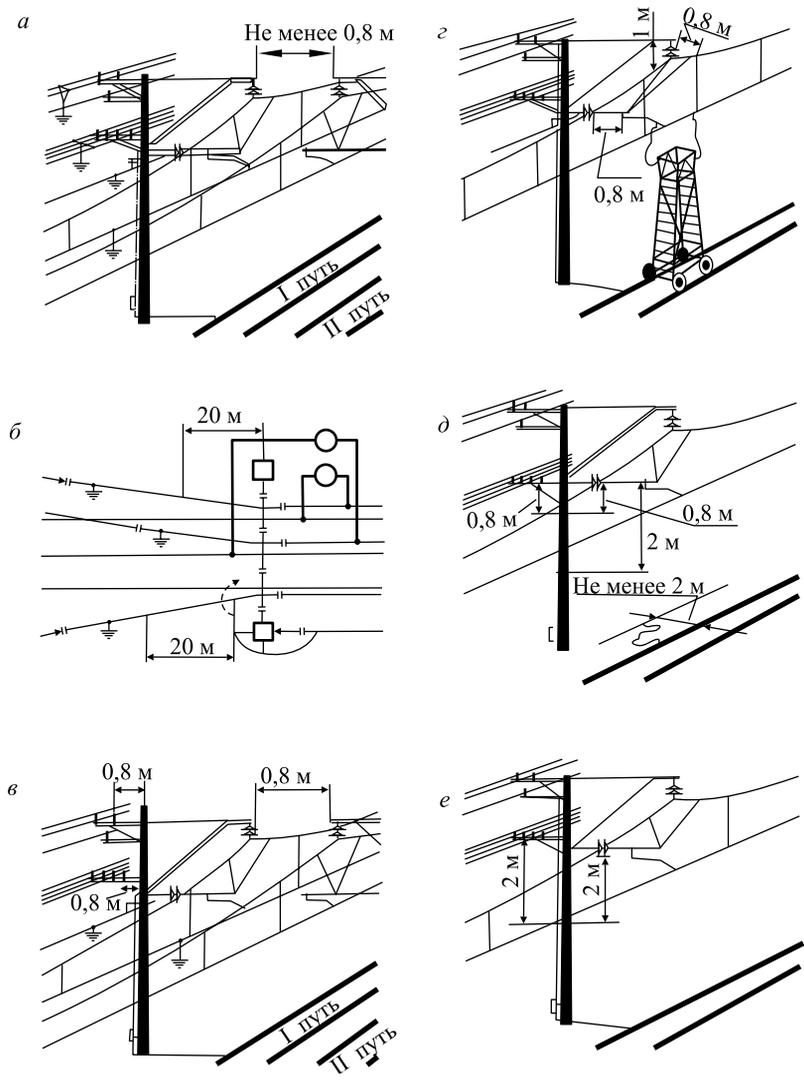


Рис. 11.1. Категории работ по безопасности: *а, б, в* — со снятием напряжения и заземлением; *г* — под напряжением; *д* — вблизи частей, находящихся под напряжением; *е* — вдали частей, находящихся под напряжением

или наведенным напряжением (рис. 11.1, *з*). В этом случае безопасность работающего обеспечивается применением основных средств защиты: изолирующих съемных вышек, изолирующих рабочих площадок автотрис и дрезин, изолирующих штанг, которые изолируют работающего от земли. В целях повышения безопасности выполнения работ под напряжением исполнитель во всех случаях завешивает шунтирующие штанги, необходимые для выравнивания потенциала между частями, к которым он одновременно прикасается, и на случай пробоя или перекрытия изолирующих элементов. При работах под напряжением обращают особое внимание на то, чтобы работающий одновременно не прикоснулся к заземленным конструкциям и находился от них на расстоянии не ближе 0,8 м.

*Работы вблизи частей, находящихся под напряжением*, выполняются на постоянно заземленных опорных и поддерживающих конструкциях, и между работающими и частями, находящимися под напряжением, может быть расстояние менее 2 м, но оно во всех случаях не должно быть менее 0,8 м (рис. 11.1, *д*).

Если расстояние до частей, находящихся под напряжением, более 2 м, то эти работы относят к категории выполняемых *вдали от частей, находящихся под напряжением* (рис. 11.1, *е*). При этом их подразделяют на работы с подъемом и без подъема на высоту. Работами на высоте считаются все работы, выполненные с подъемом от уровня земли до ног работающего на высоту 1 м и более.

Во время работ со снятием напряжения и заземлением и вблизи частей, находящихся под напряжением, запрещено:

- работать в согнутом положении, если расстояние от работающего при его выпрямлении до опасных элементов окажется менее 0,8 м;
- работать при наличии электроопасных элементов с двух сторон на расстоянии менее 2 м от работающего;
- выполнять работы на расстоянии ближе 20 м по оси пути от места секционирования (секционные изоляторы, изолирующие сопряжения и т.п.) и шлейфов разъединителей, которыми осуществляется отключение при подготовке места работы (см. рис. 11.1, *б*);
- пользоваться металлическими лестницами.

При работах под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением, в бригаде должна быть заземляющая штанга на случай необходимости срочного снятия напряжения.

В темное время суток в зоне работ должно быть освещение, обеспечивающее видимость всех изоляторов и проводов на расстоянии не менее 50 м.

### 11.3. Опасные места на контактной сети

На дистанциях электроснабжения проводят работу по выявлению опасных мест контактной сети. Перечни и фотографии этих мест с указанием необходимых мер, обеспечивающих безопасное выполнение работ, утвержденные руководством дистанции электроснабжения, находятся у энергодиспетчера и в районе контактной сети, где вывешиваются в помещениях дежурных пунктов, в уголке по охране труда. Карточки производства работ в этих местах вручают руководителю работ вместе с нарядом-допуском на работу.

К опасным местам на контактной сети относят:

- врезные и секционные изоляторы, отделяющие погрузочно-разгрузочные пути, пути осмотра крышевого оборудования и т.д. (рис. 11.2, *а*);

- прошивающие контактную подвеску и проходящие над ней на расстоянии менее 0,8 м шлейфы разъединителей и разрядников или ОПН другой секции контактной сети с другими потенциалами (рис. 11.2, *б*);

- опоры, где расположены два и более разъединителей, разрядников или анкерных секций (рис. 11.2, *в*);

- места сближения консолей или фиксаторов различных секций на расстояние менее 0,8 м (рис. 11.2, *з*);

- места прохода питающих, отсасывающих и других проводов по тросам гибких поперечин (рис. 11.2, *д*);

- общие стойки фиксаторов различных секции контактной сети при расстоянии между фиксаторами менее 0,8 м (рис. 11.2, *е*);

- опоры с анкерными отходами контактной подвески различных секций и заземленные анкерные отходы, расстояние от места работы на которых до токоведущих частей менее 0,8 м (рис. 11.2, *жс*);

- места расположения электрорепеллентной защиты (рис. 11.2, *з*);

- опоры с роговым разрядником или ОПН, на которых смонтирована подвеска одного пути, а шлейф подключен к другому пути или фидерной трассы (рис. 11.2, *и*).

Опасные места на контактной сети обозначают специальными предупреждающими знаками указателями (красная стрела или

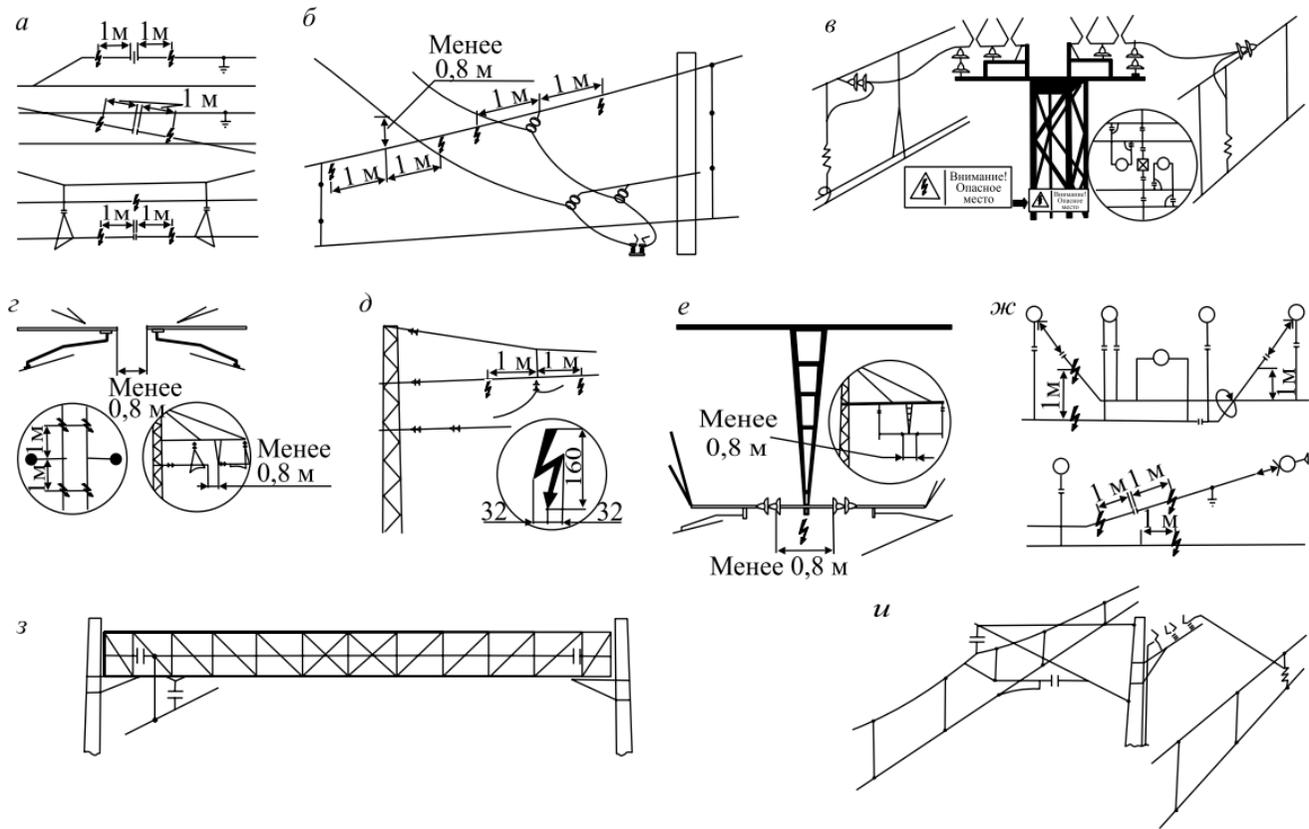
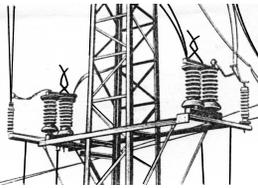


Рис. 11.2. Опасные места на контактной сети и схемы расстановки знаков-указателей

плакат «*Внимание! Опасное место*», расстановка которых показана на рис. 11.2. Работы по обеспечению безопасности в таких местах выполняются согласно «Карточки производства работ в опасном месте контактной сети».

Карточка производства работ в опасном месте на контактной сети (пример):

Наименование опасного места и его расположение	Схема или фотография опасного места	Меры, обеспечивающие безопасные условия труда
<p>Секционные разъединители С1, С2 находятся на одной опоре, подключены к посту секционирования непосредственно и к контактной сети через врезные изоляторы в шлейфах</p>	<p>Станция _____ Пост секционирования</p>  <p>Рис. 11.3. Общий вид опасного места на контактной сети с двумя секционными разъединителями на одной опоре</p>	<p>Для производства работ отключить секционные разъединители С1, С2 и отсоединить шунты с врезных изоляторов разъединителей С1, С2. Установить заземляющие штанги на шлейфы с двух сторон на разъединителях С1, С2 и установить шунты на разъединителях С1, С2. Производитель работ — группа V. Исполнители: при снятии шунта — группа V, при работе — IV</p>

## 11.4. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих

*Организационными мероприятиями* по обеспечению безопасности работающих являются:

- выдача наряда-допуска или распоряжения производителю работ;
- инструктаж выдающим наряд ответственного руководителя, производителя работ;
- выдача энергодиспетчером разрешения (приказ, согласование диспетчера) на подготовку места работы;
- инструктаж производителем работ бригады и допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, продление наряда и окончания работы.

*Выдача наряда-допуска или распоряжения.* Основным документом для производства работ служит наряд-допуск, составленный на бланке установленной формы. Форма наряда-допуска и порядок его заполнения приведены в приложении 11. Он позволяет определить зону (место) и категорию предстоящей работы, время ее начала и окончания, состав бригады и ответственных лиц, дать краткое содержание работ, определить необходимые переключения и заземления и детально указать меры, обеспечивающие безопасные условия работ в зависимости от характера работы. Наряд-допуск заполняют в двух экземплярах; один выдается производителю работ, другой (копия) остается у выдавшего наряд. При выдаче наряда-допуска инструктируют производителя работы и всех членов бригады.

В случае производственной необходимости разрешается выдающему наряд совмещать обязанности ответственного руководителя работ или члена бригады. Ответственный руководитель работ назначается при выполнении работ в следующих случаях:

- с использованием механизмов и грузоподъемных машин;
- на кабельных линиях;
- при установке и демонтаже опор контактной сети;
- при вводе в эксплуатацию вновь вводимых участков контактной сети и ВЛ;
- при выполнении работ одной бригадой двух или нескольких районов контактной сети;
- при выполнении сложных работ.

Перечень сложных работ устанавливается руководителем дистанции электроснабжения в зависимости от местных условий и квалификации персонала.

Без наряда-допуска допускается только выполнение работ вдали от частей, находящихся под напряжением, не связанных с подъемом на высоту, например все виды осмотров с земли, ремонт оголовков фундаментов, заземлений и т.п. Эти работы выполняют по распоряжению, оформленному в оперативном журнале, где указывают место работы, время и меры безопасности персонала, которому поручено выполнение.

Работы вблизи контактной сети и ВЛ производятся по разрешению (наряду-допуску) и под наблюдением персонала района контактной сети в соответствии с порядком, установленным Правилами электробезопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных железных дорогах.

Перед допуском к работе по наряду или распоряжению непосредственно на месте работ электромонтер обязан получить инструктаж, в котором производитель работ должен указать:

- содержание предстоящей работы;
- условия производства работ (ее категорию, технологию);
- распределение обязанностей между членами бригады;
- точные границы зоны и места работы каждого члена бригады;
- расположение поблизости нейтральных и токоведущих частей, оставшихся под рабочим или наведенным напряжением (при работах вблизи напряжения или со снятием напряжения и заземлением), а также расположение заземленных и нейтральных частей (при работах под напряжением);
- места прохода ВЛ с другим потенциалом и другим родом тока (ВЛ освещения, телеуправления и др.);
- места секционирования;
- места, на которых запрещается работа, а также опасные места;
- места установки заземляющих штанг с выделением специальных лиц для их установки;
- особенности ограждения места работы;
- порядок перемещения в зоне работы;
- порядок применения автотомотрисы или дрезины, изолирующей съёмной вышки, механизмов.

После инструктажа все члены бригады должны расписаться в специальной графе наряда-допуска.

Работу по ликвидации повреждений на контактной сети выполняют по наряду-допуску или по приказу (распоряжению) энергодиспетчера на основании заявки работника, имеющего V группу, с указанием производителя работ, состава бригады, зоны и категории работы, мер безопасности. При этом квалификационная группа производителя и исполнителей работ должна соответствовать категории выполняемой работы. Во всех случаях должны выполняться все технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих.

*Допуск к работе.* По прибытии бригады на место работы производитель устанавливает связь с энергодиспетчером и в зависимости от характера работы получает приказ или разрешение на ее выполнение. Приказом энергодиспетчера оформляются все работы, связанные с переключением разъединителей и временным изменением схемы секционирования контактной сети.

По прибытии на место производитель работ сначала собирает всех членов бригады и непосредственно на рабочем месте инструктирует их, показывая границы работы и обращая особое внимание на опасные места: границы разделения частей, находящихся под напряжением, и заземленных, а также места секционирования.

Получив инструктаж, исполнитель должен четко усвоить границы своего перемещения при выполнении работы, представить ее объем и возможность выполнения в установленное время. Если в последующем меняются категория работы и место ее выполнения, всех членов бригады собирают и инструктируют вновь.

До начала работ со снятием напряжения должны быть установлены все заземляющие штанги, предусмотренные нарядом, и при работах под напряжением шунтирующие штанги, в чем лично убеждается производитель работ. При работах вблизи частей, находящихся под напряжением, каждая работающая бригада должна иметь заземляющую штангу с присоединенным к рельсу башмаком (см. ниже). Приступать к работам на контактной сети во время грозы и при ее приближении запрещается.

*Надзор во время работы.* Производитель работ участия в работе не принимает, а постоянно следит за соблюдением исполнителями правил безопасности и порядка работы, установленного технологической картой, нарядом и инструктажем. Производитель работ должен следить за всеми действиями работающих, чтобы предупредить ошибку или нарушение порядка, предусмотренного нарядом и инструктажем.

Во время работы на высоте исполнители должны закрепляться карабином или стропой предохранительного пояса за опоры или конструкции, тяги, тросы и провода, имеющие надежное постоянное крепление. При закреплении карабином на полную длину цепи точка закрепления должна находиться на уровне груди работающего или выше. Обращают внимание на то, чтобы в случае падения работающего при работах на заземленных конструкциях исключалась возможность приближения к частям, находящимся под напряжением, а при работах под напряжением — к заземленным конструкциям.

Если во время работы бригада рассредотачивается и работа выполняется по одному наряду двумя и более группами, в каждой группе при выписке наряда назначается свой наблюдающий. Назначают дополнительно столько наблюдающих, чтобы каждый работающий был под наблюдением одного из работников, нахо-

дящихся внизу, на расстоянии не далее одного пролета. При работах в зоне, где расстояние между находящимися под напряжением и заземленными частями менее 2 м, устанавливают индивидуальное наблюдение за каждым работающим.

Производитель работ в этих случаях осуществляет общее руководство работами и контролирует выполнение требований безопасности во всех группах. При необходимости проверки качества работ с подъемом на высоту производитель работ на время проверки назначает наблюдающего из состава бригады. В случае необходимости ухода производителя с места работы она приостанавливается и возобновляется лишь после его возвращения.

*Перерывы в работе, переходы и окончание работы.* После окончания работ или при переходе и перерыве производитель следит, чтобы все работники прекратили работу и сошли вниз, после чего дает команду на снятие всех защитных средств. Наряд закрывают после полного окончания работ с указанием даты завершения работ и передают лицу, выдавшему его.

*Техническими мероприятиями* по обеспечению безопасности работающих являются:

- закрытие путей перегонов и станций для движения поездов, выдача предупреждений на поезда и ограждение места работ;
- снятие рабочего напряжения и принятие мер против ошибочной подачи его на место работы;
- проверка отсутствия напряжения;
- наложение заземлений, шунтирующих штанг или перемычек, включение разъединителей;
- освещение места работы в темное время суток.

Все работы на контактной сети, за исключением осмотров, выполняются бригадой в составе не менее 2 человек, при этом на каждую работу назначают производителя работ, отвечающего за безопасность работающих под его руководством лиц и безопасность движения поездов, и наблюдающего, отвечающего за соблюдение всеми работающими установленных требований правил безопасности. Квалификационная группа производителя работ, наблюдающего и исполнителей должна соответствовать категории предстоящей работы. При работах под напряжением и на заземленных конструкциях вблизи от напряжения производитель работ должен иметь V квалификационную группу по электробезопасности. При снятии напряжения и заземлении квалификационная группа производителя

работ должна быть не менее IV при работах вдали от частей, находящихся под напряжением, а без подъема на высоту производителем работ может быть работник с квалификационной группой III.

### **11.5. Работы со снятием напряжения и заземлением**

Все работы, в процессе выполнения которых одновременно возможно соприкосновение с частями, находящимися под напряжением, и с заземленными конструкциями, производят со снятием напряжения и заземлением. Приказ на такие работы выдает энергодиспетчер. В приказ включают все необходимые технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ: закрытие путей перегонов и станций для движения поездов, выдача предупреждений на поезд и ограждение места работ, снятие рабочего напряжения и принятие мер против ошибочной подачи его на место работы, проверка отсутствия напряжения, наложение заземления, шунтирующих штанг и перемычек, освещение места работ в темное время суток.

**Снятие рабочего напряжения.** Напряжение с контактной сети снимается отключением соответствующих выключателей и разъединителей.

Все переключения на контактной сети осуществляют без наряда по приказу энергодиспетчера, за исключением аварийных случаев при перерыве всех видов связи, когда разъединители отключают без приказа энергодиспетчера с последующим его уведомлением.

При наличии телеуправления энергодиспетчер сам переключает выключатели и разъединители с щита телеуправления. По загоранию сигнальной лампы он убеждается в выполненном переключении. Если необходимо переключить разъединители с дистанционным и ручным управлением, на выполнение переключения энергодиспетчер дает приказ, его содержание повторяет лицо, которому предстоит выполнить приказ. Энергодиспетчер, убедившись в том, что приказ правильно понят, утверждает его и указывает время и свою фамилию.

Выполняя переключение с пульта управления, прежде чем выполнить переключение, проверяют исправность заземления пульта управления, убеждаются в наличии питания цепей управления и исправности сигнальных ламп, соответствии номера разъединителя названному в приказе и соответствии исходного положения

разъединителя указанному в приказе по цвету сигнальной лампы. После переключения по загоранию сигнальной лампы убеждаются в состоявшемся переключении и уведомляют энергодиспетчера.

Если переключают разъединители с ручными приводами, то соответствие номера разъединителя номеру в приказе устанавливают по надписи на приводе. До переключений осмотром убеждаются в исправности разъединителя и заземления привода, соответствии исходного положения разъединителя указанному в приказе. Переключают разъединители в диэлектрических перчатках, после чего закрывают замок привода. В правильности выполнения переключения убеждаются по положению контактов разъединителя, затем уведомляют энергодиспетчера, который приняв уведомление, называет его порядковый номер, время и свою фамилию.

Разъединители переключают электромонтеры контактной сети, имеющие квалификационную группу не ниже III, или в пределах определенной станции и депо дежурный персонал станции или депо, прошедший специальный инструктаж и испытания в комиссии района контактной сети в практическом знании основных требований правил безопасности при переключениях.

После отключений энергодиспетчер проверяет по схеме питания и секционирования правильность и достаточность отключений для данной работы.

***Ограждение места работы.*** Для исключения подачи напряжения на линию, где ведутся работы, ключи от закрытых на замок приводов хранятся у работника, выполнившего отключение, или у производителя работ. При отключении разъединителя по телеуправлению на кнопку включения этого разъединителя надевают предохранительный колпачок, а при дистанционном управлении вешают запрещающий плакат: *«Не включать. Работа на линии»*.

В целях недопущения подачи напряжения через изолирующие сопряжения или секционные изоляторы, которые могут быть перекрыты токоприемниками ЭПС, закрывают соответствующие пути для движения поездов на электрической тяге приказом поездного диспетчера дежурному соответствующей станции.

Если по характеру и объему работ проследование любых поездов по месту работ невозможно, этот путь закрывают для движения всех поездов, а место работ ограждают сигналами остановки.

При сохранении движения поездов (на тепловозной тяге или с опущенными токоприемниками) место работы ограждают специальными сигнальщиками. В случае движения с опущенными токоприемниками перед заземленной секцией устанавливают сигналы об опускании токоприемника; всем машинистам поездов, следующих по участку, где производится работа, выдают предупреждения о подаче сигналов и следовании с повышенной бдительностью.

Работу на станционных путях согласовывают с дежурным по станции; производитель работ производит соответствующую запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети». Указывается место и характер работы, какие пути, стрелки или секции контактной сети и с какого времени закрываются для движения всех поездов или только ЭПС.

Начинают работы только после росписи в этом журнале дежурного по станции, подтверждающей возможность выполнения работ на контактной сети станции.

#### ***Проверка отсутствия напряжения и наложение заземления.***

Надежное и правильно выполненное заземление контактной сети является основной защитной мерой, гарантирующей безопасность работающих: в этом случае даже при случайной подаче напряжения на место работ под воздействием тока к.з. немедленно отключится соответствующий выключатель. При заземлении, кроме того, ликвидируется остаточное емкостное напряжение, значение которого бывает достаточно большим и опасным. В качестве заземлителя для проводов контактной подвески служит тяговый рельс.

Питающие линии заземляют на провода отсасывающей линии или на специально подвешенный провод группового заземления (ГЗ), присоединенный к тяговому рельсу или системе отсоса на тяговой подстанции.

*На контактной сети постоянного тока* место работы каждой отдельно работающей бригады должно быть ограждено двумя заземляющими штангами, установленными в пределах видимости, но не далее 300 м с обеих сторон от места работы. При работе широким фронтом допускается установка заземляющих штанг вне пределов видимости — с охраной электромонтером и наличием радиосвязи с производителем работ. В случае производства работ на контактной сети в одном месте и отключении разъединителя ручным приводом

допускается заземление контактной сети одной штангой, устанавливаемой на расстоянии одного пролета от места работы. Если работа охватывает две или несколько электрически разделенных секций контактной сети, то каждую из этих секций заземляют самостоятельно заземляющими штангами, место секционирования шунтируют секционным разъединителем и шунтирующей перемычкой сечением  $50 \text{ мм}^2$  по меди. В тех случаях, когда путь оставляют открытым для движения поездов с тепловозами, заземляющие штанги устанавливают так, чтобы все их части не входили в габарит подвижного состава.

На участках с автоблокировкой заземляющие штанги, устанавливаемые в пределах одного блок-участка, присоединяют к одному и тому же тяговому рельсу, так как в противном случае произойдет замыкание рельсовых цепей через штанги и контактный провод, что вызовет загорание красного огня сигнала автоблокировки. На участках с однопутными цепями заземляющие штанги присоединяют к тяговой нити РЦ.

При выполнении работ с автомотрисы или дрезины допускается использование штанги, заземляющий провод которой присоединен к раме автомотрисы или дрезины. Эту штангу завешивают второй после установки на контактной сети штанги, присоединенной к рельсу.

Контактную сеть заземляют складной штангой общей длиной около 6 м. Верхняя часть штанги выполнена из дюралюминиевой трубы 3 (рис. 11.4, а), а нижняя — изолирующая длиной 2,5 м из деревянного сухого шеста или стеклопластиковой трубы 1.

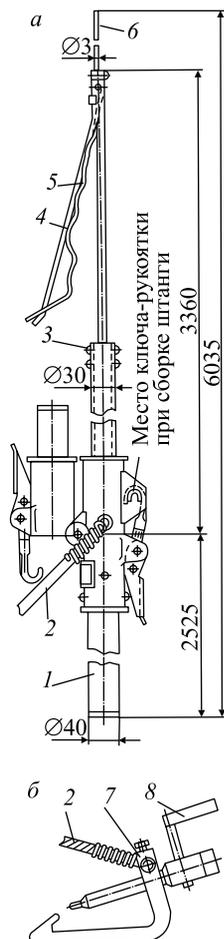


Рис. 11.4. Штанга для заземления контактной сети (а) и заземляющий башмак (б)

Для завески штанги на контактную сеть служит медный крюк 4, надежность контакта обеспечивается пружиной 5. Для проверки отсутствия напряжения «на искру» служит специальный стержень 6. Заземляющий провод 2 сечением 50 мм<sup>2</sup> подсоединен к средней части штанги над шарнирным соединением и в нижнем конце снабжен башмаком 7 (рис. 11.4, б) для присоединения к подошве рельса. Штанга оборудована механической блокировкой, ключом-рукояткой 8, которая позволяет раскрыть штангу и завесить ее на контактную сеть только после надежного подсоединения к рельсу и, наоборот, отсоединить от рельса только после снятия штанги с контактной сети и только потом сложить ее.

Перед наложением заземления убеждаются в отсутствии напряжения в контактной сети. Для этого сначала закрепляют заземляющий зажим (башмак) к рельсу и прикасаются стержнем (острием) 6 к струне или фиксатору на расстоянии не ближе 1 м от изолятора. К основным проводам и тросам нельзя прикасаться, чтобы не вызвать их пережог в случае, если в контактной сети при опробовании окажется напряжение.

Отсутствие напряжения можно проверить и специальными указателями напряжения, которые перед применением проверяют на исправность, прикасаясь к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением.

Проверяя отсутствие напряжения и затем завешивая заземляющую штангу на контактную сеть, работник не должен касаться заземляющего провода и должен находиться возможно дальше от него. Не допускается прикосновение заземляющего провода к опорам контактной сети и другим заземленным металлическим конструкциям.

На *линиях переменного тока*, в отличие от контактной сети постоянного тока, где напряжение в отключенной секции после снятия напряжения может появляться лишь в результате случайной подачи его (вследствие неправильного включения секционного разъединителя, перекрытия изолирующего сопряжения или секционного изолятора полозом токоприемника, пробоя или перекрытия секционного или врезного изолятора и т.п.), отключенные провода контактной сети, а также другие провода, расположенные вдоль линии, постоянно имеют высокий потенциал, вызванный

индуктивным (электромагнитным) влиянием на них от параллельно расположенной и находящейся под напряжением контактной сети соседних путей.

Электромагнитное влияние представляет собой совокупность двух воздействий: электрического и магнитного. Электрическое влияние обусловлено наличием электрического поля в пространстве, окружающем провода, находящиеся под высоким напряжением. Наведенный при этом в отключенном и изолированном от земли проводе потенциал зависит от величины напряжения во влияющем проводе и расстояния между проводами: при расстоянии 5—10 м между отключенным проводом и проводом, находящимся под напряжением, потенциал может достигать нескольких тысяч вольт, и только при удалении на 30 м потенциал не превышает 250 В. Этот потенциал можно снять, если заземлить отключенные провода. При уменьшении высоты подвеса провода, подвергающегося влиянию, наведенный в нем потенциал снижается.

Магнитное влияние вызывается прохождением по проводам рядом расположенной контактной подвески или линии ДПР переменного тока, который создает в окружающем пространстве изменяющееся магнитное поле. Силовые линии этого поля, пересекая другие провода, расположенные в зоне их влияния, наводят в проводах электродвижущую силу (ЭДС), значение которой прямо пропорционально рабочему току и длине провода, подвергающегося влиянию, и достигает, например, в отключенной контактной сети на одном из путей двухпутного участка 9 кВ и более.

Если увеличить расстояние между проводами, то наведенная ЭДС снижается, но весьма медленно. Так, при увеличении расстояния между проводами в 10 раз (с 5 до 50 м) наведенная ЭДС снижается в 1,5–2,5 раза. Наведенное напряжение возникает и от ВЛ высокого напряжения. Зона наведенного напряжения вдоль контактной сети и ВЛ по обе стороны от них имеет следующие размеры: 75 м — для контактной сети 25 кВ и 2×25 кВ; 100 м — для ВЛ 110 кВ; 150 м — для ВЛ 150—220 кВ.

Распределение наведенной ЭДС в подверженном влиянию проводе зависит от места установки заземления (рис. 11.5). Отключенный и не заземленный провод по всей длине находится под определенным наведенным напряжением (рис. 11.5, а), изменяю-

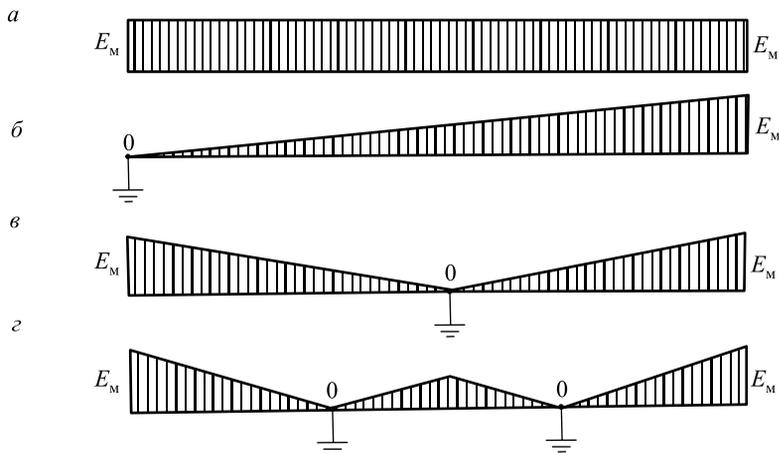


Рис. 11.5. Распределение наведенной ЭДС ( $E_M$ ) в проводе, подверженном электромагнитному влиянию: *a* — при отключенном и незаземленном проводе; *б* и *в* — при одном заземлении на конце и в середине провода; *г* — при двух заземлениях

щимся в зависимости от изменения указанных выше факторов. При заземлении провода потенциал в месте заземления будет равен нулю, а на другом конце — соответствовать наведенной ЭДС (рис. 11.5, б). Если провод заземлить в середине, то потенциал распределится вдоль него таким образом, что в средней части он будет равен нулю, по концам равен ЭДС (рис. 11.5, в). В случае заземления в двух точках провод между заземлениями будет находиться под соответствующим наведенным напряжением, которое будет возрастать в той же пропорциональности и в незаземленную сторону (рис. 11.5, г).

Начиная с расстояния более 200 м от места заземления контактной сети на тяговый рельс потенциал становится опасным для жизни. Поэтому на электрифицированных участках переменного тока заземляющие штанги располагают с обеих сторон от места работы на расстоянии не далее 200 м друг от друга и работать разрешается только между этими штангами, а от места разрыва проводов — не далее 100 м. Так как в процессе работы может быть нарушен контакт у одной из заземляющих штанг, работа с большим расстоянием между штангами и с одной заземляющей штангой категорически запрещена.

Ввиду электромагнитного влияния требования к качеству заземления на контактной сети переменного тока повышены. Заземляющие штанги должны обеспечивать надежный контакт с проводом, для чего обязательно применяют крюки с прижимными устройствами, а башмаки только с блокировкой во избежание возможных ошибок в последовательности установки заземления. Во время работы на отключенных проводах питающих линий, когда заземление не может быть осуществлено на тяговые рельсы, расстояние между заземляющими штангами уменьшают до 100 м.

В тех случаях, когда при работах на отключенных и заземленных линиях, подверженных индуктивному влиянию, нарушается целостность проводов и не исключена возможность одновременного прикосновения работающих к этим проводам и заземленным конструкциям, не связанным с тяговыми рельсами, устанавливают шунтирующие перемычки для выравнивания потенциалов между такими проводами и заземленными конструкциями. Шунтирующие перемычки должны быть из медного провода сечением 50 мм<sup>2</sup>, их устанавливают после завешивания заземляющих штанг не далее 100 м.

## **11.6. Работы под напряжением**

Работы под напряжением (рис. 11.6, *а, б*) ведут с изолирующих рабочих площадок автотрис и дрезин (работа запрещена до разработки безопасных приемов труда) и изолирующих съемных вышек (см. п. 12.1). Особенность этих работ заключается в том, что исполнитель работ непосредственно соприкасается с высоким напряжением. При выполнении этих работ должна быть исключена возможность прикосновения к заземленным конструкциям.

Перед началом работ осматривают изолирующие части вышек и площадок, исправность всех частей, протирают лестницы и изоляторы. Опробуют изоляцию рабочим напряжением непосредственно от контактной сети. Для этого после подъема на изолирующую площадку, не касаясь контактной сети и находясь на возможно далеком расстоянии от нее, крюком шунтирующей штанги прикасаются к одному из элементов контактной сети, находящемуся под напряжением (струне, электрическому соединителю или фиксатору), и убеждаются в исправности изолирующих частей.

Не допускается шунтирующей штангой приближаться к изолятору на расстояние менее 1 м и касаться провода, находящегося под механической нагрузкой, так как при неисправности изоляции вышки возникает электрическая дуга, которая может повредить изолятор или вызвать пережог провода.

После проверки изоляции шунтирующие штанги завешивают на провода контактной подвески и оставляют в этом положении на все время производства работ. Завешенная шунтирующая штанга надежно контролирует состояние изоляции и выравнивает потенциал всех частей, к которым одновременно прикасается работающий. Если происходит передвижение вышки и требуется временно снять шунтирующую штангу, работник, находясь на площадке, не должен прикасаться к проводам и конструкциям.

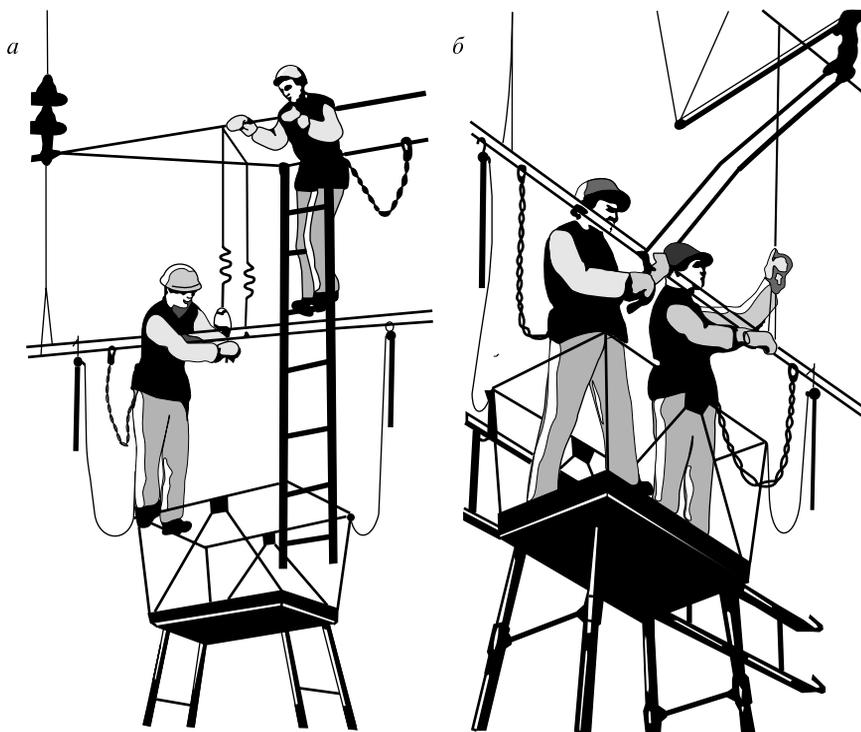


Рис. 11.6. Работа на контактной сети под напряжением: *а* — на несущем тросе с использованием 3-метровой лестницы; *б* — на контактном проводе

На изолирующей площадке автомотрисы и дрезины одновременно могут находиться и работать не более трех, а на изолирующей съёмной вышке — не более двух электромонтеров. Поднимаются на изолирующие площадки автомотрисы и дрезины поочередно при снятых шунтирующих штангах.

В отличие от работ с рабочими площадок автомотрис и дрезин работы с изолирующей съёмной вышки, как правило, выполняют без прекращения движения поездов. Поэтому для своевременного снятия ее с пути бригада должна состоять (в зависимости от местных условий) не менее чем из 4 человек, не считая сигнальщиков.

Во время работ с вышкой на участках с однопутными рельсовыми цепями ее устанавливают на путь таким образом, чтобы неизолированное от нижней части вышки колесо находилось на тяговом рельсе. При установке съёмной вышки на земле нижнюю часть ее присоединяют к тяговому рельсу заземляющим медным проводом того же сечения, что и для шунтирования.

Подниматься на изолирующую съёмную вышку могут два электромонтера одновременно с двух сторон при снятых шунтирующих штангах.

Передвигают изолирующую съёмную вышку, автомотрису или дрезину при нахождении на рабочей площадке электромонтеров только по команде находящегося там же исполнителя работ. Он предупреждает всех работающих на площадке о прекращении работы и, убедившись, что они не касаются проводов, снимает на время передвижения шунтирующие штанги. Передвижение должно быть плавным: скорость съёмной вышки не более 5 км/ч, а автомотрисы и дрезины — не более 10 км/ч.

Работы под напряжением выполняют без приказа энергодиспетчера, но с его разрешения и уведомления о месте и характере намечаемых к выполнению работ, а также об их окончании. Если работы будут выполняться в местах секционирования контактной сети (на изолирующем сопряжении, секционном изоляторе или врезном изоляторе, разделяющем две секции контактной сети), требуется приказ энергодиспетчера. При этом секции должны быть зашунтированы включением секционного разъединителя, а шунтирующие штанги установлены на провода обеих секций контактной сети. Кроме того, для выравнивания потенциалов по секциям

и исключения протекания уравнительного тока по монтажным приспособлениям на месте работ не далее одного пролета между опорами устанавливают съемную шунтирующую перемычку из медного гибкого провода площадью сечения не менее 50 мм<sup>2</sup>.

Нельзя работать под напряжением под пешеходными мостами, путепроводами, бункерами, в тоннелях и на мостах с ездой понизу, а также под жесткими поперечинами и в других местах, где расстояние до заземленных конструкций или конструкций и проводов, находящихся под напряжением других секций, менее 0,8 м.

Не разрешаются работы под напряжением во время грозы, дождя, тумана и мокрого снегопада, так как в этих условиях утечка тока через изолирующие части становится опасной. Во избежание случайных захлестываний проводов и опрокидывания съемной вышки нельзя выполнять работы под напряжением при скорости ветра свыше 12 м/с.

При работах с изолирующих вышек запрещено: оставлять на рабочей площадке инструмент и другие предметы, которые могут упасть во время установки или съема вышки; работающим внизу прикасаться непосредственно или через какие-либо предметы к съемной вышке выше заземленного пояса; осуществлять работы, при которых на вершину вышки передаются усилия, вызывающие опасность ее опрокидывания; передвигать съемную вышку по земле при нахождении на ней работников.

Во всех случаях производитель и другие работники строго следят за тем, чтобы во время работы исключалась возможность шунтирования изолирующей части вышки или изоляторов изолирующей площадки автотрисы и дрезины любыми предметами (штангами, проволокой, фиксатором, лестницей и т. п.). При работах с изолирующих площадок автотрис и дрезин ограждение площадок должно быть поднятым.

Если необходимо подняться на несущий трос и другие провода, используют деревянную лестницу длиной 3 м с крючками для завески на трос или провод. Для работы на лестнице работник закрепляется к тросу стропой предохранительного пояса.

В связи с тем что работы с изолирующих съемных вышек выполняют без прекращения движения поездов, очень важно правильно огрaдить место работ и своевременно предупредить о подходе поезда.

Место работ ограждают специально выделенные сигналисты 1 (рис. 11.7). Они должны иметь сигнальные принадлежности на случай необходимости остановки поезда (сигнальные флажки, рожок и петарды) и поддерживать связь с производителем работ (видимую или через радиостанции). Во время работ на главных путях перегонов и станций сигналисты отходят от места работ в обе стороны на расстояние тормозного пути, которое зависит от принятой на участке скорости движения поездов, профиля пути и обращающегося подвижного состава. Это расстояние «Б» (см. рис. 11.7) устанавливается начальником дороги и составляет 1000—1700 м.

В случае приближения поезда сигналист подает сигнал производителю работ и следит за съемом вышки с пути. Если же по условиям работы вышка не снята с пути, сигналист принимает меры к остановке поезда.

Когда не обеспечивается видимость между основными сигналистами и бригадой, между ними выставляют промежуточных сигналистов 2, которые повторяют их сигналы.

Так как для прекращения работ и снятия вышки с пути требуется некоторое время, основному сигналисту 1 необходимо знать о приближении поезда заблаговременно. Так, при скорости движения 120 км/ч он должен знать о появлении поезда на расстоянии 2 км

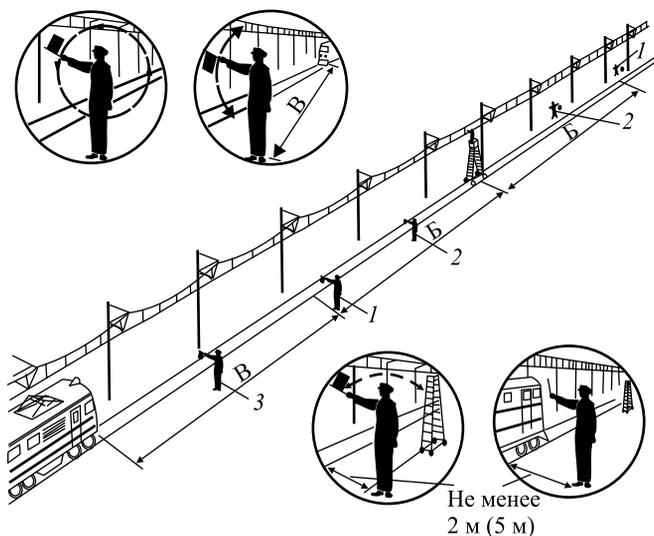


Рис. 11.7. Ограждение изолирующей съёмной вышки

(расстояние «В»). Для этих целей при необходимости дополнительно выставляют сигналиста-оповестителя 3.

Если нарушена связь между производителем работ и основным сигналистом (неисправность радиостанции, прекращение видимой связи по условиям проходящего по соседнему пути поезда и другим причинам), бригада прекращает работы и убирает вышку с пути, а сигналист при отсутствии информации о прекращении работ принимает меры к остановке поезда.

На направлениях, где скорости движения пассажирских поездов превышают 140 км/ч, вводят дополнительную меру безопасности, заключающуюся в прекращении всех работ и снятии вышки за 10 мин до прохода скоростного поезда, все работники отходят от пути на расстояние не менее 5 м.

Когда при выполнении работ на контактной сети двухпутных и многопутных участков проходит поезд по соседнему пути, работы должны быть прекращены и все члены бригады должны следить за проходящим поездом, обращая внимание на сигнал основного сигналиста. Если по соседнему пути идет пассажирский поезд со скоростью более 140 км/ч, работа прекращается, работающие сходят вниз и съемная вышка за 5 мин до прохода этого поезда убирается с пути.

На двухпутных участках при одностороннем движении поездов по каждому пути допускается одностороннее ограждение съемной вышки. Такое ограждение возможно в светлое время суток, если оба пути открыты для движения поездов и нет скоростного движения. При таком ограждении снятие вышки на соседний путь недопустимо. В этих случаях производитель работ поддерживает связь с энергодиспетчером для выяснения возможной организации движения поездов по неправильному пути.

Съемные вышки для работ на станционных путях ограждают на расстоянии не менее 50 м от места работ таким образом, чтобы сигналист мог видеть передвижение подвижного состава по примыкающим съездам. Кроме того, о приближении поезда на путь, где производят работу, бригаду оповещает по громкоговорящей связи дежурный по станции или парку, с которым заблаговременно согласовывают место работы.

При работах на контактной сети с изолирующих съемных вышек выдают предупреждения локомотивным бригадам об особых условиях следования поезда.

Работа с автототрис, имеющих заземленные рабочие площадки, выполняется только со снятием напряжения и заземлением контактной сети.

## 11.7. Комбинированные работы без снятия напряжения с контактной подвески

Отдельные устройства контактной сети ремонтируют и меняют без снятия напряжения с контактной подвески, не прекращая движения электропоездов во время работ. К таким работам относятся осмотр и ремонт секционных разъединителей, разрядников, ОПН, отсасывающих трансформаторов и гибких поперечин. Выполнение указанных работ требует определенной последовательности, так как в процессе работы происходит переход от работ одной категории к другой. Эти работы называют комбинированными и принцип организации их различен в зависимости от вида производимой работы.

Для выполнения работ на *секционном разъединителе* без снятия напряжения с контактной подвески в шлейфы разъединителя, идущие к цепной подвеске, около несущего троса врезаны изоляторы, которые шунтируются перемычками. Если снять эти перемычки, то разъединитель будет изолирован от контактной подвески, следовательно, после заземления токоведущих конструкций можно выполнять все работы на разъединителе при наличии напряжения в контактной подвеске.

Последовательность выполнения работ на продольном нормально включенном разъединителе следующая (рис. 11.8). Первый этап работы — под напряжением. Предварительно шунтируют изолирующее сопряжение при включенном положении разъединителя и завешенных шунтирующих штангах установкой электрического шунта 1, который должен иметь сечение не менее 70 % площади сечения подвески. Затем разъединитель отключают, изоляторы 2 шунтируют переносными штангами 4. Выполнив переносную шунтировку, отсоединяют шунты 3. Отсоединенные перемычки надежно закрепляют к шлейфы 5 и после этого снима-

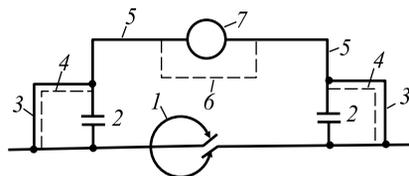


Рис. 11.8. Комбинированное выполнение работ на продольном секционном разъединителе (схема)

ют шунтирующие переносные штанги, не касаясь проводов контактной сети. Таким образом, разъединитель 7, установленный на опоре, изолирован от контактной подвески и подготовлен к работе. Электромонтеры спускаются с изолирующей вышки и убирают ее с пути в габарит приближения строения.

На втором этапе работу выполняют при снятом напряжении. Для этого на шлейфы секционного разъединителя завешивают заземляющие штанги с обеих сторон. Секционный разъединитель включают и устанавливают на болтовых зажимах шунтирующую перемычку 6 из медного троса сечением не менее  $50 \text{ мм}^2$ . После такой подготовки приступают к работе на секционном разъединителе. По окончании работ разъединитель в постоянную эксплуатацию вводят в обратной последовательности. При включенном положении разъединителя снимают временную шунтирующую перемычку 6. После ухода с места ремонта всех работавших снимают заземляющие штанги. Приступают к третьему этапу — работе под напряжением. При отключенном положении разъединителя электромонтеры поднимаются на вышку, завешивают шунтирующие штанги 4 и надежно закрепляют постоянные шунты 3. Далее разъединитель включают, после этого снимают электрический шунт 1.

Работы на *роговом разряднике и ОПН* аналогичны работам на секционном разъединителе. Со шлейфа рогового разрядника или ОПН, в который врезан изолятор, на первом этапе под напряжением с изолирующей съемной вышки при завешенных шунтирующих штангах по обе стороны от изолятора снимают шунтирующую изолятор перемычку. На втором этапе при завешенных заземляющих штангах выполняют работы на роговом разряднике или ОПН.

По окончании этих работ снимают заземляющую штангу, устанавливают шунтирующие штанги и уже под напряжением восстанавливают шунт на врезном изоляторе.

Для выполнения работ на *изолированной гибкой поперечине* (рис. 11.9) под напряжением предварительно переводят питание подвесок всех путей, подвешенных на этой поперечине, на один фидер. В противном случае при отключении одного из фидеров может появиться разность потенциалов в узлах, на которых производится работа.

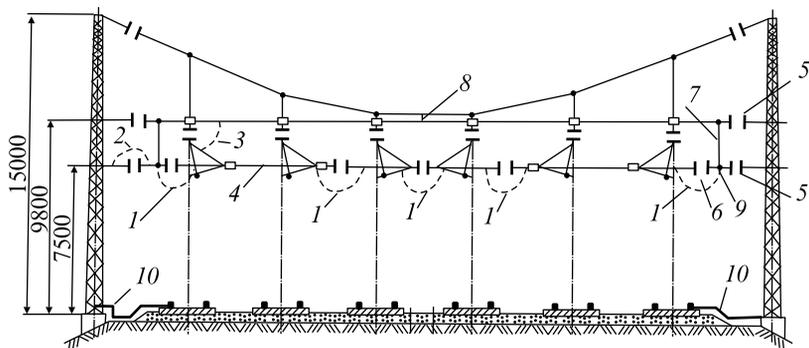


Рис. 11.9. Выполнение работ на изолированной гибкой поперечине: 1 — шунт для постановки гибкой поперечины под напряжение; 2 — шунт для заземления гибкой поперечины; 3 — шунт на подвесном изоляторе; 4 — нижний фиксирующий трос; 5 и 6 — первый и второй врезные изоляторы; 7 — электрический соединитель между нижним и верхним фиксирующими тросами; 8 — электрический соединитель между поперечно-немым и верхним фиксирующим тросами; 9 — нейтральная вставка; 10 — заземление опоры

Работы на изолированной гибкой поперечине организуются следующим образом. Переносными штангами шунтируют все врезные изоляторы в нижнем фиксирующем тросе 4 и устанавливают шунтирующие переключки 1, с помощью которых выравнивают потенциал в пределах всей гибкой поперечины. Затем съемную вышку устанавливают под один из вторых 6 от опоры изоляторов в нижнем фиксирующем тросе и проверяют исправность всех первых 5 от опор изоляторов. Для этого шунтирующую штангу завешивают на нижний фиксирующий трос, находящийся под напряжением, а вторым крюком касаются электрического соединителя 7, установленного между верхним и нижним фиксирующими тросами. Отсутствие искры говорит об исправности всех первых от опоры изоляторов. Шунтирующая штанга после этого остается завешенной на нижнем фиксирующем тросе, чтобы на время работы второй изолятор от опоры был зашунтирован. Проверку первых от опоры изоляторов и их узлов крепления осуществляют с опоры и проводят их, как работы вблизи частей, находящихся под напряжением.

Далее электромонтер поднимается на гибкую поперечину непосредственно к верхнему фиксирующему тросу для установки и надежного крепления шунтирующей перемычки  $\delta$  между несущим тросом и верхним фиксирующим тросом. До его установки предварительно завешивают шунтирующие штанги на несущий и верхний фиксирующий тросы.

После такой подготовки работы выполняют под напряжением в пределах всей гибкой поперечины, за исключением первых от опоры изоляторов.

Проверка и очистка первых от опоры изоляторов и их закрепление производится вблизи частей, находящихся под напряжением. До начала работ проверяют исправность всех подвесных изоляторов и вторых от опоры изоляторов в нижнем фиксирующем тросе. Для этого острием заземляющей штанги, закрепленной предварительно к рельсу, прикасаются к электрическому соединителю, установленному между нижним и верхним фиксирующими тросами. После этого на нейтральную вставку нижнего фиксирующего троса устанавливают заземляющую штангу 2.

## **11.8. Условия труда и контроль за обеспечением безопасности работающих**

Рабочим местом электромонтеров является электрифицированный участок в установленных для района контактной сети границах.

Электромонтеры контактной сети работают по графику пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями. В аварийных ситуациях их могут вызвать для работы в нерабочее время с последующим предоставлением отдыха в другие дни. Дежурный работает по утвержденному графику. Дежурство организуется круглосуточно на дежурном пункте или при наличии квартир вблизи ЭЧК: днем — на дежурном пункте, а ночью и в нерабочие дни — на дому.

В дежурном пункте может быть организовано дежурство с правом отдыха. Для этого оборудуют специальную комнату, где имеются постельные принадлежности. При этом дежурстве учет рабочего времени ведется из расчета 0,75 ч за 1 ч нахождения на

дежурном пункте. Учет рабочего времени при дежурстве на дому ведется из расчета 0,25 ч за 1 ч.

Местом сбора электромонтеров является дежурный пункт, который имеет вспомогательные помещения: сушилку для одежды, душевые, санузлы, индивидуальные шкафы для рабочей и чистой одежды, помещение для отдыха и технической учебы.

Плановые работы по ремонту контактной сети и линий электро-снабжения выполняются, как правило, при естественном освещении и температуре воздуха летом не выше  $+35^{\circ}\text{C}$  и зимой не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Выполнение работ на контактной сети требует твердых знаний правил безопасности и неукоснительного их выполнения.

Эти требования обусловлены повышенной опасностью: работы на контактной сети выполняются при наличии движения поездов, с подъемом на высоту, в различных метеорологических условиях, иногда в темное время суток, а также вблизи от проводов и конструкций, находящихся под высоким напряжением, или непосредственно на них без снятия напряжения, с соблюдением организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности работающих.

Устройства контактной сети как постоянного, так и переменного тока относятся к электроустановкам высокого напряжения (выше 1000 В), представляющим собой опасность воздействия электрического тока на организм человека, и поэтому они могут обслуживаться только специально подготовленным персоналом дистанций электроснабжения и электромонтажных поездов.

Все работы на контактной сети должны выполняться в строгом соответствии с Правилами безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог и Инструкции по безопасности для электромонтеров контактной сети.

В зависимости от местных условий при необходимости разрабатывают дополнительные инструкции, указывающие на особенности условий производства работ.

Контроль за соблюдением правил безопасности ведется в первую очередь в бригаде непосредственно на месте работ. Кроме того, периодически проверяется организация производства работ в районе контактной сети.

Работу бригады на линии регулярно проверяют руководители района контактной сети — начальник или электромеханик. Периодические проверки осуществляют руководители и инженерно-технический персонал дистанции электроснабжения и службы электрификации и электроснабжения. При этом оценивается дисциплинированность бригады в деле обеспечения безопасности труда и грамотность проведения и организации работ.

Централизация контроля с регистрацией нарушений на дистанции электроснабжения и принятием необходимых мер достигается талонной системой. Каждый электромонтер вместе с удостоверением получает талон по безопасности № 1 (рис. 11.10). В случае нарушения безопасности у работника изымают талон предупреждения и после заполнения оборотной стороны направляют начальнику дистанции электроснабжения для принятия мер. Работник, у которого изъят талон, к работе не допускается до выдачи нового талона. Нарушивший подвергается внеочередным испытаниям по безопасности, после чего ему выдают талон № 2. Если в последующем допущено повторное нарушение, изымают талон № 2 и после сдачи испытаний выдают талон № 3. В том случае, если изъят та-

<i>a</i>	<i>б</i>
Лицевая сторона	Оборотная сторона (одинаковая для всех талонов)
_____	Талон изъят _____
(наименование предприятия)	(дата)
Талон-предупреждение №1	Ф.И.О. _____
К удостоверению № _____	(изъясвшего талон)
Выдан _____	Должность _____
(должность, профессия)	Причина изъятия _____
_____	_____
Дата выдачи _____	_____
Подпись _____	Подпись _____
(лица, выдавшего талон)	(лица, изъясвшего
М.п. _____	_____
(с зеленой полосой)	талон)

Рис. 11.10. Талон-предупреждение по безопасности: лицевая (*a*) и оборотная (*б*) стороны; *1* — зеленая полоса на лицевой стороне талона — предупреждение № 1; то же желтая — предупреждение № 2; то же красная — предупреждение № 3

лон № 3, нарушителя понижают в должности или переводят на работу, не связанную с движением поездов. Талоны предупреждения могут изымать руководители и инженерно-технические работники служб электрификации и электроснабжения, отделения железной дороги, дистанции электроснабжения, ревизоры по безопасности движения поездов, начальник и электромеханик района контактной сети.

Несчастный случай, происшедший на производстве, вызвавший потерю у работника трудоспособности не менее одного дня или необходимость его перевода на другую работу, оформляется актом о несчастном случае на производстве (форма Н-1). Расследование несчастного случая осуществляет комиссия, которую незамедлительно создает приказом или распоряжением и лично возглавляет начальник дистанции электроснабжения с участием председателя профсоюзного органа и инженера по охране труда. По результатам расследования издается приказ с указанием конкретных мер по предупреждению подобных случаев.

Специальному расследованию подлежат групповые несчастные случаи, происшедшие одновременно с двумя и более работниками, тяжелый несчастный случай с серьезной травмой, установленной лечебным учреждением. В этих случаях, на место происшествия срочно выезжают начальники отделения железной дороги и службы электрификации и электроснабжения с последующим разбором в отделении и управлении железной дороги. При более тяжелых случаях расследование производится одним из руководителей ОАО «РЖД».

ОАО «РЖД» и все подчиненные ему подразделения ведут учет и анализ производственного травматизма, разрабатывают ежегодные мероприятия по его предотвращению и обеспечивают их выполнение. Годовой анализ производственного травматизма по сети дорог, информационные письма по случаям травматизма и меры по предупреждению несчастных случаев изучаются и обсуждаются в трудовых коллективах и устанавливается контроль за выполнением намеченных мер.

Основа успешной работы без травм и нарушений нормальной работы — поддержание постоянно устойчивой производственной и технологической дисциплины на всех уровнях, недопущение нарушений действующих правил и инструкций.

## **11.9. Контрольные вопросы**

1. Как заземляют контактную сеть для производства работ?
2. Какие имеются квалификационные группы по электробезопасности?
3. Какие имеются категории работ на контактной сети и в чем их сущность?
4. Что относят к местам повышенной опасности?
5. Что такое наведенное напряжение?
6. Как осуществляется контроль за соблюдением правил безопасности?
7. Как проводится работа с изолирующих съемных вышек и рабочих площадок автототрис или дрезин под напряжением?
8. Кто имеет право выдавать распоряжения, наряд-допуск?
9. Кто ответственен за безопасное производство работ?
10. Какие обязанности у наблюдающего?
11. Какие обязанности у производителя работ?
12. Как производятся комбинированные работы?
13. Какие имеются организационные и технические мероприятия по обеспечению безопасности работ?

## **11.10. Практические занятия № 5 по теме:**

### **Оформление наряда-допуска**

1. Выписать наряд-допуск на производство работ под напряжением с изолирующей съемной вышки на перегоне двухпутного участка.
2. То же, на станции.
3. Выписать наряд-допуск на производство работ со снятием напряжения и заземлением контактной сети на перегоне (постоянный ток, переменный ток) по 1 пути.
4. То же, на станции по 1 и 2 путям одновременно.
5. Выписать наряд-допуск на производство работ вблизи напряжения (на участках постоянного тока, переменного тока).
6. Написать письменный инструктаж на производство работ к наряду-допуску по п. 1, 3, 5.

---

---

## Глава 12. Организация эксплуатации устройств контактной сети

### 12.1. Организация труда работников района контактной сети

Контактная сеть является составной частью устройств электроснабжения, предназначенных для питания тяги поездов, устройств СЦБ и других нетяговых железнодорожных потребителей.

К основным устройствам электроснабжения относятся: тяговые подстанции, в том числе передвижные; трансформаторные подстанции; распределительные и питающие пункты; электростанции, в том числе передвижные; посты секционирования и пункты параллельного соединения; линии электроснабжения, в том числе продольные, т.е. расположенные вдоль железной дороги, воздушные и кабельные распределительные сети; наружное освещение станций, остановочных пунктов, переездов; система телемеханики устройств электроснабжения и других объектов.

Обслуживание устройств электроснабжения возложено на *дистанцию электроснабжения* (ЭЧ). Техническое руководство хозяйством электроснабжения осуществляется Департаментом электрификации и электроснабжения (ЦЭ ОАО «РЖД»), в управлениях железных дорог — службами электрификации и электроснабжения (Э) и в отделениях железных дорог — отделом электрификации и электроснабжения (НОДЭ).

Границы обслуживания дистанций электроснабжения расположены в границах отделений железных дорог, а при отсутствии отделения железной дороги — в границах железной дороги. В составе крупных отделений на электрифицированных грузонапряженных направлениях с большим объемом работ по электроснабжению организуют две и более дистанции электроснабжения. В зависимости от рода тяги дистанции электроснабжения могут располагаться на участках с электрической (ЭПС) или автономной (главным образом, тепловозной) тягой.

Дистанции электроснабжения в своей деятельности руководствуются законодательством Российской Федерации, а также:

- Уставом ОАО «РЖД»;
- Положением о дисциплине работников железнодорожного транспорта;
- приказами, распоряжениями, указаниями и другими нормативными актами ОАО «РЖД», МПС России, Департамента электрификации и электроснабжения, железной дороги и отделения железной дороги;
- отраслевыми нормативными документами, в том числе Правилами технической эксплуатации железных дорог (ПТЭ) Российской Федерации, Инструкцией по сигнализации на железных дорогах РФ, Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах РФ, нормативными материалами по восстановлению нарушений электроснабжения железнодорожного транспорта и др.

Административно-техническое руководство дистанцией электроснабжения осуществляет ее аппарат во главе с начальником, заместителем и главным инженером, в состав аппарата входят также производственно-техническая группа, бухгалтерия и другие отделы.

Начальник дистанции электроснабжения является ответственным за организацию безопасного технического обслуживания и ремонта контактной сети, обеспечение надежности ее работы и безопасности движения, укомплектование и сохранность восстановительных средств, аварийно-восстановительного запаса оборудования и материалов и организацию восстановительных работ. Он устанавливает ответственность заместителей, начальников районов контактной сети в закрепленных за ними границах обслуживания, а также инженерно-технического персонала, энергодиспетчеров, старших электро-механиков, электромонтеров, машинистов и водителей транспортных средств и механизмов по кругу возложенных на них обязанностей.

Разграничение обязанностей и ответственность персонала устанавливаются должностными инструкциями и положениями, утвержденными руководством дистанции электроснабжения.

Круглосуточное оперативное управление устройствами электроснабжения осуществляется энергодиспетчерской группой (ЭЧЦ), обслуживающей один или более диспетчерских кругов в границах дистанции электроснабжения.

Персонал дистанции электроснабжения, непосредственно участвующий в оперативном управлении устройствами электроснаб-

жения, выполнении всех видов технического обслуживания и ремонта, должен быть профессионально подготовлен. Он должен периодически проходить обучение с целью повышения квалификации и уровня знаний правил и инструкций по безопасности движения поездов и охране труда, по устройствам электроснабжения, а также мероприятий, направленных на предупреждение аварийности и травматизма.

В дистанциях электроснабжения на специальных полигонах должно проводиться обучение персонала, направленное на совершенствование практических навыков ведения работ и ускоренных методов восстановительных работ. С персоналом должен регулярно проводиться инструктаж по обеспечению безопасности движения в соответствии с установленными порядком и нормативами.

К производственным линейным подразделениям дистанций с электротягой относятся районы контактной сети (ЭЧК), тяговые подстанции (ЭЧЭ), районы электрических сетей (ЭЧС), ремонтно-ревизионный участок (РРУ), механические мастерские (ЭЧМ), складское хозяйство.

*Районы контактной сети* осуществляют техническое обслуживание и ремонт контактной сети, а также ВЛ ПЭ напряжением 6 и 10 кВ, ВЛ 35 кВ и ДПР 25 кВ, питающих устройства СЦБ и других потребителей, и линий напряжением до 0,4 кВ на перегонах и станциях (кроме крупных узловых), проходящих по опорам контактной сети и на отдельно стоящих опорах.

Границы обслуживания районов контактной сети определяются службой электрификации и электроснабжения с учетом эксплуатационной длины участка, развернутой длины контактной сети и других эксплуатационных показателей, а также проведения работ по восстановлению поврежденных устройств контактной сети.

Эксплуатационная длина — это расстояние обслуживаемого электрифицированного участка между границами независимо от числа путей на общем земляном полотне.

Развернутая длина определяется суммированием длин всех электрифицированных путей перегонов и станций в пределах обслуживания.

Эксплуатационная длина электрифицированной линии, относящаяся к ведению одного района контактной сети, составляет около 50 км; дежурный пункт должен, как правило, находиться в

середине обслуживаемого участка. На крупных узловых станциях с большим развитием электрифицированных путей и при расположении дежурного пункта в одном из концов района контактной сети эксплуатационная длина обслуживания в зависимости от развернутой длины электрифицированных путей составляет до 35 км. Развернутую длину контактной сети для района, расположенного на двухпутных и многопутных линиях, обычно принимают в пределах 150, на однопутных — 80 и на крупных узловых станциях — 200 км.

Дежурный пункт района контактной сети служит для размещения персонала, мастерских, гаража и складских помещений. На его территории имеются здание, перегрузочная платформа и другие вспомогательные устройства и сооружения. Дежурный пункт размещают так, чтобы был обеспечен беспрепятственный выезд аварийно-восстановительной автомотрисы (дрезины) и автолетучки.

Строят дежурные пункты районов контактной сети по типовым проектам (рис. 12.1, 12.2) с учетом местных условий работы станций, отделения железной дороги и железной дороги. В некоторых случаях дежурные пункты размещают на общей территории и в одном здании с тяговыми подстанциями или конторами дистанции электроснабжения. На крупных станциях при необходимости в составе районов организуют дополнительные дежурные пункты.

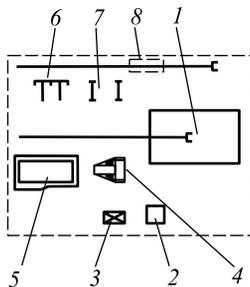


Рис. 12.1. Планировка территории дежурного пункта района контактной сети: 1 — здание дежурного пункта; 2 — склад горючих и смазочных материалов; 3 — открытая мойка автомобиля; 4 — платформа с пандусом; 5 — материальный склад; 6 — навес для съемных вышек; 7 — стеллажи для хранения опор; 8 — четырехосная платформа

Для размещения транспортных средств и механизмов, запасов конструкций, оборудования, проводов, арматуры и материалов, защитных средств и монтажных приспособлений в соответствии с установленными нормами дежурные пункты или производственные базы районов контактной сети должны иметь железнодорожные подъездные пути, склады и гаражи. Примыкание железнодорожных подъездных путей к станции

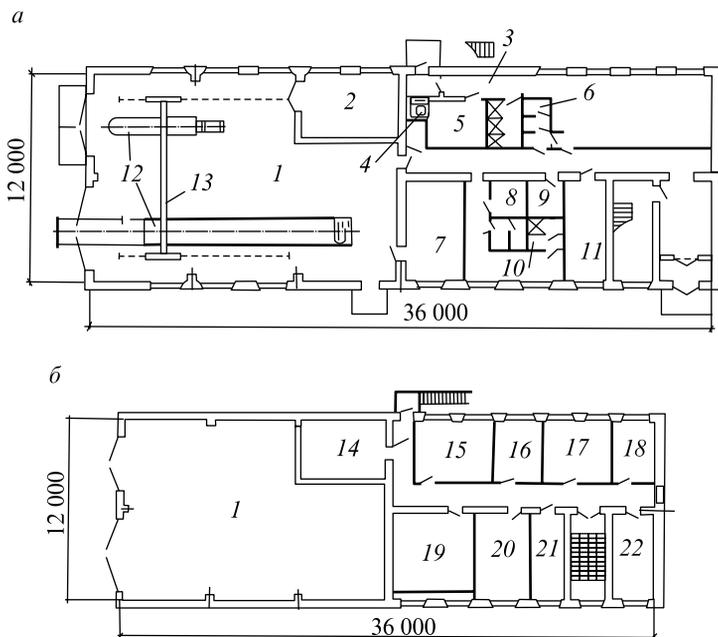


Рис. 12.2. План первого (*a*) и второго (*б*) этажей дежурного пункта: 1 — помещение для стоянки автотрисы и автолетучки; 2 — мастерская; 3 — шлюз-предбанник; 4 — пульт управления; 5 — камера сухого жара; 6 — мужское отделение (душевая, туалет, гардероб); 7 — сварочное отделение; 8 — кладовая уборочного инвентаря; 9 — комната сушки спецодежды; 10 — женское отделение; 11 — кладовая запасных частей, материалов и средств индивидуальной защиты; 12 — смотровая канава; 13 — кран подвесной электрический грузоподъемностью до 3,2 т; 14, 19 — вентиляционная; 15, 16, 17, 18 — комната бригад, старшего электромеханика, начальника района, дежурного персонала; 20 — кабинет по охране труда и тренажеров для обучения ремонтных бригад; 21, 22 — комнаты электромеханика и обогрева и приема пищи

онным производится в местах, обеспечивающих беспрепятственный выезд восстановительных средств. Занятие железнодорожных подъездных путей вагонами не допускается.

Для оперативных переговоров персонала с энергодиспетчером и работниками других служб на дежурных пунктах имеется аппаратура селекторной энергодиспетчерской и телефонной связи. Для переговоров непосредственно с места производства работ служат переносные полевые телефоны, подключаемые к проводам линий

энергодиспетчерской связи, аппараты перегонной связи, которые находятся в шкафах у сигналов автоблокировки, или радиостанции, которые имеются на автомотрисах (дрезинах) и автолетучках.

В зависимости от скорости и интенсивности движения поездов, а также величины удельного годового электропотребления на 1 км эксплуатационной длины в однопутном исчислении (включая электроэнергию рекуперции) электрифицированные участки железных дорог подразделяются на категории (приложение 12), в соответствии с которыми устанавливаются численность персонала и уровень его оплаты.

Удельные затраты рабочей силы эксплуатационного штата на 100 км развернутой длины контактной сети составляют 11—14 чел., в том числе электромонтеров контактной сети 7—9 чел.

Численность персонала, осуществляющего техническое обслуживание и текущий ремонт контактной сети, зависит от объемов работ, срока службы устройств, объемов и скорости движения поездов, климатических условий, степени загрязненности атмосферы, оснащенности транспортными средствами, диагностическими приборами и оборудованием и определяется исходя из Нормативов численности работников хозяйства электрификации и электроснабжения. Численность персонала для капитального ремонта, обновления и реконструкции контактной сети, обеспечения работ по капитальному ремонту пути и других работ определяется по нормам времени трудовых затрат в зависимости от планируемых объемов работ.

Примерный штат района контактной сети с одной или двумя ремонтными бригадами:

Начальник района	1
Старший электромеханик	1
Электромеханик	1—2
Дежурный электромеханик (на станциях стыкования при наличии поста маршрутно-релейной централизации)	4—5
Электромонтер разряда:	
7-го и 6-го	1—2
5-го	2—3
4-го	3—4
3-го	3—4
Дежурный электромонтер 4—5 разряда (в районах с постоянным круглосуточным дежурным персоналом)	4—5
Дежурный машинист автомотрисы (водитель дрезины)	4—5

Водитель автолетучки	1
Уборщица	1
Итого:	26—34 чел.

В состав районов, где кроме контактной сети на перегонах и промежуточных станциях персонал обслуживает высоковольтные линии, питающие устройства автоблокировки и СЦБ, линии ПЭ, освещения и другие низковольтные линии, расположенные в пределах района, кроме того, входит электромеханик и группа электромонтеров по их обслуживанию (3—5 чел.).

В районах контактной сети ведут и регулярно корректируют оперативно-техническую документацию (см. приложение 13).

Районы контактной сети имеют монтажно-восстановительную автомотрису или дрезину с изолирующей рабочей площадкой, железнодорожную платформу и восстановительную автолетучку.

Монтажно-восстановительные автомотрисы АДМ, АДМ-1 (рис. 12.3), АГВ (рис. 12.4), АРВ и другие машины и механизмы специального самоходного подвижного состава (ССПС) предназначены для выполнения монтажных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ на контактной сети. Технические характеристики автомотрис приведены в табл. 12.1 и 12.2.

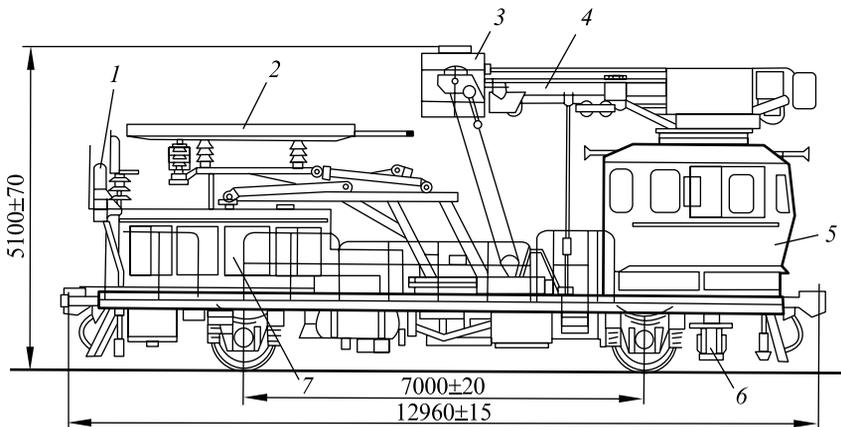


Рис. 12.3. Автомотрисы дизельные монтажные восстановительные АДМ-1: 1 — переходная площадка; 2 — изолирующая рабочая площадка; 3 — съемная лопка; 4 — грузоподъемный кран; 5 — кабина; 6 — выносная опора (аутригер); 7 — дизель

Таблица 12.1

Технические характеристики автооттрис АДМ, АРВ и ДГК<sup>У</sup>

Параметры	АДМ	АДМ-1	АДМ-1М	АДМ-1,2	АДМ-1,5	АДМ-1,5Б	АДМ-1С	АДМ-1 КС	АДМ скм	АДМ 1 ксм	АРВ-1	ДГК <sup>У</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Двигатель	Дизель У2Д6-250 ТКС-4	Дизель У2Д6 (ЯМЗ-238Б)	Дизель У2Д6 (ЯМЗ-238Б)	Дизель ЯМЗ-238Б					Дизель У2Д6-250 ТКС-4	Дизель ЯМЗ-238Б	Дизель ЯМЗ-238М2	Дизель У2Д6-250 ТКС-4
Высота подъема над УГР, м:	7,2	7,2	7,5	7,5	—	6,56	7,2	—	7,2	7,2	7,2	7,2
рабочей площадки	—	8,2	8,2	8,2	8,2	11,5	8,5	6,5	17,5	—	—	8,5
грузового крюка, м	—	8,6	8,6	8,6	8,6	7,76	13,0	17,6	17,7	—	—	13,0
люлек, м	—	8,6	8,6	8,6	8,6	7,76	13,0	17,6	17,7	—	—	13,0

Окончание табл. 12.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вылет от оси пути при пово- роте на 90°:												
рабочей пло- щадки, м	6,9	6,9	5,5	5,5	5,5	—	3,53	3,0	—	3,0	4,0	3,0
монтажных люлек крана, м	—	8,4	8,0	6,65	6,65	6,65	5,4	12,7	15,3	14,0	—	12,7
крюка крана, вылет мини- мальный/макс- симальный, м	—	3,4/8,0	3,4/8,0	3,4/8,0	3,4/8,0	3,4/8,0	2,7/8,1	3,9/7,7	5,6	2,3/13,8	—	3,9/7,7
Грузоподъем- ность:												
рабочей площадки, кг	500	500	500	500	500	—	500	500	—	500	500	500
крана при вылете												
макс/мин., т	—	3,2/1,2	3,2/1,2	3,2/1,2	3,2/1,2	3,2/1,2	8,2/2,73	2,5/0,5	2,0	6,0	—	2,5/5
до 5,5 м, т	до 2,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	—	—	—	—	—	—
до 8 м, т	—	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	—	—	—	—	—	—
люлек, кг	—	400	400	400	400	400	200	280	400	215	—	280
собственной платформы, т	—	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	2,5	8,0	—	8,0	—	8,0
Пассажиро- вместимость, чел	9	11			11	11	11	11	2	11	12	5

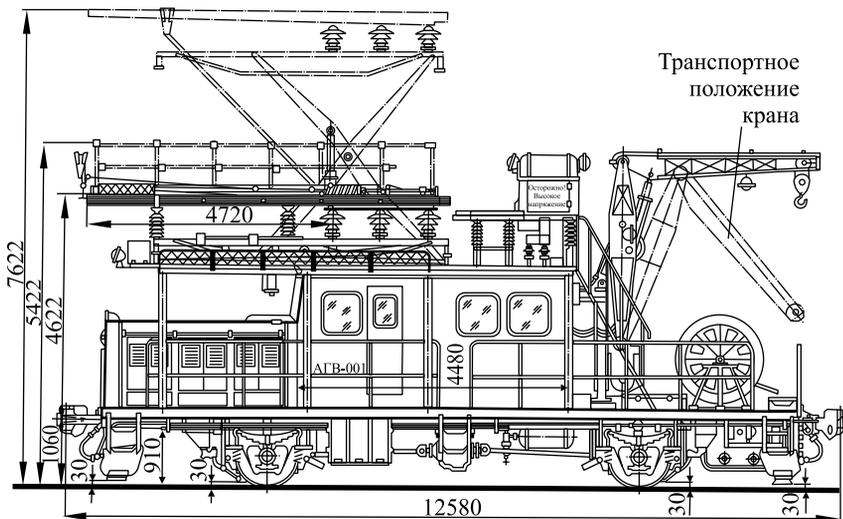


Рис. 12.4. Монтажно-восстановительная автомотриса АГВ

Передвижение автомотрис АДМ со скоростью до 100 км/ч осуществляется дизелем. Они имеют подъемную рабочую площадку с высотой подъема до 7 м, изолированную от заземленных частей, что позволяет выполнять с нее работы на контактной сети под напряжением. Кроме того, площадки снабжены ограждением в виде складных перил. Управление площадкой дистанционное, угол ее поворота  $210^\circ$  с выносом консольной части от оси пути на расстояние 6,8 м. На кабине расположен стреловой кран грузоподъемностью до 3 т с вылетом стрелы до 8 м, который используется для установки опор контактной сети, погрузки и выгрузки материалов. На автомотрисе установлен генератор мощностью 50 кВт, напряжением 400 В. Кабина автомотрисы рассчитана на перевозку 11 чел. Аварийно-восстановительный запас материалов и деталей размещают в специальных ящиках на платформе автомотрисы и четырехосной или специальной двухосной железнодорожной платформе. Автомотриса укомплектована радиостанцией для связи с энергодиспетчером, ДСП, ДНЦ прибором системы безопасности КЛУБ-П, КЛУБ-УП.

На такой же базе создана грузовая автодрезина ДГКУ, предназначенная для выполнения маневровых и погрузочно-разгрузочных работ краном грузоподъемностью до 3 т и перевозки грузов — до 6 т.

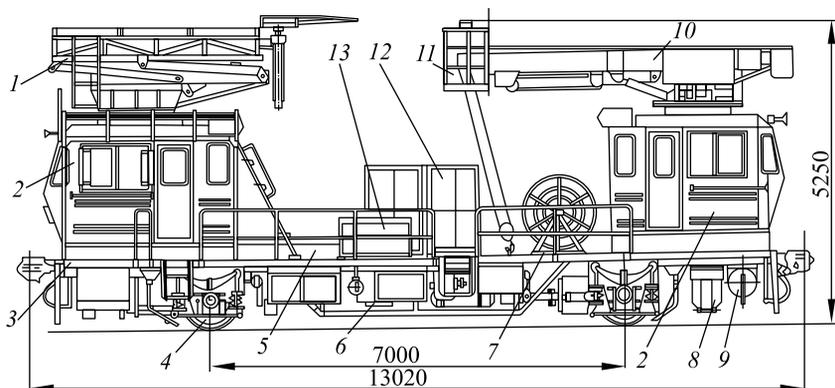


Рис. 12.5. Автомотриса с двумя кабинами АДМ-2: 1 — площадка монтажная; 2 — кабина; 3 — рама; 4 — привод тяговый; 5 — силовая установка; 6 — генератор; 7 — барабан для аварийного запаса; 8 — дополнительные опоры; 9 — система пневматическая; 10 — кран грузоподъемный; 11 — монтажные люльки; 12 — ящик для принадлежностей; 13 — верстак слесарный

Грузоподъемные краны с консольной горизонтальной стрелой имеют высоту подъема от уровня головки рельса 4 м с вылетом стрелы до 5,8 м.

Монтажно-восстановительная автомотриса АГВ оборудована дизелем и генератором мощностью 50 кВт; скорость автомотрисы до 80 км/ч. Рабочая изолирующая площадка с гидравлическим приводом механизма подъема имеет максимальную высоту подъема от головки рельса 7,6 м и вылет от оси 4 м. Площадка поворачивается на 90° в обе стороны. Входят на рабочую площадку через две изолированные нейтральные площадки. Изоляция площадок рассчитана на напряжение до 35 кВ. Рабочая площадка и контактная сеть в ночное время освещаются установленными на площадке прожекторами.

На автомотрисе имеется кран грузоподъемностью 3 т со стрелой с углом поворота 180°. Привод поворота и подъема стрелы также гидравлический. Краном автомотрисы можно устанавливать железобетонные опоры.

В последнее время дистанции электроснабжения укомплектовываются новой автоматизированной дизельной автомотрисой с двумя кабинами управления АДМ-2 (рис. 12.5). Основные технические характеристики автомотрисы приведены в табл. 12.2.

Для подъезда к месту работ с поля служат автолетучки на базе автомашин повышенной проходимости. Они имеют два отсека:

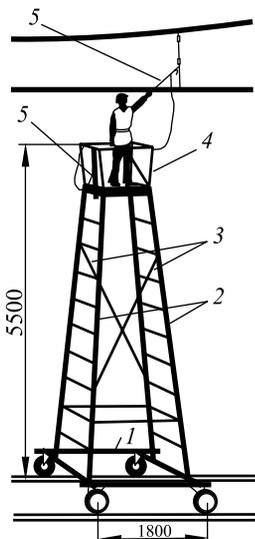


Рис. 12.6. Изолирующая съемная вышка

передний — пассажирский на 7 чел. и задний — грузовой для перевозки 500 кг груза.

Для доставки бригад в условиях бездорожья (заболоченные участки, водные преграды) применяют автолетучки-вездеходы, в том числе на гусеничном ходу.

Работы на контактной сети под напряжением без закрытия перегонов для движения поездов ведутся с изолирующих съемных вышек (рис. 12.6), имеющих на дежурных пунктах, на станциях, отдельных пунктах и перегонах вблизи посадочных платформ. Они изготавливаются в двух исполнениях: для работ под напряжением на контактной сети постоянного тока 3 кВ и переменного тока 25 кВ.

В изолирующей съемной вышке лестницы 2 и раскосы 3 изготовлены из сухого пропитанного трансформаторным маслом дерева или из стеклопластика. Раму 1 изготавливают из стальных труб. Лестницы и раскосы

Таблица 12.2

**Технические характеристики автомотрис АДМ-2, АГВ и АГВМ**

Параметры	АДМ-2	АГВ	АГВМ
Двигатель	ЯМЗ-7511	Дизель У1Д6-250 ТКС4	
Скорость передвижения максимальная, км/ч в режиме:			
поездном	90	80	
маневровом	—	60	
Габаритные размеры, м:			
рабочей площадки (ширина/длина)	3,5/1,74	2 × 4,72	2 × 12,6
поворотной площадки	0,6/1,2*	—	2 × 4,72
Высота подъема рабочей площадки над головкой рельса, м	6,56/7,76*	7,5	
Вылет от оси пути при повороте 90°, м	3,53/5,4*	4,0	—
Грузоподъемность кг:			
рабочей площадки	500	500	2000
поворотной площадки	200*	—	500
Пассажировместимость (с машинистом), чел.	14	12	
Масса, т	38	34	37

\* Телескопическая рабочая площадка.

деревянных изолирующих съёмных вышек для работы на участках переменного тока изготавливают из сосновой древесины повышенного качества, пропитанной раствором гидрофобной кремнийорганической жидкости или ГКЖ-94. Для усиления изоляции вышек стойки под рабочей площадкой 4 дополнены изолирующими вставками из стеклотекстолита или слюдогетинакса, покрытыми лаком. Каждую вышку снабжают двумя шунтирующими штангами 5 и навесной лестницей длиной 3 м для работы на несущем тресе.

Масса съёмной изолирующей вышки для участков постоянного тока не более 133, а переменного тока — 143 кг.

Для подъема на опоры контактной сети пользуются приставными и навесными деревянными лестницами длиной 9 и 6,5 м и массой 38 и 24 кг соответственно.

## **12.2. Организация эксплуатации контактной сети**

Техническое обслуживание контактной сети, организацию и выполнение ремонтных и восстановительных работ осуществляют районы контактной сети. Работы по капитальному ремонту, обновлению и реконструкции контактной сети выполняют монтажные участки дистанции электроснабжения с формированием установочных поездов; специализированные дистанции по ремонту устройств электроснабжения или электромонтажные (энергомонтажные) поезда и строительные организации железной дороги, а также персонал района контактной сети. Бригады этих участков и поездов привлекаются к устранению повреждений и отказов технических средств. Выполнение отдельных видов осмотров, измерений и диагностирования осуществляется специалистами ремонтно-ревизионных участков и дорожных электротехнических лабораторий (ДЭЛ). Разграничение функций между районами контактной сети и этими подразделениями осуществляется начальником дистанции электроснабжения или службы электрификации и электроснабжения железной дороги.

На районы контактной сети могут возлагаться обязанности по техническому обслуживанию и ремонту следующих устройств (кроме контактной сети) с указанием границ обслуживания:

- линий ПЭ и питания устройств СЦБ с подключенными к ним КТП;

- соединений с контактной сетью постов секционирования, пунктов параллельного соединения и установок электрического отопления пассажирских составов в пунктах подготовки их к рейсу;

- наружного освещения и питания нетяговых железнодорожных потребителей на перегонах и отдельных пунктах (кроме железнодорожных станций внеклассных и первого класса);

- креплений, подвешенных на опорных конструкциях контактной сети волноводных линий поездной радиосвязи и кабелей ВОЛС:

- питания электрического обогрева стрелочных переводов для очистки их от снега;

- других установок, примыкающих к контактной сети, по перечню, устанавливаемому начальником дистанции электроснабжения.

Персонал, привлекаемый к аварийно-восстановительным работам, расселяется вблизи производственной базы с установкой телефонов в квартирах. В районах контактной сети должна быть радиосвязь между их производственными базами и специальным самоходным подвижным составом (автомотрисами, дрезинами) и аволетучками.

Для восстановления повреждений в районах контактной сети, в том числе непосредственно на подвижных средствах, должен быть аварийно-восстановительный запас материалов, опорных и поддерживающих конструкций, оборудования, арматуры и комплектующих изделий в соответствии с установленными нормативами. Аварийно-восстановительный запас должен учитывать конструктивные особенности обслуживаемых устройств. Конкретный перечень аварийно-восстановительного запаса утверждает начальник дистанции электроснабжения.

Районы контактной сети, дистанции электроснабжения, дорожные электромонтажные (энергомонтажные) поезда и электротехнические лаборатории оснащаются транспортными средствами, механизмами, приборами и основными монтажными приспособлениями. В зависимости от местных условий, срока эксплуатации контактной сети и категорийности участков железных дорог, норматив оснащенности устанавливается службой электрификации и электроснабжения железной дороги.

### **12.3. Оперативное управление устройствами контактной сети**

Организация оперативного управления устройствами электрооборудования, обеспечивающих электроэнергией тягу поездов и других потребителей железнодорожного транспорта, по бесперебойному и безопасному функционированию этих устройств, а также по координации действий персонала при всех видах проводимых работ возлагается на дистанцию электрооборудования.

Оперативное управление осуществляется непрерывно (круглосуточно) энергодиспетчером. В его оперативном ведении находятся все устройства электрооборудования и восстановительные средства в границах энергодиспетчерского участка (круга) и в оперативном подчинении — дежурный персонал районов контактной сети и персонал по обслуживанию и ремонту.

В обязанности энергодиспетчера входит:

- организация обеспечения надежного электрооборудования электроэнергией ЭПС (для движения поездов с установленными весовыми нормами, скоростями и интервалами между ними при требуемых размерах движения), устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), связи и вычислительной техники, остальных потребителей железнодорожного транспорта в соответствии с установленной категорией;
- организация безопасных условий производства работ в устройствах электрооборудования на железнодорожном транспорте;
- организация управления восстановлением при нарушении нормальной работы устройств электрооборудования на железнодорожном транспорте.

Дежурство осуществляется в каждом районе контактной сети непосредственно на дежурном пункте или на дому. Вид и регламент дежурства устанавливаются приказом начальника дистанции электрооборудования на основе опыта эксплуатации контактной сети, с учетом категорийности участка железной дороги и других особенностей региона. На станциях стыкования постоянного и переменного тока осуществляется круглосуточное дежурство в помещении поста электрической централизации.

Обязанности и права дежурных определены Регламентом работы дежурного станции стыкования и района контактной сети электрифицированных железных дорог.

В период наступления неблагоприятных метеорологических условий и в других случаях производственной необходимости по указанию начальника дистанции электроснабжения может устанавливаться дежурство бригады контактной сети и инженерно-технического персонала.

В каждом дежурном пункте должны быть выписки из оперативно-технической документации, установленные начальником дистанции электроснабжения, в том числе порядок срочного вызова персонала для ликвидации повреждений.

Для оперативных переключений разъединителей контактной сети и ВЛ, кроме персонала районов контактной сети, могут привлекаться работники других подразделений дистанции электроснабжения, а также работники других хозяйств отделения железной дороги, прошедшие обучение и проверку знаний.

Все работы на контактной сети, в том числе обходы с осмотром, должны проводиться по приказу или с уведомлением энергодиспетчера с указанием времени их начала и окончания, характера и места выполнения. Порядок работы персонала дистанции электроснабжения установлен правилами и инструкциями по безопасности движения поездов и безопасного производства работ.

## **12.4. Контрольные вопросы**

1. Какие основные задачи выполняют дистанции электроснабжения?
2. Какие подразделения входят в состав дистанции и каковы их задачи?
3. Каково назначение дежурного пункта района контактной сети?
4. Какой штат имеет район контактной сети и от чего он зависит?
5. Какие аварийно-восстановительные средства имеются на дежурном пункте контактной сети?
6. Какая оперативно-техническая документация должна находиться в районе контактной сети?
7. Какие виды ремонта и обслуживания применяют на контактной сети?
8. Как осуществляется оперативное управление устройствами электроснабжения?

## **12.5. Практические занятия № 6 по теме:**

### **Оформление оперативно-технической документации на энергодиспетчерском пункте и в районе контактной сети**

1. Показать, что должно быть на схемах питания и секционирования контактной сети и ВЛ автоблокировки, сроки корректировки и утверждения.
2. Порядок ведения ведомости энергодиспетчера.
3. Порядок допуска бригады к работе без снятия напряжения и закрытия движения поездов.
4. Порядок организации работ: по наряду-допуску и по распоряжению.

---

---

## **Глава 13. Техническое обслуживание устройств контактной сети**

### **13.1. Организация технического обслуживания и ремонта контактной сети**

Работы по техническому обслуживанию и ремонту должны производиться в соответствии с технологическими картами. В зависимости от характера выполняемых работ, требований по безопасности выполнения работ и технической оснащенности отдельные работы целесообразно объединять в технологические комплексы.

Работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту в зависимости от технологии выполняют в «окна» или без перерыва в движении поездов (в интервалах между поездами) с применением автомотрис, дрезин, съемных вышек и других технических средств.

В графике движения поездов должны предусматриваться технологические «окна» в светлое время суток продолжительностью 1,5—2 ч для работ, требующих снятия напряжения, и всех работ в местах, где затруднена уборка с пути изолирующих съемных вышек для пропуска поездов (в тоннелях, скальных выемках, на мостах, высоких насыпях и у высоких платформ), и в кривых участках пути малого радиуса, где не обеспечивается видимость приближающихся поездов.

Перечень этих мест определяет начальник дистанции электроснабжения и утверждает начальник отделения железной дороги или заместитель начальника железной дороги, где отсутствует отделение железной дороги.

Для выполнения работ по капитальному ремонту должны предоставляться «окна» продолжительностью 3—4 ч, а для обновления и реконструкции — 6—8 ч. При этом необходимо обеспечить высокую производительность труда, поэтому работы должны производиться комплексным методом, несколькими бригадами, широким фронтом с максимальным использованием механизмов ряда районов контактной сети и дистанции электроснабжения.

Потребность в «окнах» рассчитывается с учетом срока службы и состояния устройств, степени загрязненности атмосферы, агрессивности грунта и категоричности электрифицированного участка железной дороги.

Норматив годовой потребности в технологических «окнах» на 1 км эксплуатационной длины главных путей контактной сети в однопутном исчислении для технического обслуживания и текущего ремонта приведен в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Контактная сеть	Годовая потребность в «окнах» на 1 км при продолжительности «окна», ч			
	1,5	1,7	1,9	2,0
Постоянного тока	2,6	2,3	2,0	1,8
Переменного тока	1,9	1,7	1,5	1,4

«Окна» для работ на контактной сети могут совмещаться с «окнами» для работы других служб. Продолжительность и необходимое количество «окон» устанавливается ежемесячными календарными графиками. Ежемесячно в дистанции электроснабжения производится анализ предоставления и эффективности использования «окон».

Эксплуатация контактной сети осуществляется своевременным проведением работ по техническому обслуживанию (ТО), текущему ремонту (ТР), капитальному ремонту (КР), обновлению и реконструкции (ОР).

Перечень и периодичность работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту, обновлению и реконструкции контактной сети устанавливаются в зависимости от категоричности участков железных дорог и приведен в приложении 5 ПУТЭКС ЦЭ-868.

Периодичность работ для электрифицированных участков железных дорог III и IV категорий определяет с учетом местных условий служба электрификации и электроснабжения железной дороги по представлению дистанции электроснабжения.

В зависимости от местных условий, типов применяемых конструкций и узлов, их состояния и обеспечения надежности устройств, сроки проведения отдельных видов работ могут быть изменены по разрешению начальника службы электрификации и электроснабжения железной дороги.

При *техническом обслуживании* устройств контактной сети осуществляются: ежедневное наблюдение за их состоянием, регулярное

проведение осмотров (объездов и обходов) — ТО-1, диагностические испытания и измерения — ТО-2 и технические обследования — ТО-3.

**ТО-1** осуществляют с целью своевременного выявления отклонений от нормального состояния контактной сети.

Плановые одиночные *объезды* с осмотром и визуальной оценкой состояния обслуживаемых устройств начальник района контактной сети, электромеханик или электромонтер высшей квалификации выполняют в передней кабине электровоза, электропоезда или на автомотрисе (дрезине).

При объезде выявляют видимые повреждения опор, поддерживающих конструкций, проводов, струн, изоляции, разъединителей, разрядников и ОПН, светильников и других элементов, выявляют места с низким качеством токосъема или опасные для беспрепятственного прохода токоприемников и другие. При возникновении сомнений в оценке состояния производят повторный осмотр с объездом или обходом таких мест.

Объезды производят в соответствии с месячным графиком, по путям перегонов и группам путей на железнодорожных станциях в светлое время суток.

Проверка наружного освещения производится в любое время суток при включенном освещении.

Объезды с проверкой токосъема назначают для выявления мест с низким качеством токосъема (подбои на токоприемниках, искрение). Такую проверку осуществляют из специальной смотровой вышки вагона-лаборатории, кабины второго электровоза, окна торцевой двери первого вагона пассажирского поезда. Проверка также может проводиться из автомотрисы, оснащенной токоприемником. Проверку токосъема осуществляют с помощью специальных приборов для контроля отрывов токоприемников или путем визуальных наблюдений за искрением.

Плановые одиночные *обходы* с осмотром обслуживаемых устройств производят начальник района контактной сети, электромеханик или электромонтер высшей квалификации. В ходе осмотра производится визуальная оценка состояния устройств с выявлением видимых повреждений, нарушений регулировки и отклонений от технических требований. При проследовании ЭПС во время обходов оценивается качество токосъема.

Обходы осуществляют в соответствии с месячным графиком, комплексно по перегонам, а на станциях — по группам путей парков.

Внеочередные одиночные объезды, обходы с осмотром назначают в период резкого изменения температуры (более 20 °С за сутки), после ливневого дождя, мокрого снегопада, ветра более 20 м/с, гололеда, при паводковых водах, повышенной пожарной опасности, а также после к.з. в зоне питания по невыясненным причинам, проведенных ремонтных работ на контактной сети и железнодорожном пути и в других случаях. Их целью является выявление возможных повреждений устройств, мест коротких замыканий, причин их возникновения и их последствий. Особое внимание следует обращать на те устройства, которые наиболее подвержены воздействиям окружающей среды (состояние компенсаторов, фиксаторов, сопряжений, воздушных стрелок, стрел провеса проводов, их взаимное расположение и расстояние до других устройств, размыв грунта у опор и трасс кабелей, разрушение изоляционных деталей, наличие на проводах и конструкциях наброшенной проволоки, упавших ветвей и деревьев, поджогов проводов или оборванных жил, срывов проводов с изоляторов, состояние разрядников, ОПН и другого оборудования).

Район проведения внеочередных объездов и обходов ограничивают возможной зоной предполагаемых опасных изменений, их могут совмещать с очередными.

Контрольные обходы с осмотром контактной сети и других обслуживаемых устройств производят начальник или заместитель начальника дистанции электроснабжения по графикам с полным осмотром всех устройств. Их проводят для контроля за работой персонала районов контактной сети, выявления отступлений от технических требований и типовых проектов, а также оценки состояния устройств и уточнения планов ремонтных работ.

**ТО-2** устройств контактной сети производят с целью выявления неисправностей или отклонений от нормативных требований и регламентированных параметров, которыми руководствуются при оценке степени износа и состояния проверяемых узлов и элементов, а также установления необходимости их ремонта или замены. Работы по диагностированию, испытаниям и измерениям, как правило, проводит специально обученный персонал с исполь-

зованием вагонов-лабораторий, приборов, штанг и других средств технического диагностирования. Диагностирование опор, фундаментов и оценку состояния устройств заземления производит персонал специальных групп по коррозии.

Одновременно с диагностированием контактной сети вагоном-лабораторией с автоматической записью параметров начальник дистанции электроснабжения или его заместитель и работник вагона-лаборатории в присутствии начальника района контактной сети производят визуальный осмотр с целью оценки ряда параметров, не регистрируемых аппаратурой вагона. Отклонения фактических параметров от нормативных оцениваются штрафными баллами (см. п. 13.2).

Выявленные в результате осмотров при обходах и объездах, а также при диагностических испытаниях и измерениях неисправности, которые могут вызвать нарушения в движении поездов или электроснабжении, устраняются немедленно. Остальные неисправности ликвидируются в сроки, устанавливаемые в плане проведения текущего или капитального ремонта.

Все выявленные недостатки и замечания регистрируются в Журнале осмотров и неисправностей по перегонам и станциям, а на крупных станциях — по паркам.

Осмотр пересечений ВЛ через контактную подвеску должен проводиться с участием владельцев ВЛ и составлением акта проверки пересечения.

При *ТО-3* производится тщательное обследование всех обслуживаемых устройств с земли, а для контактной подвески, кроме того, с площадки автотрисы или съемной вышки (верховой осмотр), а также проверка состояния устройств для обнаружения дефектов, не выявленных в результате *ТО-1* и *ТО-2*, определение объемов и видов их ремонта и уточнение сроков выполнения.

Ежегодные графики объездов и обходов и технического обследования не должны дублироваться. Очередной обход может быть совмещен с обследованием с земли.

*Обследование с земли* выполняют начальник или электромеханик района контактной сети в светлое время суток с использованием бинокля и измерительных средств.

При обследовании проверяют положение опорных и поддерживающих конструкций, надежность их закрепления; определяют необходимость возобновления антикоррозионного покрытия конструкций и изделий из стали, необходимость ремонта устройств, состояние заземлений, выявляют поврежденные изоляторы и необходимость их очистки от загрязнения; проверяют состояние проводов, сопряжений анкерных участков, воздушных стрелок, секционных изоляторов, разрядников, ОПН, разъединителей, КТП и другого оборудования, анкеровок, соединителей, струн, фиксаторов и других узлов и элементов; выявляют их повреждения или неисправности, нарушения регулировки и отклонения от технических требований и норм.

Обследование производят последовательно по анкерным участкам, путям железнодорожных станций, трассам питающих и отсасывающих линий и ВЛ ПЭ из удобных и безопасных мест, откуда хорошо видны все узлы и элементы. Одновременно проверяют состояние пересечений и сближений трасс ВЛ и кабельных вставок, наличие деревьев, угрожающих падением на ВЛ или контактную сеть, выявляют места с опасным приближением ветвей к проводам.

Кроме выявления неисправностей, фиксируют места, по которым не удалось выявить достоверные данные о состоянии и требующие проведения более тщательного верхового осмотра.

При неизолированных консолях по каждому анкерному участку для уточнения оценки технического состояния элементов и устройств контактной подвески на перегонах, главных и приемо-отправочных путях станций должен производиться *верховой осмотр* с рабочей площадки автомотрисы со снятием напряжения, при движении со скоростью 4—5 км/ч, с остановкой у каждой опоры. При изолированных консолях и на остальных путях станций и депо допускается проведение верхового осмотра без снятия напряжения с изолирующей съемной вышки.

Верховой осмотр производят начальник или электромеханик района контактной сети.

В промежутке между верховыми осмотрами со снятием напряжения производят верховой осмотр с изолирующей съемной вышки под напряжением.

При обследовании с верховым осмотром выявляют неисправности, определяют соответствие устройств техническим требова-

ниям, проводят выборочный замер износа контактных проводов и при возможности устраняют неисправности. При выявлении нарушений, которые могут вызвать сбой в движении поездов, принимают меры по немедленной их ликвидации.

На контактной сети анкерных участков (путей железнодорожных станций), где не обнаружено нарушений или отступлений от технических норм и где они были обнаружены и устранены во время обследования с верховым осмотром, текущий ремонт может не проводиться.

**Текущий ремонт (ТР)** обслуживаемых устройств, их отдельных узлов и элементов, сроки его проведения назначают в зависимости от технического состояния и характера неисправностей, выявленных при техническом обслуживании (ТО-1, ТО-2 и ТО-3), а также срока эксплуатации, степени загрязненности атмосферы и категоричности электрифицированного участка.

Текущий ремонт включает в себя: проверку узлов и элементов, состояние которых невозможно оценить с достаточной достоверностью при осмотрах, измерениях и испытаниях; очистку от загрязнения; возобновление смазки; регулировку и проверку надежности крепления арматуры; замену дефектных изоляторов; замену и восстановление отдельных изношенных и неисправных элементов, выявленных при техническом обслуживании и в процессе проведения текущего ремонта. В качестве примера в приложении 14 приведена технологическая карта комплексной проверки состояния и ремонта контактной подвески.

При текущем ремонте определяют и уточняют необходимость, объемы и сроки производства капитального ремонта.

При проверке состояния контактной сети необходимо выборочно проверять правильность заделки проводов в зажимах, их целостность и отсутствие деформации, качество затяжки болтов, подвижность шарнирных соединений, отсутствие зазоров в стыковых зажимах контактного провода, отсутствие проскальзывания проводов и тросов в зажимах, коррозии и обрыва проволок. В зимнее время при отложении на проводах снега, изморози или гололеда следует выявлять перегревы в токопроводящих зажимах.

В процессе эксплуатации для каждого участка железной дороги производится оценка соответствия изоляции расчетной СЗА.

На основе наблюдений и статистики нарушений изоляции разрабатываются мероприятия по повышению ее надежности, предусматривающие усиление, очистку, нанесение гидрофобных покрытий или замену загрязненных изоляторов чистыми.

Очистку или замену изоляторов производят при наличии на них трудноудаляемых пленок и пылевидных загрязнений.

**Капитальный ремонт (КР)** производят в зависимости от технического состояния устройств, установленного при ТО и ТР, с включением всех работ по замене и ремонту изношенных, выработавших ресурс узлов и элементов. Он предусматривает полное восстановление первоначальных технических характеристик устройств с учетом необходимого обновления, повышающего надежность работы и нагрузочную способность; усиление устройств для обеспечения возрастающих размеров и скоростей движения поездов; ликвидацию мест с повышенной опасностью; внедрение усовершенствованных конструкций.

К работам капитального ремонта относятся также перемонтаж устройств контактной сети, вызванный переустройством путей, и другие аналогичные работы.

Перед началом капитального ремонта составляют дефектные ведомости и разрабатывают проектно-сметную документацию, а по его окончании осуществляют приемку выполненных работ с составлением акта представителем дистанции электроснабжения.

При перспективном планировании капитального ремонта контактной сети следует учитывать сроки службы ее основных устройств. На основе опыта эксплуатации и анализа объемов работ по замене изношенных конструкций и элементов контактной сети сроки службы устройств устанавливаются службой электрификации и электроснабжения железной дороги.

**Обновление и реконструкцию (ОР)** производят по решению ОАО «РЖД» при повышении скорости движения поездов или объемов перевозок выше расчетных (проектных), а также при необходимости замены устройств, выработавших более 75 % нормативного срока службы или снизивших более чем на 25 % свою несущую способность, либо при существующих размерах движения поездов имеющих нагрузки в интенсивный период выше 90 % проектной (расчетной).

Обновление контактной сети предусматривает частичную замену устройств контактной сети, а реконструкция — полную замену.

Обновление и реконструкция контактной сети выполняются по проектам, разработанным специализированными организациями, строительно-монтажными подразделениями с применением машин и механизмов, комплексно по анкерным участкам с обеспечением бесперебойного движения поездов после каждого этапа работ («окна»).

Капитальный ремонт, обновление и реконструкция контактной сети должны обеспечивать повышение надежности и ресурса работы с переходом на более высокий технический уровень за счет применения новых конструкций, материалов и оборудования и снижать трудоемкость эксплуатации.

Взаимоотношения между заказчиком и исполнителем работ по реконструкции, обновлению и капитальному ремонту устанавливаются инструкциями ОАО «РЖД» и другими нормативными актами. В них предусмотрены необходимые меры по обеспечению безопасности движения поездов, безопасного производства работ и высокого качества их выполнения.

Основным документом, регламентирующим организацию работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту контактной сети, является *годовой план* с разбивкой по месяцам. Годовой план на предстоящий год составляется не позднее декабря текущего года и утверждается начальником дистанции электроснабжения.

При составлении годового плана используют технологические карты, нормы времени и учитывают данные о техническом состоянии устройств, выявленные при осмотрах, диагностировании, испытаниях, измерениях и обследованиях. В годовом плане предусматривают также работы по обновлению, реконструкции и сооружению новой контактной сети и сопутствующие работы при капитальном ремонте пути.

На основе годового плана с учетом выполнения работ в предыдущие периоды, фактического состояния, выявленного в результате ежедневных наблюдений, результатов диагностирования, испытаний, измерений и обследования начальник района контактной сети составляет ведомость подлежащих выполнению работ на предстоящий месяц, которую утверждает руководство дистанции электроснабжения. Он же организует и выполнение работ, включенных в месячную ведомость.

В районах контактной сети и дистанциях электроснабжения ведется учет выполнения плана технического обслуживания и ремонта, результатов диагностирования, испытаний, измерений и обследований, замены опор, изоляторов, проводов, отдельных элементов и конструкций с одновременным внесением изменений в паспорт контактной сети.

Каждое повреждение должно быть учтено, расследовано и проанализировано. При этом выявляют причины дефектов оборудования, конструкций и узлов, проверяют правильность работы защиты от токов к.з., действий персонала, определяют виновных в нарушениях лиц и разрабатывают меры по предотвращению подобных повреждений.

По итогам года дистанция электроснабжения анализирует имевшие место на контактной сети повреждения и допущенные браки в поездной и маневровой работе, а также отключения по каждой фидерной зоне и работу устройств грозозащиты в соответствии с Методикой расследования, учета и анализа нарушений нормальной работы технических средств хозяйства электроснабжения железных дорог.

*Оценку* технического состояния контактной сети и качества технического обслуживания производят по:

- удельному числу нарушений нормальной работы контактной сети на 100 км развернутой длины контактной сети;
- удельному числу нарушений нормальной работы контактной сети на один миллион прохода токоприемников;
- результатам объездов вагоном-лабораторией с балльной оценкой;
- удельному износу контактного провода;
- выполнению годового и месячных планов работ;
- затратам рабочей силы и эксплуатационных расходов на 1 км развернутой длины контактной сети.

*Методы обслуживания контактной сети.* С ростом протяженности электрифицированных линий все большее внимание придается сокращению стоимости обслуживания контактной сети, повышению производительности труда, эффективности и качества работ. Это достигается уменьшением потерь рабочего времени, применением прогрессивных технологических процессов, радиосвязи, телеуправления, средств механизации, комплексных методов обслуживания, внедрением автоматизированного рабочего

места (АРМ), ЭВМ, а также максимальным использованием предоставляемых «окон» в графике движения поездов. Эти и другие методы постоянно совершенствуются эксплуатационным персоналом районов контактной сети.

На контактной сети используются следующие методы организации работ.

На участках с интенсивным движением поездов применяют метод работ в *технологические «окна»*, т.е. в перерывы движения между поездами, предусмотренные графиком движения поездов, продолжительностью 1,5—2 ч. Для этого разрабатывают технологию последовательности выполнения работ, предусматривающую наименьшее число операций со снятием напряжения, подготовительных и завершающих регулировочных работ под напряжением без прекращения движения поездов.

При значительных объемах работ, требующих снятия напряжения, на станциях дополнительно секционируют контактную сеть как по главным, так и по второстепенным путям с таким расчетом, чтобы для выполнения работы было снято напряжение только с тех путей, где производится работа, а движение ЭПС осуществлялось без ущерба по остальным путям в обход зоны производства работ.

На грузонапряженных участках секционные разъединители и роговые разрядники или ОПН подключают к контактной сети через изоляторы в шлейфах, поэтому их осмотр и ремонт можно производить без снятия напряжения с контактной сети. Изолированные гибкие поперечины и консоли также позволяют осматривать все места крепления и изоляторы без снятия напряжения с контактной подвески.

Применение радиосвязи при ограждении работ на контактной сети позволяет повысить производительность труда благодаря меньшему числу сигналистов (исключается необходимость в промежуточных сигналистах), а также безопасность работ. Использование радиосвязи дает возможность осуществлять оперативную связь с бригадой, работающей на перегоне, с машинистом (водителем) автотомтрисы (дрезины), следующей по перегону, и водителем автолечучки.

На двухпутных линиях применяют одностороннее ограждение работающей бригады только со стороны движения поездов по правильному пути, что позволяет сократить сигналистов со стороны движения поездов по неправильному пути.

*Комплексное использование скользящих «окон»* в графике движения поездов. Сущность этого метода — в совмещении на закрытых перегонах работ по капитальному ремонту пути и строительных с работами по ремонту, обновлению и реконструкции контактной сети. При этом на закрываемом перегоне сосредотачивается наибольшее возможное количество бригад и механизмов, включая и соседние районы контактной сети.

*Комплексный метод* обслуживания контактной сети имеет разнообразные формы и разновидности, зависящие от местных условий. Суть этого метода сводится к четкому планированию всего годового комплекса работ, при этом однотипные работы объединяются в единый комплекс и выполняются бригадой одновременно, что позволяет исключить дополнительный выезд бригады на перегон. Так, например, в комплекс проверки состояния контактной сети включают проверку состояния цепной подвески, замеры износа контактного провода, проверку состояния воздушных стрелок, изолирующих сопряжений, компенсирующих устройств, ремонт заземлений, проверку искровых промежутков и т.п. Сосредоточение персонала на одном перегоне или станции при этом методе позволяет улучшить условия труда, обеспечить работников пунктами обогрева и приема пищи, а также повысить контроль за соблюдением правил безопасности.

*Индустриальный метод* ремонта контактной сети заключается в централизованной заготовке, комплектации, наладке, регулировке и покраске конструкций и узлов контактной сети непосредственно в цехе. Заготовленные узлы доставляют к месту работы и устанавливают взамен изношенных.

*Комплексная технология* капитального ремонта, обновления и реконструкции контактной сети применяется на грузонапряженных электрифицированных участках. Она основывается на выполнении работ специальным персоналом механизированной колонны контактной сети, входящей в состав дистанции электроснабжения или самостоятельного предприятия дороги — энергомонтажного поезда, а также электромонтажными поездами. Для осуществления этих работ предусмотрено использование установочной и раскаточной бригад. Основные работы выполняют в специальные «окна» продолжительностью 3—4 ч или 6—8 ч, а подготовительные — в технологические «окна» 1,5—2 ч. При такой технологии общие трудовые затраты снижаются в 2—3 раза.

## 13.2. Балльная оценка состояния контактной сети

Оценку состояния контактной сети по балльной системе, проверку условий прохода токоприемника с записью на ленте (рис. 13.1) величины зигзагов, выносов и высот контактного провода осуществляют с помощью специальных вагонов для испытания контактной сети (ВИКС), оборудованных токоприемниками, смотровой вышкой и специальной регистрирующей аппаратурой. Кроме того, при объезде с вагоном-лабораторией начальник дистанции электроснабжения или его заместитель из смотровой кабины осматривает состояние отдельных узлов, особенно наиболее ответственных: фиксаторов, сопряжений, компенсаторов и т.п.

Сравнивая результаты фактических данных измерений с параметрами, установленными нормативным журналом основных параметров контактной сети, дают оценку состояния контактной сети. Отступления от нормативов оценивают штрафными баллами по специальной шкале.

Кроме того, оценивают штрафными баллами и отступления, обнаруженные визуально: неправильная установка фиксатора, разбитый изолятор и др. Учитывают также случаи допущенного брака в работе и повреждений, приведших к задержкам поездов.

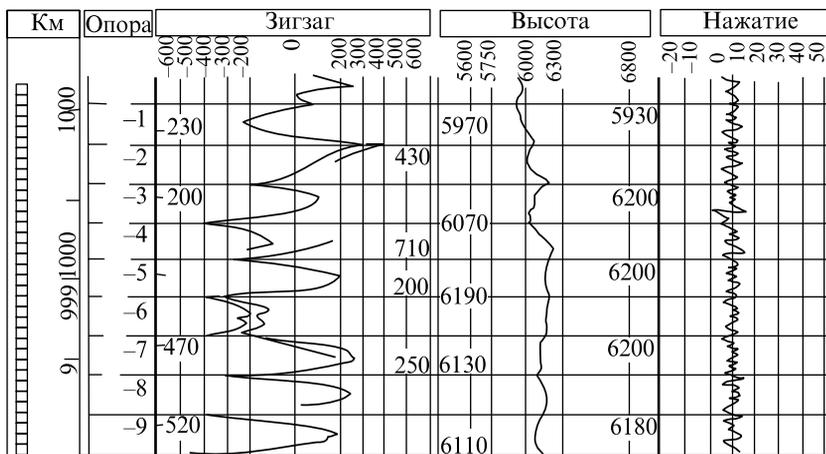


Рис. 13.1 Запись параметров контактной сети вагоном-лабораторией контактной сети ВИКС

Нормативы оценки состояния контактной сети по балльной системе приведены в приложении 15.

Результаты от деления общего числа штрафных баллов по району контактной сети на количество проверенных километров, т.е. количество баллов, приходящихся в среднем на 1 км, определяют оценку состояния контактной сети.

При повторении отклонения от нормативных значений в одном и том же месте количество баллов удваивается, а при повторении отклонений, ранее оцененных 400 баллами, увеличивается в 5 раз. При наличии 3-х и более таких отклонений выставляется оценка неудовлетворительно.

Состояние контактной подвески по району считается отличным, если число баллов на 1 км не превышает 50, хорошим — от 51 до 100, удовлетворительным — от 101 до 150 и неудовлетворительным, когда число баллов превышает 150.

Если не представляется возможным замерить с помощью вагона контактной сети зигзаги, выносы и высоту подвеса контактного провода на второстепенных путях станций, депо и парков, то их измеряют токоприемником под напряжением, наблюдая показания размеченных реек из смотровой площадки автотрисы АРВ или с изолирующей съемной вышки, предварительно замерив их высоту. Эти же параметры можно измерить также с земли специальными изолирующими штангами, завешивая их на провод, или зеркальным прибором, устанавливаемым на рельсы. Замеряют все указанные величины у каждой опоры и в середине пролета, а полученные данные заносят в журнал состояния контактной сети.

### **13.3. Диагностирование и техническое обслуживание контактной сети**

*Износ контактного провода* проверяют под напряжением с изолирующих съемных вышек по каждому анкерному участку. Периодичность замеров устанавливается в зависимости от интенсивности износа. Для определения степени износа измеряют высоту оставшегося сечения контактного провода (в мм) с помощью измерительных инструментов или приборами автоматической регистрации износа вагона ВИКС, а затем по специальным таблицам определяют износ (в мм<sup>2</sup>).

Замеры вручную выполняют у каждого фиксирующего, питающего и стыкового зажимов, у средних анкеровок, а также в точках заметного на глаз повышенного местного износа. Результаты замеров заносят в книгу состояния контактного провода. По результатам замеров делают анализ износа контактного провода и определяют участки провода, подлежащие замене в целом по анкерному участку или только вставками.

*Натяжение* в некомпенсированных проводах контактной подвески проверяют динамометром параллельного включения или гидравлическим датчиком, включенным параллельно тросу или проводу таким образом, чтобы получился его прогиб между опорными точками. Габариты опор замеряют размеченными штангами и рейками.

Работники районов контактной сети совместно с представителями локомотивного депо периодически проверяют состояние токоприемников с выборочной проверкой их характеристик, а с представителями других причастных организаций осматривают электротяговую рельсовую цепь и переходы ВЛ над контактной сетью.

На станциях стыкования в установленные сроки осматривают оборудование пунктов группировки, контролируют подогрев приводов разъединителей в зимнее время, проверяют работу переключателей и их приводов, блоков управления и контроля, замеряют ток, потребляемый двигателями переключателей пунктов группировки.

Для выявления перегревов в зажимах электрических соединений применяют инфракрасный дефектоскоп ИКД-6 и ИКД-7 (рис. 13.2) и другие приборы. Диагностика производится с земли на расстоянии не более 15 м или из вагона ВИКС.

При регулировке воздушных стрелок обращают внимание на место установки ограничительной накладки, на плавность подхвата контактных проводов полозом токоприемника и их соответствие нормам. Контактные провода в зоне подхвата должны быть в одном уровне, при скорости движения поездов более 70 км/ч контактные провода съезда располагают на 20—40 мм выше контактных проводов главного пути. Для повышения надежности их работы на обеих ветвях за пределами зоны подхвата устанавливают скользящие струны или другие устройства одновременного подъема контактных проводов воздушной стрелки.

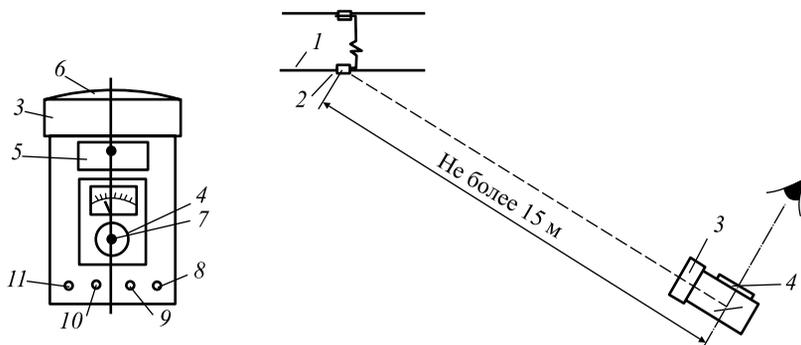


Рис. 13.2. Тепловая диагностика контактной сети инфракрасным дефектоскопом ИКД: 1 — контактная сеть; 2 — контролируемый объект; 3 — дефектоскоп; 4 — смотровое окно; 5 — блок питания; 6 — крышка дефектоскопа; 7 — зрачок; 8, 9, 10 — кнопки сброса, включения индикатора «И» и контроля питания; 11 — тумблер включения прибора

*Изолирующие сопряжения и секционные изоляторы* проверяют, обращая внимание на плавность прохода токоприемника, соответствие требованиям технологических карт и чертежей примененных конструкций.

Контактную подвеску в искусственных сооружениях осматривают, предварительно сняв напряжение и заземлив контактную сеть. В этих местах особое внимание обращают на узлы, подверженные вибрациям, состояние изоляции, отбойников и расстояние от частей, находящихся под напряжением, до заземленных.

*Компенсировочные устройства* проверяют без снятия напряжения с контактной сети. Измеряют расстояние как от низа грузов до поверхности оголовка или земли, так и от верхней части штанги грузов до неподвижного блока компенсатора и определяют соответствие этих расстояний графику положения грузов в зависимости от температуры окружающего воздуха (рис. 13.3 и 13.4).

*Секционные разъединители* проверяют и регулируют, как правило, без снятия напряжения с контактной сети, предварительно отсоединив перемычки, шунтирующие врезные изоляторы в шлейфах. При этом проверяют состояние шлейфов, прочность их крепления к опорным изоляторам, состояние контактов и рогов разъединителя. Контакты и дугогасительные рога очищают от окалины и оплавлений и покрывают техническим вазелином с графитом или морозостойкой смазкой ЖТ-79Л, ЖТ-72 или ЖТКЗ-65.

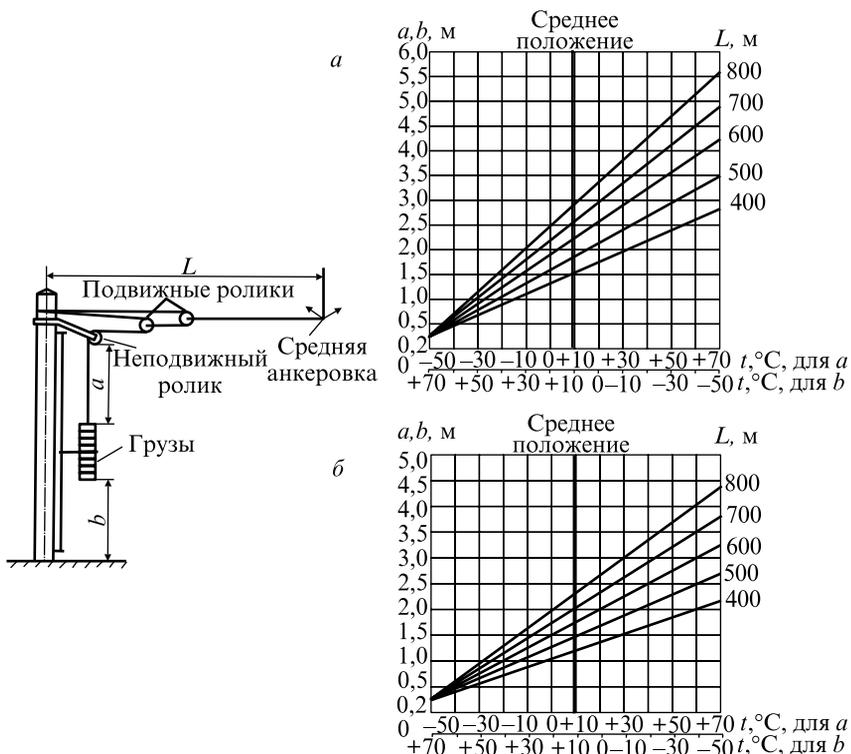


Рис. 13.3. Диаграмма положения грузов трехблочного компенсатора (расстояния  $a$  и  $b$ ) в зависимости от температуры  $t$  и расстояния  $L$  от компенсатора до средней анкеровки для проводов:  $a$  — медных, низколегированных и бронзовых;  $b$  — сталемедных и сталеалюминиевых

В моторном приводе проверяют состояние уплотнений, наличие смазки в кожухе редуктора, испытывают мегаомметром изоляцию электродвигателей, сопротивление которой должно быть не менее 500 кОм. Редукторы приводов смазывают такой же смазкой, как и контакты разъединителя.

Проверка состояния консолей и крепежных элементов является одной из наиболее трудоемких работ, так как требует обязательно снятия напряжения для осмотра их на каждой опоре и искусственном сооружении. При этих осмотрах особое внимание обращают на надежность болтовых и сварных соединений, отсутствие

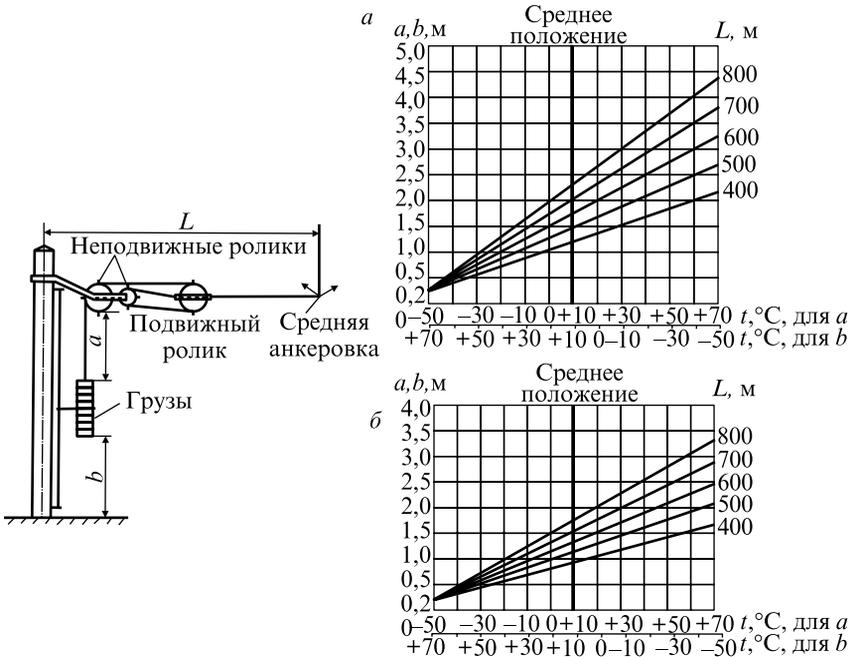


Рис. 13.4. Диаграмма положения грузов блочно-полиспастного компенсатора (расстояния  $a$  и  $b$ ) в зависимости от температуры  $t$  и расстояния  $L$  от компенсатора до средней анкеровки для проводов:  $a$  — медных, низколегированных и бронзовых;  $b$  — сталемедных и сталеалюминиевых

трещин, а также определяют степень коррозии конструкций в целом и отдельных частей.

*Разрядники и ОПН* проверяют и регулируют перед грозовым сезоном без снятия напряжения с контактной подвески при наличии в шлейфах врезных изоляторов. На роговых разрядниках и ОПН проверяют правильность зазоров между рогами и формы изгиба рогов, прочность крепления рогов и изоляторов. При наличии оплавления рогов их зачищают напильником или наждачной бумагой.

В трубчатом разряднике замеряют и приводят к норме внешний искровой промежуток, регулируют угол наклона во избежание затекания влаги, очищают наружную поверхность трубки, проверяют крепление и заделку трубки. При выявлении сильных оплавлений наконечника трубки электродов и других дефектов, которые

могут нарушить нормальную работу разрядника, его заменяют на новый. Кроме того, обращают внимание на лаковое покрытие трубки; для восстановления этого покрытия используют перхлорвиниловую эмаль ВПХВ или нитроэмаль и т.п.

Проверяют присоединения отсасывающих проводов к рельсовой цепи, при этом определяют надежность их крепления и определяют превышение температуры их нагрева над температурой окружающей среды.

*Отсасывающие трансформаторы* проверяют и испытывают в объемах, предусмотренных для силовых и тяговых трансформаторов, а также производят внутренний осмотр и замер сопротивления изоляции специальных дроссель-трансформаторов, предназначенных для подключения отсасывающих линий.

На *станциях стыкования* производят проверку состояния и регулировку высоковольтного оборудования и переключателей, испытывают изоляцию шин напряжением 24 кВ для постоянного тока и 72 кВ для переменного тока, проверяют и регулируют муфты и штифты переключателей, их блок-контакты, блокировки дверей и аппаратуру защиты, настраивают и испытывают аппаратуру защиты, мегаомметром испытывают изоляцию переключателей.

Перед установкой в контактную сеть все *изоляторы* и изолирующие вставки тщательно осматривают и протирают. При осмотре бракуют их, если обнаруживаются бой фарфора или сколы ребер площадью более 3 см<sup>2</sup>, а также радиальные трещины в фарфоре, оплавления или ожоги глазури, стойкое, не поддающееся очистке, загрязнение поверхности изолирующей части, искривление штырей и стержней, трещины в чугунной шапке.

Тарельчатые изоляторы, предназначенные для установки в фиксаторах и в роговых разрядниках, проверяют на отсутствие качания или проворачивания стержня в заделке. В стержневых изоляторах обращают внимание на кривизну фарфорового стержня, стрела прогиба которого допускается не более 7 мм, а отклонение конца шапки по отношению к оси изолятора — не более 5 мм. Кроме того, каждый подвесной фарфоровый изолятор перед установкой испытывают напряжением 50 кВ переменного тока в течение 1 мин. Изолятор считают годным, если в процессе испытания не было пробоя или перекрытия изоляции и поверхностных раз-

рядов. Испытывают фарфоровые тарельчатые изоляторы мегаомметром на напряжении 2,5 кВ; сопротивление изоляции должно быть не менее 300 мОм.

В процессе эксплуатации изоляторы также осматривают, обращают внимание на наличие сколов, трещин; в случае их появления изолятор меняют.

Во время транспортировки и установки изоляторов необходимо обращаться с ними бережно, так как даже незначительные удары могут привести к выходу изолятора из строя, что не всегда обнаруживается невооруженным глазом. Проводить механические испытания методом приложения механической повышенной нагрузки не допускается.

На затяжных подъемах и станциях при смешанном движении (электрическая и тепловозная тяга) по мостам путепроводов, в тоннелях, местах повышенного загрязнения (вблизи загрязняющих атмосферу промышленных предприятий и мест погрузки и выгрузки химических удобрений) сроки осмотра изоляторов сокращают.

В целях облегчения работы по очистке изоляторов может применяться установка по очистке их струей воды без снятия напряжения с контактной сети — УПО-2. Она состоит из платформы, на которой смонтированы две мотопомпы МП-80Б и цистерна для воды вместимостью 50 т. Обмыв производится при скорости движения 4 км/ч. Время непрерывной работы одного ствола установки между заправками 4,5 ч.

Тарельчатые изоляторы на контактной сети, установленные в гирлянде, подвергают *дефектировке* специальными испытательными штангами. На контактной сети переменного тока для этих целей используют универсальную измерительную штангу ШИ-35/110 кВ или штангу ШДИ-27,5, оборудованные специальными головками.

Головка штанги ШИ-35/110 кВ (рис. 13.5) состоит из последовательно соединенных конден-

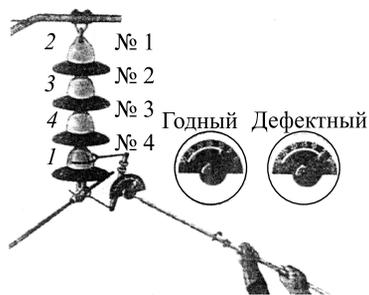


Рис. 13.5. Штанга ШИ-35/100 кВ для дефектировки изоляторов контактной сети переменного тока: № 1—4 — номера изоляторов; 1—4 — последовательность проверки изоляторов

саторов постоянной и переменной емкости и позволяет при шунтировании ею изолятора по изменению емкости определить значение напряжения, которое приходится на один изолятор. Измерения начинают с изолятора, расположенного со стороны напряжения, а затем с заземленной стороны (см. рис.13.5). Для этого два вилообразных захвата головки штанги прикладывают к испытываемому изолятору. Вращая штангу по часовой стрелке, сближают электроды до пробоя воздушного промежутка. По положению указателя в момент пробоя определяют напряжение, которое приходится на испытываемый изолятор. Отбраковывают изоляторы в соответствии с данными, приведенными в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Количество изоляторов в гирлянде	Норма допустимого падения напряжения, кВ (не менее), на изоляторе* №					
	1	2	3	4	5	6
3	4,0	4,0	5,0	—	—	—
4	3,0	3,0	3,0	5,0	—	—
5	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	—
6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0

\*Счет изоляторов ведут от заземленных элементов.

На головке штанги ШДИ–27.5 (рис. 13.6) крепится измерительный прибор для оценки состояния диагностируемых изоляторов, на котором красками различного цвета наносятся две зоны: А — для гирлянд, состоящих из 5 и 6 изоляторов, и Б — из 3 и 4 изоляторов. По положению стрелки прибора определяют годность изоляторов в гирляндах.

При дефектировке шунтируют проверяемый изолятор в гирлянде щупами штанги, прикасаясь к его шапке и к стержню или шапке смежного изолятора и визуально фиксируют положение стрелки измерительного прибора.

При дефектировке гирлянд из 3 и 4 изоляторов дефектным считается изолятор, если стрелка измерительного прибора находится в пределах зон А и Б, а из 5 и 6 изоляторов — в пределах зоны А.

Последовательность диагностики изоляторов в гирлянде такая же, как и со штангой ШИ-35/110 кВ (см. рис. 13.5). Штанга должна быть исправна и испытана высоким напряжением на электрическую прочность изоляции в сроки: 1 раз в год и в сезон измерений — 1 раз в 3 месяца (рис. 13.6, в).

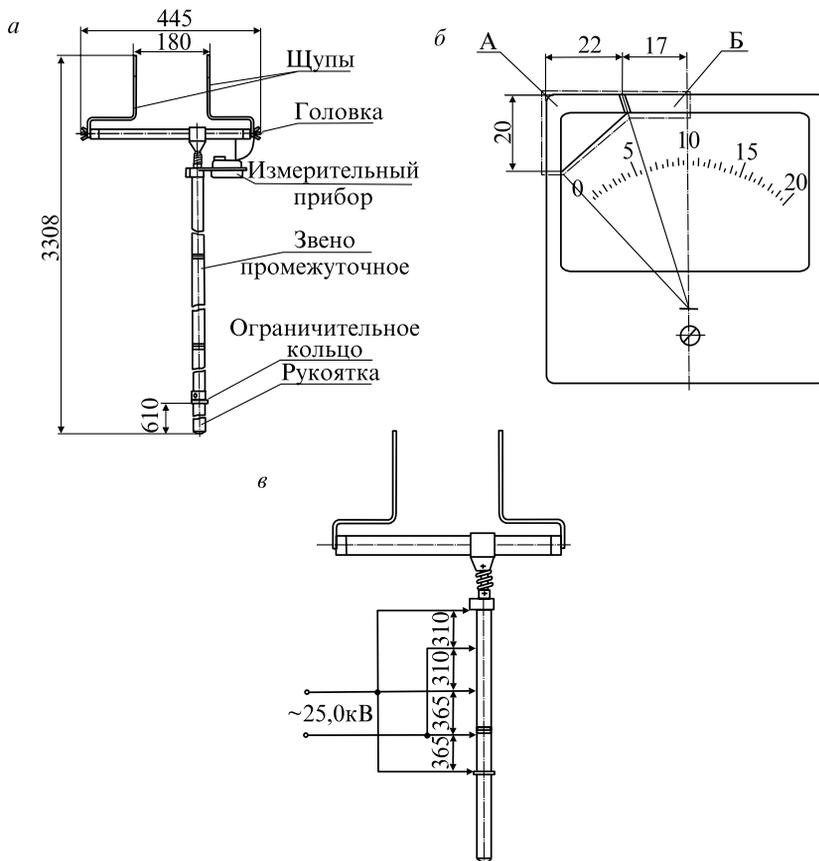


Рис. 13.6. Штанга ШДН-27,5 кВ для дефектировки изоляторов контактной сети переменного тока: *а* — общий вид штанги; *б* — измерительный прибор; *в* — схема проверки исправности штанги

В исключительных случаях проверяют изоляторы рабочим напряжением. Башмак заземляющей штанги присоединяют к тяговому рельсу, наконечником штанги прикасаются к электрическому соединителю нейтральной вставки. Отключение быстродействующего выключателя на тяговой подстанции свидетельствует о наличии поврежденного изолятора. Искровой промежуток в цепи заземления опоры контактной сети на период проверки изоляторов шунтируется.

Дефектировку изоляторов производят в сухую безветренную погоду при наличии напряжения в контактной сети и при зашунтированном искровом промежутке в цепи заземления опоры контактной сети.

При обнаружении дефектного изолятора его заменяют. В случае наличия двух и более дефектных изоляторов в одной гирлянде их заменяют немедленно.

Проверка состояния (диагностика) изоляторов на участках переменного тока может быть произведена дефектоскопом УД-8, электронно-оптическим портативным дефектоскопом «Филин-3», который на расстоянии 5—50 м позволяет определять дефектные изоляторы по регистрации поверхностных разрядов и короны. Масса прибора 2,5 кг. При этом в соответствии с заводской инструкцией проверку изоляторов проводят не менее чем с двух точек, так как некоторые разряды могут заслоняться пестиками изоляторов или элементами

подвески проводов. Визуально оценка может быть сделана после приобретения навыков работы с дефектоскопом.

Дефектировку изоляторов в гирляндах контактной сети постоянного тока проводят специальной штангой-указателем (рис. 13.7). Она состоит из измерительной головки 1 с двумя щупами 6, изолирующего верхнего звена 2, удлинителя 4 и ручки-захвата 5. На рабочей части расположен измерительный прибор 3. В состав головки входят два блока резисторов  $R_{61}$  и  $R_{62}$  сопротивлением по 1,76 МОм каждый. Дефектировку третьего изолятора в гирлянде выполняют с помощью приставки, шунтируя его двумя крайними щупами 7 сопротивлением по 0,47 МОм.

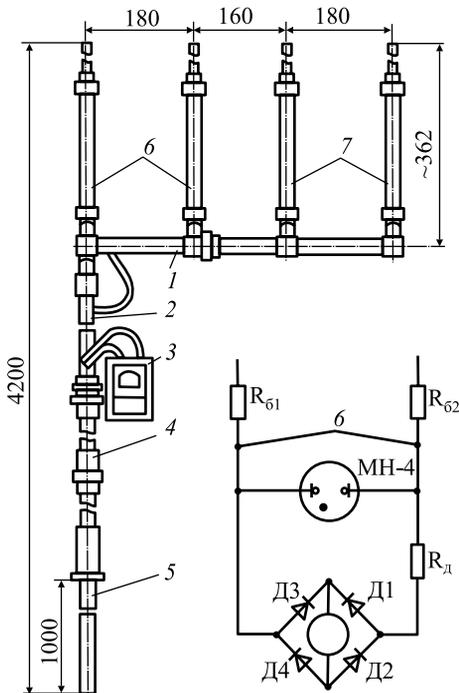


Рис. 13.7. Штанга для проверки изоляторов контактной сети постоянного тока

Измерительный блок состоит из микроамперметра мА, включенного в диагональ диодного моста Д1–Д4, добавочного резистора  $R_d$ , сопротивление которого устанавливается при регулировке, и неоновой лампы МН-4, которая включена параллельно диодному мосту, служит для защиты измерительного прибора от перегрузки и является дополнительным индикаторным элементом: зажигание лампы свидетельствует о дефектности проверяемого изолятора. Принцип действия штанги основан на измерении тока утечки испытываемого изолятора, находящегося под рабочим напряжением. Если сопротивление одного из двух изоляторов близко к нулю или не превышает 300 МОм, то показание тока утечки уходит за предельную красную метку блока.

Перед испытанием проверяют исправность измерительного прибора, для чего щупы контактной головки разворачивают и прикасаются одним щупом к частям контактной сети, находящимся под напряжением, а другим — к заземлению. Загорание неоновой лампы и отклонение стрелки прибора на полную шкалу указывает на исправность прибора. После этого щупы сближают на расстояние между ними 180—200 мм и прикладывают к изолятору. Если стрелка отклоняется за предельную метку, это указывает, что соседний изолятор неисправен. Второй изолятор проверяют прикладывая щупы к первому.

Для исключения перекрытия изоляции контактной сети в зонах гнездования птиц на участках переменного тока применяют *электропеллентную защиту* (рис. 13.8). Она состоит из датчика (отрезка провода) напряжения 2, расположенного внутри жесткой поперечины 1 и закрепленного на поперечине посредством изоляторов 6, антенны 3 в виде дополнительного неизолированного провода, расположенного вдоль контактной подвески; электрического соединителя 4; блока 5 заземления и заземлителя 7. При наличии напряжения в контактной подвеске в антенне наводится высокое напряжение, и датчики напряжения во всех поперечинах, к которым подвешена антенна, оказываются под высоким напряжением. Устройство работает следующим образом. При нахождении птицы на нижней ферме какой-либо заземленной поперечины (например, в точке А) она должна коснуться мешающего ей строить гнездо датчика (например, в точке Б), расположенного на высоте  $h$ ,

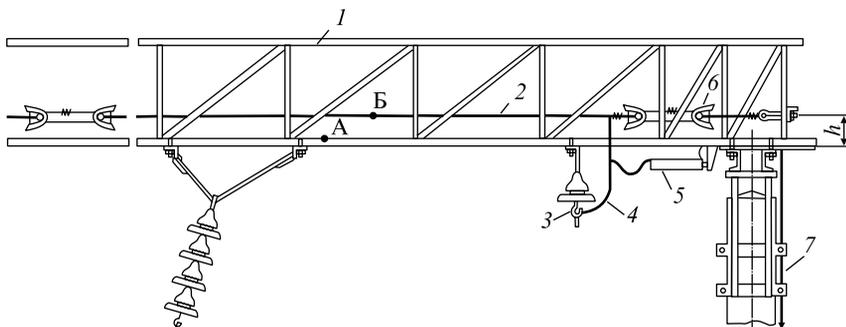


Рис. 13.8. Электрореpellентная защита против гнездования птиц

равной примерно высоте птицы. При этом птица оказывается под высоким напряжением, и через ее тело из датчика в поперечину, заземленную на тяговый рельс посредством заземлителя, идет разрядный ток. Для того чтобы птица была отогнана, значения напряжения и разрядного тока должны находиться в определенных пределах. Необходимое значение разрядного тока определяется длиной антенны, а значение напряжения — расстоянием между антенной и контактной подвеской. Для регулирования значения этого напряжения антенну заземляют в одном месте через блок заземления (резистор или конденсатор) с определенными параметрами.

На консольных и стержневых изоляторах для предотвращения перекрытия изоляции птицами устанавливают специальные штыри, которые препятствуют посадке птиц на изоляторы.

### 13.4. Техническое обслуживание опор контактной сети и их заземлений

Опоры и заземляющие устройства проверяют для своевременного обнаружения и устранения в них дефектов, связанных с электрической и другими видами коррозии. С этой целью на дистанции электроснабжения и в дорожных лабораториях создаются группы коррозии, которые помогают районам контактной сети анализировать влияние блуждающих токов на целостность опорных устройств.

Для определения степени опасности электрической коррозии необходимо знать значения потенциалов «рельс—земля» и сопротивления заземления. Потенциалы «рельс—земля» измеряют приборами 1 (рис.13.9) М-231 или ПК-1 (ПК-1м), которые при-

соединяют в середине пролета между опорами 4 изолированными проводами 2 положительным полюсом к рельсу 5 и отрицательным к стальному электроду 3 диаметром 10—16 мм и длиной 0,6—0,8 м, забитому в землю на всю длину в створе опор.

Показания приборов записывают через каждые 10 с в течение не менее 30 мин с учетом того, что в каждом направлении за период измерений должно пройти не менее двух поездов на участках с интенсивным движением (более 100 пар поездов в сутки) и не менее одного — при меньшем движении. Из числа показаний определяют средние значения положительных и отрицательных потенциалов. Замеры проводят через каждые 600—800 м. Затем наносят полученные результаты на однолинейный план пути и получают потенциальную диаграмму (рис. 13.10).

Оценку состояния опор следует начинать с выявления низкоомных опор, имеющих сопротивление заземления менее 100 Ом, а также опор, сопротивление которых менее 25 Ом на каждый вольт среднего потенциала «рельс—земля».

*Сопротивление заземления* измеряют различными приборами: ПК-1 (ПК-1м), МС-07 (МС-08) или двумя приборами М-231, один из которых используют в качестве вольтметра, а другой — амперметра. При измерениях мегаомметром прибор 5 включают между рельсом 6 и опорой (рис. 13.11, а), зажимы  $E_1$  и  $I_1$  соединяют между собой и изолированным проводом 2 присоединяют к заземляющему проводнику 1, предварительно отсоединенному от рельса и

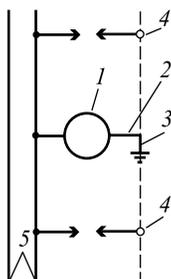


Рис. 13.9. Схема измерения рельса потенциала «рельс—земля»

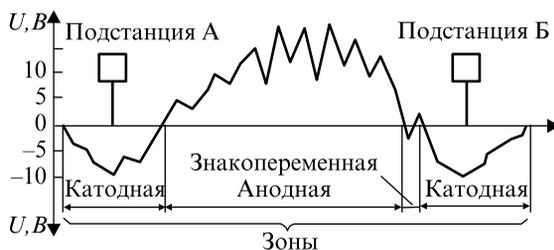


Рис. 13.10. Потенциальная диаграмма

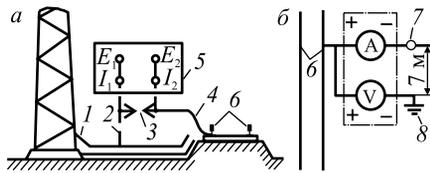


Рис. 13.11. Схема измерения сопротивления опоры мегаомметром (а) и амперметром и вольтметром (б)

расположенному изолированно от земли на полушпале. Зажимы  $E_2$  и  $I_2$  соединяют между собой и присоединяют изолированным проводом 4 к рельсу. Перед присоединением устанавливают защитный искровой промежуток 3. При положении

«Регулировка», вращая ручку генератора, поворотом ручки реостата добиваются установки стрелки мегаомметра на красной отметке шкалы. Затем переводят прибор в положение «Измерение» и по шкале определяют измеряемое сопротивление. Если сопротивление заземления больше 1000 Ом, на вход прибора  $I_1$  и  $I_2$  параллельно искровому промежутку подключают резистор  $R_{\text{доп}} = 1000$  Ом, а измеренное сопротивление пересчитывают по специальной кривой.

По схеме измерения амперметра или вольтметра (рис. 13.11, б) запись потенциалов «рельс—земля» и токов утечки через опору 7 ведется синхронно без переключений приборов в процессе измерений, что существенно повышает их точность. Помимо этого, из цепи вольтметра исключается сопротивление опоры благодаря применению электрода 8, помещаемого на расстоянии 7 м от измеряемой опоры.

Среднее значение тока утечки измеряют амперметром, подключенным гибким изолированным проводом с одной стороны к рельсу, а с другой — к отсоединенному от рельса и изолированному от земли заземляющему проводу. С присоединенного прибора через каждые 10 с снимают показания. Длительность измерения принимают такой, чтобы за этот период по каждому из путей прошло не менее одного поезда, а при интенсивном движении — не менее двух. По этим показаниям определяют среднее значение тока утечки делением суммы показаний прибора на общее число измерений. Электрическое сопротивление определяют как отношение мгновенных значений разности потенциалов «рельс—земля» к току утечки.

При измерении этим методом в устойчивую сухую погоду для железобетонных опор вводится переходной коэффициент  $A = 0,2 \dots 0,3$ , зависящий от числа дней в году с осадками. Переходное сопротивление определяют по формуле  $R_{\text{оп}} = AR_{\text{изм}}$ .

Выявленные низкоомные опоры подлежат в первую очередь обследованию и оценке их состояния. Визуально осматривается надземная часть опоры на уровне поверхности грунта. Выход трещин над поверхностью земли или фундамента на высоту до 15 см, отслоения бетона, выход продуктов ржавчины свидетельствуют о значительном коррозионном повреждении опоры. При отсутствии выходов трещин и других дефектов откапывают опору с полевой стороны на глубину 0,5—0,7 м. Простучивают бетон молотком. Глухой звук, трещина, отслоение бетона также свидетельствуют о наличии коррозионного повреждения опоры. Такая опора должна быть немедленно укреплена оттяжками и затем заменена.

По обнаружению на поверхности фундамента или анкеров трещин и выступающих продуктов коррозии и при неудовлетворительных результатах замеров их также выборочно откапывают и детально обследуют арматуру и анкерные болты, вскрывая защитный слой бетона. Замеряют диаметр арматуры и анкерных болтов и определяют оставшуюся площадь их поперечного сечения. Если в результате коррозии она уменьшилась у арматуры более чем на 10 %, а у анкерного болта в растянутой зоне — на 20 %, в сжатой зоне — на 30 %, такую опору заменяют.

Изоляцию анкерных оттяжек проверяют мегаомметром на 500 В, ее сопротивление должно быть не менее 10 кОм.

Данные замеров по каждой опоре регистрируют в специальном журнале, который ведется в районе контактной сети, при этом подсчитывают, какое сопротивление опоры приходится на 1 В среднего значения потенциалов «рельс—земля». Опоры, не удовлетворяющие нормам, отмечают особо для проведения дальнейших исследований и принятия мер по приведению их в соответствие установленным требованиям.

Надземную часть обследуют у всех опор. У металлических опор обращают внимание на качество окраски, отмечают места, подвергающиеся коррозии, состояние сварных швов и степень возможных механических повреждений. При осмотре железобетонных опор обращают внимание на наличие трещин и отколов бетона. Ширину и длину раскрытия трещин определяют с помощью наборов щупов с размерами от 0,03 до 0,25 мм, лупы с делениями 0,1 мм и линейки. Для выявления дальнейшего характера раскрытия трещины устанавливают цементные маяки и отмечают краской начало и конец трещины.

Оценка состояния опор контактной сети изложена в главе 8.

Проверяя заземления, обращают особое внимание на надежность крепления их к рельсам, так как в результате вибрации при проходе поездов и производстве путевых работ эти места подвержены частому ослаблению и обрывам. Кроме того, проверяют изоляцию от опор заземляющих проводов (спусков) и при необходимости их выправляют, очищают от ржавчины и окрашивают.

*Искровые промежутки* в заземлениях проверяют с помощью вольтметра со шкалой более 20 В, подключенным параллельно, при этом искровой промежуток от опоры и рельсов не отсоединяют. Такую проверку осуществляют при проходе электропоезда по пути, на который заземлена данная опора, а на дорогах постоянного тока, кроме того, и при проходе по соседнему пути. Отклонение стрелки вольтметра указывает на исправность искрового промежутка. Более точно искровые промежутки проверяют по схеме, приведенной на рис. 13.12, а. Прежде всего определяют переходное сопротивление заземления опоры  $R_{\text{оп}}$ , для чего между тяговым рельсом 1 и опорой 4 врезают амперметр 2, в середине пролета между опорами устанавливают вольтметр 6, подключая один его конец к тяговому рельсу, а другой — к электроду 5. Затем, переключив вольтметр в высокоомный режим, синхронно фиксируют общее падение напряжения в цепи заземления опоры  $U_{\text{р-з}}$  и падение напряжения на искровом промежутке 3, т.е.  $U_{\text{ип}}$ . Измерения проводят при потенциале «рельс—земля», превышающем 1 В. После измерений рассчитывают сопротивление искрового промежутка по формуле

по формуле

$$R_{\text{ип}} = U_{\text{ип}} R_{\text{оп}} (U_{\text{р-з}} - U_{\text{ип}})$$

и сравнивают его с нормативным — оно должно быть не менее значений, установленных для железобетонных опор (в катодной зоне — 10 кОм, а в анодной и знакопеременной зонах — 1,5 кОм).

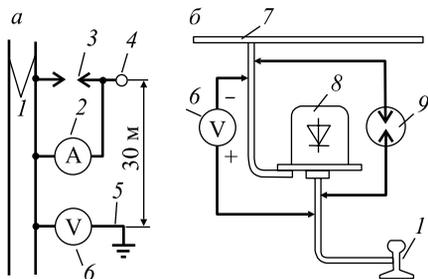


Рис. 13.12. Схемы измерения сопротивления искрового промежутка (а) и диодного заземлителя (б)

Диодные заземлители проверяют вольтметром М-231 или М-762 (рис. 13.12, б) или мегаомметром. Диодный заземлитель 8, подключенный к групповому заземлению 7 и рельсу 1, при проверке вольтметром шунтируют искровым промежутком 9 на 800—1200 В. Измерения проводят при прохождении поездов по участку. При исправном диодном заземлителе вольтметр 6, измеряющий падение напряжения на нем, при положительном потенциале «рельс—земля» показывает единицы и десятки вольт, а при отрицательных потенциалах — десятые доли вольта (около 0,3 В). В случае неисправности диодного заземлителя показания близки к нулю или составляют десятые доли вольта. Тогда проверяют исправность каждого вентиля диодного заземлителя мегаомметром М-1101 на 500 В.

### 13.5. Капитальный ремонт и обновление контактной сети

Объемы и сроки капитального ремонта и обновления контактной сети устанавливают в зависимости от степени износа отдельных элементов, которая определяется конкретными особенностями электрифицированного участка: размерами и скоростями движения электропоездов, метеорологическими условиями, наличием в атмосфере вредных примесей, типом и конструкциями примененного оборудования и элементов.

При перспективном планировании потребности в средствах и материальных ресурсах руководствуются следующими усредненными сроками службы и периодичности капитального ремонта контактной сети (годы) (табл. 13.3).

Срок службы контактных проводов устанавливают по достижении предельного износа и на основании результатов расчета по формуле

$$t_{\text{к}} = \frac{\Delta S_{\text{см}} n \cdot 0,89 \cdot 10^4}{m_{\text{к}} P_{\text{год}}},$$

где  $\Delta S_{\text{см}}$  — степень использования провода, определяемая средним износом, мм<sup>2</sup>, к моменту его замены (30 мм<sup>2</sup> — для МФ-100, 35 мм<sup>2</sup> — для МФ-120);

$n$  — число контактных проводов в подвеске;

Таблица 13.3

Наименование	Срок службы
Медные многопроволочные провода; металлические опоры и конструкции	50
Сталемедные, алюминиевые и сталеалюминиевые провода; железобетонные опоры и фундаменты	50
Металлические опоры и конструкции в зонах с повышенной степенью загрязнения и загазованности	30
Изоляторы фарфоровые и стеклянные; медные и бронзовые провода в зонах с серными и сернистыми загрязнениями	30
Алюминиевые и сталеалюминиевые провода в зонах с повышенной степенью загрязнения солевыми и щелочными компонентами; железобетонные опоры и фундаменты в зонах повышенной электрокоррозии или в агрессивных средах; стальные тросы; электрооборудование пунктов группировки станций стыкования, секционные разъединители, переключатели и их приводы	20–25
Сталемедные провода в зонах с повышенной степенью загрязнения серными и сернистыми компонентами, стальные тросы в зонах с повышенной степенью загрязнения; разъединители с частыми переключениями, секционные изоляторы	10–20
Арматура контактной сети	40

$P_{\text{год}}$  — число проходов токоприемников по участку в год;

$m_{\text{к}}$  — удельная потеря меди, т/10<sup>6</sup> км пробега ЭПС, принимаемая для угольных вставок и электровозной тяги — 0,3 при постоянном токе и 0,12 при переменном, для моторвагонной тяги — 0,1 и 0,07 соответственно. Для металлокерамических пластин значение  $m_{\text{к}}$  принимают при электровозной тяге 0,5 и моторвагонной — 0,2.

Установлено, что контактный провод на главных путях постоянного тока при металлокерамических, металлоугольных и угольных вставках работает 20—25 лет, а при переменном токе и на второстепенных путях независимо от рода тока — 50 лет и более.

Перед началом капитального ремонта и обновления проводят следующие подготовительные работы:

составляют дефектную ведомость, сметы на производство ремонтных работ, а при необходимости проект, укомплектовывают ремонтные бригады и инструктируют работников о предстоящей работе; заготавливают все необходимые материалы и запасные части; проверяют наличие и исправность необходимого для ремонта инструмента, приспособлений и механизмов, подготавливают нормативные данные по ремонтируемым устройствам и узлам.

Работы по капитальному ремонту выполняются силами специализированных бригад дистанции электроснабжения или электромонтажного (энергомонтажного) поезда с участием бригад районов контактной сети. Оценку качества и приемку объема выполненных работ производит представитель дистанции электроснабжения.

К основным работам при капитальном ремонте относятся: смена изношенных контактных проводов, устройство вставок в проводах, замена дефектных несущих и поперечных тросов, смена проводов и ремонт конструкций усиливающих, питающих и других линий; смена опор, фундаментов, анкерных, оттяжек, поддерживающих конструкций, разъединителей, фиксаторов и изоляторов; окраска металлических опор, жестких поперечин, консолей и кронштейнов; ремонт поверхности железобетонных опор.

Изношенный контактный провод заменяют, монтируя вставки, или полностью весь анкерный участок в зависимости от его износа.

Вставки в контактный провод при незначительной длине выполняют со съёмных вышек или изолирующих вышек автотрисы и дрезин, ослабляя натяжение провода с помощью муфт или блоков. Ослабленные отрезки провода вырезают и с помощью стыковых зажимов заменяют новыми.

*Замену контактного провода* анкерного участка на всем протяжении выполняют различными методами с использованием автотрисы или дрезины и раскаточной платформы. Сняв напряжение с контактной сети, конец нового провода присоединяют к анкеровке и раскатывают вдоль анкерного участка со скоростью до 10 км/ч, завешивая новый провод к несущему тросу с помощью специальных крючков или подготовленных для этой цели струн (рис. 13.13, а). На втором конце вытягивают новый провод до момента подъема грузов у первой анкеровки, после чего заделыва-

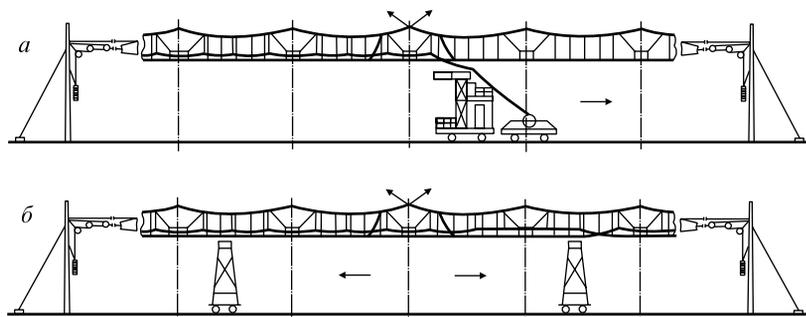


Рис. 13.13. Схема замены контактного провода: *a* — раскатка нового провода; *б* — регулировка нового провода и вывод старого в нерабочее положение

вают вторую анкеровку. Затем со съемных вышек под напряжением переводят струны и фиксаторы на новый провод (рис. 13.13, б) и во второе «окно» сбрасывают старый провод. Эту работу можно выполнить в одно «окно» большей продолжительности: новый провод с использованием крючков подвешивают к сменяемому, со съемных вышек вводят в рабочее положение новый провод, подвешивая на те же крючки старый, а затем и сбрасывая его.

При двух контактных проводах эту работу выполняют в одно «окно». Для этого предварительно один из двух изношенных проводов выводят из рабочего положения и подвешивают на струнах. В «окно» раскатывают новый провод, подвешивая временно на струнах выше рабочего, и одновременно сбрасывают старый провод. Затем после открытия движения поездов при одном рабочем проводе вводят новый провод в работу под напряжением. Если применить две раскаточные единицы, то время на замену контактного провода можно сократить.

Работы по замене несущего троса состоят из раскатки нового троса, перевода со старого на новый всех присоединений и сбрасывания старого. Несущий трос в зависимости от типа поддерживающих конструкций раскатывают двумя способами: при консолях — с подвижной платформы аналогично раскатке контактного провода, а при гибких и жестких поперечинах с фиксирующими тросами — методом протягивания с неподвижной платформы.

При раскатке с подвижной платформы разматывают барабан с тросом при незначительном его натяжении. Вновь раскатанный несущий трос подвешивают на специальных крючках выше кон-

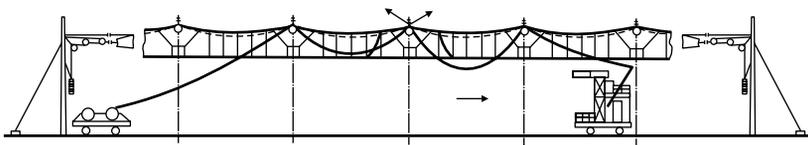


Рис. 13.14. Схема замены несущего троса

тактного провода или закрепляют к седлам монтажные ролики, в которые закладывают раскатываемый несущий трос. Затем новый трос поднимают, вытягивают, переводят его в седла, переставляют струны со старого на новый и сбрасывают старый трос.

При раскатке с неподвижной платформы (рис. 13.14) ее устанавливают около анкерной опоры, конец несущего троса прикрепляют к автомотрисе или дрезине, которая, двигаясь вперед, проезжает очередную опору на 10—15 м, возвращается обратно и останавливается у точки подвеса. Конец троса отцепляют от дрезины, поднимают наверх, пропускают через подвешенный к седлу на опоре монтажный ролик и вновь крепят к вышке для дальнейшей раскатки.

Тяжелые опорные и поддерживающие конструкции заменяют с помощью подъемных механизмов, в частности кранами автомотрис АДМ, АГВ и др.

Ввиду того что большинство работ капитального ремонта требует прекращения движения поездов, в графике движения на это время предусматривают «окна» необходимой продолжительности, совмещая их с работами по капитальному ремонту пути и другими. Работы при этом организуют таким образом, чтобы перерыв в движении поездов был наименьшим. С этой целью все работы, не требующие перерыва в движении поездов, выполняют заблаговременно между выделяемыми «окнами» и после открытия движения поездов.

Увеличение грузонапряженности железных дорог, введение тяжелых (до 10 тыс. т и более), длиннооставных, двоярных и скоростных поездов приводит к увеличению тяговых токов и, соответственно, к необходимости усиления устройств тягового электроснабжения. В этих случаях выполняют расчеты пропускной способности по электроснабжению и по их результатам планируют и осуществляют усиление. Особенно большой объем работ производится на дорогах, где смонтирована система электроснабжения постоянного тока.

В объем работ по усилению устройств электроснабжения входят: строительство дополнительных и задействие передвижных тяговых подстанций, установка пунктов параллельного соединения, постов секционирования, подкатка второго контактного провода (где его не было), замена сталебронных несущих тросов на медные, подвеска усиливающих проводов от одного до трех по каждому пути с соединением с контактной подвеской через каждые 2—3 пролета.

В связи с внедрением на дорогах длинносоставных поездов осуществляется удлинение путей на станциях, при этом производится реконструкция контактной сети с ее подвеской над удлиняемыми путями. Одновременно производится замена опор контактной сети недостаточных по мощности, мешающих путевому развитию и потерявших несущую способность.

В настоящий период появилась объективная необходимость ремонта и восстановления ресурса устройств электроснабжения на полигоне сети в объемах, соответствующих темпам перевода дорог на электрическую тягу с начала массовой электрификации железных дорог в 1956 г.

Программа обновления устройств электроснабжения для восстановления их ресурса должна исходить из необходимости создания и внедрения современных технических средств, гарантирующих дальнейшее повышение энергетических показателей электрической тяги и ее экономической эффективности.

Программа должна определять основные направления решения этой проблемы в части системы тягового электроснабжения и замену (при необходимости) контактной подвески, арматуры, дополнительных проводов, изоляторов. При обновлении контактной сети осуществляется перевод полукомпенсированной подвески в компенсированную. Предусматривается централизованное изготовление и комплектование всех элементов подвески. Обновление предусматривает не только восстановление первоначальных технических характеристик устройств электроснабжения, но и повышение надежности устройств, применение новых усовершенствованных конструкций и оборудования. Все обновленные устройства электроснабжения должны соответствовать установленным новым проектом техническим характеристикам с сокращением затрат на техническое обслуживание и повышением надежности в работе.

### 13.6. Обеспечение бесперебойной и надежной работы контактной сети в сложных метеорологических условиях

Контактная сеть, работающая на открытом воздухе, подвергается воздействию ветра, гололеда, грозových перенапряжений и т.п. При воздействии ветра на контактную сеть происходит отклонение контактного провода от нормального положения, что может привести к сходу его с полоза токоприемника и, следовательно, к срыву струн, поломке токоприемника, а иногда и к обрыву контактного провода. Кроме того, при ветре значительно повышается нажатие токоприемника на контактный провод. Чаще эти случаи происходят в местах, не защищенных от воздействия ветра: на высоких насыпях, в степных районах, при пересечениях рек и оврагов. Воздействия ветра на контактную сеть рассмотрены в главе 4. Для устойчивой работы контактной сети в этих условиях на основе метеорологических наблюдений с учетом рельефа и особенностей местности разрабатывают специальные организационно-технические мероприятия. При этом учитывают опыт эксплуатации предшествующих лет на данной и других дистанциях электроснабжения.

Чтобы контактная сеть обеспечивала бесперебойность движения поездов в условиях ветровых воздействий, необходимо выявлять ветровые участки, соблюдать требуемые натяжения проводов, проектные расстояния от контактного провода до расположенных над ним устройств, размеры зигзагов у опор и выносов проводов в пролете, а также выполнять меры повышения ветроустойчивости контактной сети.

Наиболее опасным для контактной сети является образование гололеда на ее проводах и устройствах. *Гололед* откладывается одновременно на большом протяжении, что осложняет его ликвидацию. Для борьбы с этим явлением применяют профилактический подогрев, электрическую плавку, механические и химические средства. При профилактическом подогреве для предотвращения образования гололеда необходима плотность тока  $2,5\text{--}3,5\text{ А/мм}^2$ , а для оплавления уже образовавшегося гололеда —  $6,5\text{--}8\text{ А/мм}^2$ .

На линиях переменного тока применяют электрические схемы для плавки гололеда без прекращения движения поездов. Для этого на одной из подстанций питающие линии включают на контактную сеть каждого пути (на двухпутных участках) от разных фаз *A* и *B*,

на соседней подстанции соединяют контактную сеть обоих путей между собой. В результате от одной фазы к другой проходит ток независимо от движения электропоездов. Электроснабжение ЭПС осуществляется, как и обычно, с использованием фазы *C*. Для плавки по одному пути собирают схему через подстанцию с включением встречно разных фаз (рис. 13.15, *a*).

На линиях постоянного тока для плавки гололеда используют схему, при которой ток проходит от плюсовой шины к минусовой (13.15, *б*). Недостаток этой схемы в том, что она требует прекращения движения поездов.

Более прогрессивной является схема профилактического подогрева контактной сети постоянного тока без прекращения движения поездов с использованием прогревочного агрегата (рис. 13.16). Для этого плюсовой вывод прогревочного агрегата подключают к подвеске I пути, а минусовый — к подвеске II пути. Для электроснабжения ЭПС используют рабочий агрегат, подключаемый только к подвеске одного пути. Ток подогрева складывается из рабочего и прогревочного токов.

Механическое удаление гололеда с контактных проводов осуществляют несколькими способами. Наиболее эффективной является гололедоочистительная установка МОГ-1, установленная на

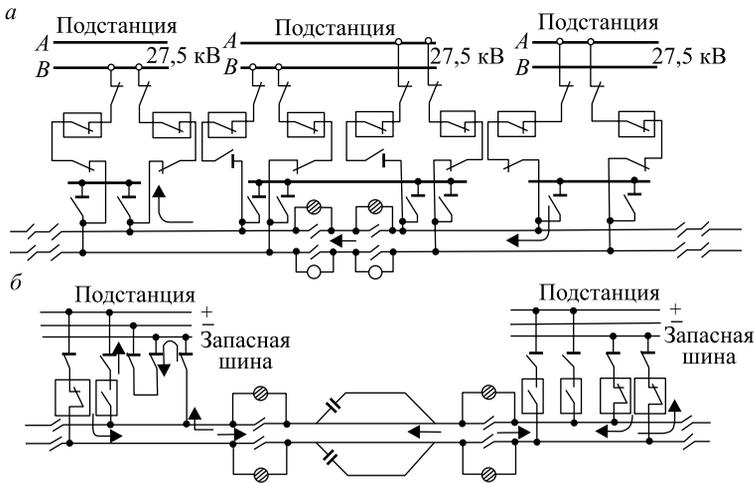


Рис. 13.15. Схема плавки гололеда на участках переменного (*a*) и постоянного (*б*) тока

изолированной вышке автотрисы или дрезины. Она состоит из барабана, смонтированного на наклонной раме, и приводится в работу бензоэлектрическим агрегатом АБ-4Т/230. На барабанах закреплены круглые стальные прутки, которые при вращении барабана ударяют по рабочей части контактного провода и обивают гололед. В пределах рабочей высоты обеспечивается нажатие 100—150 Н.

Гололед счищают при скорости движения 20—60 км/ч в зависимости от его толщины и плотности. Раму располагают наклонно в сторону, противоположную движению, чтобы предотвратить недопустимое поджатие провода.

В районах с особо интенсивным гололедом толщиной более 15 мм применяют двухбарабанную установку МОГ-2, в которой совмещение двух барабанов на одной раме повышает эффективность очистки.

Установки МОГ-6, МОГ-7 (рис. 13.17) имеют двухбарабанную конструкцию, они выполнены на телескопическом подъемнике с изолирующим валом и монтируются на автотрисе или на прицепной платформе. В транспортном положении барабаны находятся

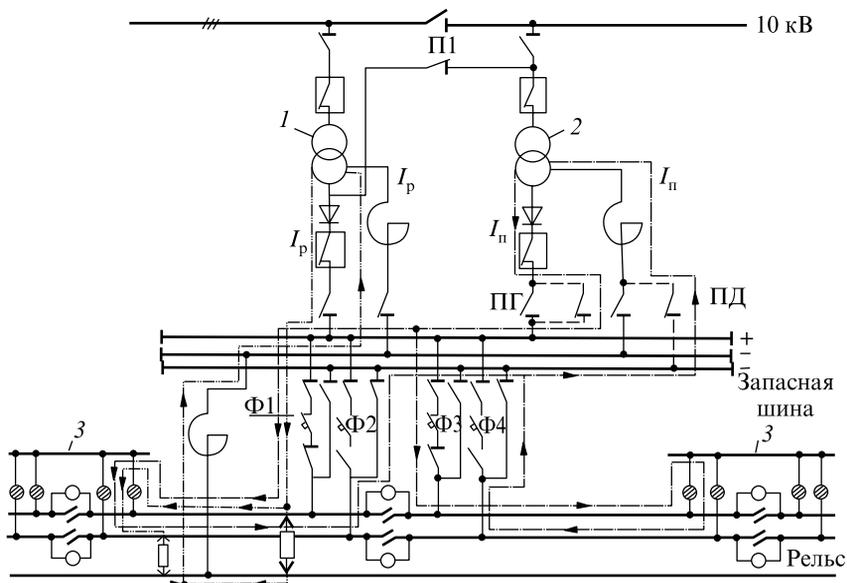


Рис. 13.16. Схема профилактического подогрева контактной сети постоянного тока без прекращения движения поездов: 1 и 2 — рабочие и прогревочный агрегаты; 3 — пост секционирования

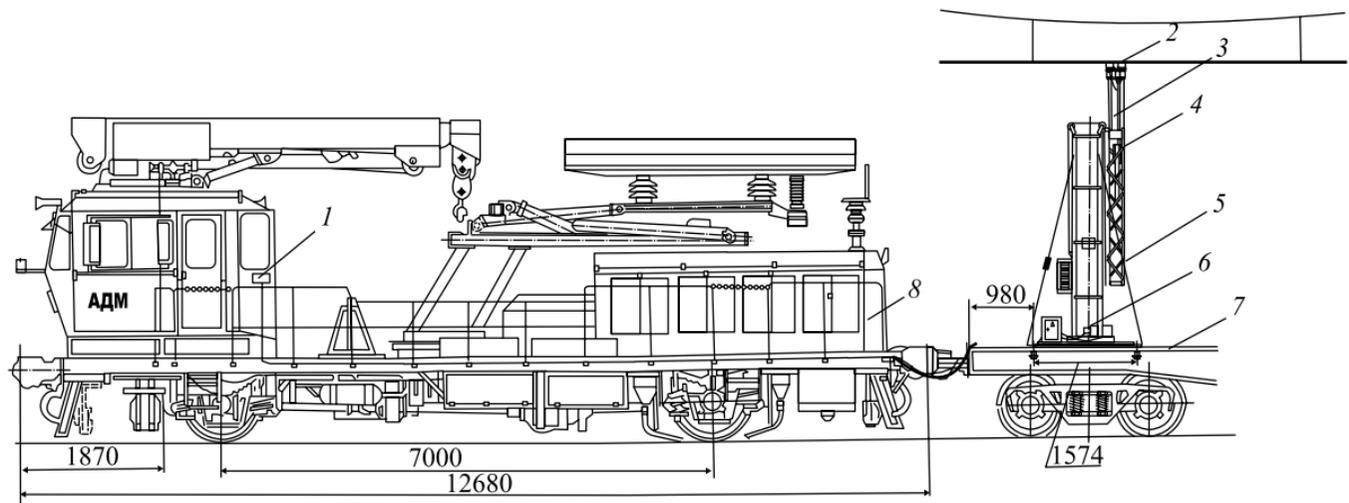


Рис. 13.17. Устройство для очистки гололеда с контактного провода (МОГ-7): 1 — пульт управления; 2 — головка устройства МОГ-7; 3 — вставки изоляционные; 4 — электродвигатель вращения; 5 — рама подвижная; 6 — мотор-редуктор; 7 — железнодорожная платформа; 8 — автоматриса АДМ

на высоте 4,66 м от уровня головки рельса, а при работе в пределах рабочей высоты контактного провода — на высоте 5,55—6,8 м, обеспечивая нажатие в пределах 70—200 Н.

Гололед небольшой толщины (2—3 мм) можно счищать токоприемниками с вибрационной установкой при движении со скоростью до 40 км/ч. Это устройство монтируют вместо полоза на переднем по ходу токоприемнике электровоза. Вибрационный полоз состоит из двух уголков, выгнутых по форме нормального полоза. Под действием сжатого воздуха уголки вибрируют и сбивают гололед с рабочей поверхности контактного провода. В последнее время применяют пневмовибраторы.

В качестве противогололедной смазки для токоприемников ЭПС и разъединителей контактной сети используют смазку ЦНИИ-КЗ. Разъединители покрывают этой смазкой перед наступлением каждого гололедного сезона, т.е. 2 раза в год: в конце осени и перед концом зимы. Срок работы этой смазки в зависимости от сопутствующих метеорологических условий составляет 30—45 суток.

Опыт эксплуатации электрифицированных участков, расположенных в гололедных районах, показывает целесообразность совместного применения электрических и механических способов борьбы с гололедом. Благодаря совместному использованию плавки гололеда и установок по механической очистке сокращается время, необходимое для его удаления. В начале плавки поднимают температуру контактного провода выше 0 °С и расплавляют прилегающие к проводу слои гололеда, после чего гололедные образования теряют сцепление с контактным проводом и легко удаляются виброустановками и полозами токоприемников ЭПС.

Хороший эффект достигается также при совместном применении химических и механических средств борьбы с гололедом. Поверхностная пленка противогололедной смазки значительно снижает силу сцепления гололеда с проводом, что облегчает условия очистки.

Для предотвращения гололеда эффективны также лесопосадки вдоль железнодорожного полотна, которые не только снижают силу воздействия ветра на цепную подвеску, но и уменьшают отложения.

Для восстановления контактной сети, воздушных и кабельных линий используются *аварийно-восстановительные средства*.

В районах контактной сети и в районах электроснабжения используются автотрисы или дрезины с подъемными рабочими площадками, четырехосные платформы, автолетучки и изолирующие

съемные вышки. При этом места хранения изолирующих съемных вышек определяются руководством дистанции электроснабжения. Перечень мест хранения должен находиться в районе контактной сети и у энергодиспетчера дистанции электроснабжения.

В одном из районов контактной сети дистанции электроснабжения должны быть: котлованокопатель или бурильная установка, автомотриса с краном и подъемной изолирующей рабочей площадкой, четырехосная платформа и на дистанции электроснабжения — автокран.

Для проведения восстановительных работ должны использоваться автомотрисы, дрезины, автомашины, краны и другие технические средства дистанции электроснабжения, а по решению руководства отделения железной дороги или управления железной дороги привлекаются технические средства и рабочая сила восстановительных поездов, строительных и электромонтажных (энергомонтажных) поездов.

Восстановительные автомотрисы, дрезины должны быть оборудованы радиостанциями поездной радиосвязи с учетом диапазона частот, принятых на участке железной дороги; системой безопасности для специального самоходного подвижного состава\* (ССПС) II категории КЛУБ-П и в последнее время — КЛУБ-УП; а также носимыми радиостанциями, которыми на время проведения восстановительных работ оснащаются сигналисты и руководитель восстановительных работ. При необходимости, по указанию руководства дистанции электроснабжения, автомотрисы оснащаются переносными телефонными аппаратами в комплекте с катушкой полевого кабеля, а также комплектом ключей от телефонов перегонной связи. Автолечушки оборудуются радиостанциями.

Районы контактной сети должны быть оснащены стационарными радиостанциями для радиосвязи с энергодиспетчером.

Место нахождения аварийно-восстановительных средств устанавливается начальником дистанции электроснабжения.

Не допускается выезд с места постоянной стоянки аварийно-восстановительных средств дистанции электроснабжения без разрешения энергодиспетчера.

---

\*Специальный самоходный подвижной состав — мотовозы, дрезины, специальные автомотрисы для перевозки необходимых для производства работ материалов или доставки работников предприятий ОАО «РЖД» к месту работы, железнодорожные машины, имеющие автономный двигатель с тяговым приводом в транспортном режиме.

За исправное состояние аварийно-восстановительных средств, использование их по назначению, за наличие топлива для автомотрис, дрезин и автолетучек, сбор бригады и готовность к выезду аварийно-восстановительных средств района контактной сети отвечает начальник района контактной сети.

Не допускается постановка железнодорожного подвижного состава на пути постоянной стоянки аварийно-восстановительных средств районов контактной сети, а также перекрытие стоящим железнодорожным подвижным составом маршрута их выезда.

Для ведения восстановительных работ на контактной сети, воздушных и кабельных линиях в районах контактной сети и на аварийно-восстановительных средствах дистанций электроснабжения, а также, при необходимости, на восстановительных поездах железных дорог создается аварийно-восстановительный запас материальных ценностей (основных материалов и оборудования), защитные средства, монтажные приспособления и комплект инструмента.

Перечень и нормы аварийно-восстановительного запаса материальных ценностей (основных материалов и оборудования), законсервированного для применения при восстановительных работах на контактной сети, высоковольтных линиях электроснабжения устройств СЦБ, должны учитывать конструктивные особенности контактной сети, воздушных и кабельных линий. Конкретные нормы аварийно-восстановительного запаса с указанием типа и количества для каждого района контактной сети утверждаются руководством дистанции электроснабжения.

### **13.7. Восстановление контактной сети**

В процессе эксплуатации возникают нарушения нормальной работы устройств контактной сети, которые вызывают перерыв в движении поездов или создают препятствие пропуску электропоездов, требуя уменьшения скорости или следования с опущенными токоприемниками. Организация и очередность восстановительных работ зависят от вида и характера нарушения, но они должны быть подчинены одной цели — быстрее восстановить движение поездов.

Быстрота восстановления контактной сети во многом зависит от правильно разработанной последовательности всего хода работ, а также от квалификации и инициативы работников, устраняющих

повреждение. Первостепенную роль в организации работ и ускорении хода восстановления играет энергодиспетчер и руководитель восстановительных работ. Они оценивают характер и размер повреждения и принимают решения по созданию временных упрощенных схем питания и секционирования контактной сети. Устранение нарушений в основном сводится к временному восстановлению поврежденных конструкций, проводов и изоляции для быстрого открытия движения электропоездов, в некоторых случаях с ограничением скорости или с опущенными токоприемниками. Полностью контактную сеть с необходимой регулировкой восстанавливают после открытия движения поездов под напряжением или в «окна».

Для пропуска поездов с опущенными токоприемниками очень важно правильно оценить расстояния, которые могут быть пройдены ЭПС по инерции в зависимости от профиля пути и типа эксплуатируемого ЭПС, наличия остановочных пунктов и станций. Поэтому заблаговременно по участкам делают пробные поездки и на планах контактной сети отмечают участки, где можно производить работы по восстановлению в расчете на пропуск поездов с опущенными токоприемниками. В большинстве случаев при повреждениях контактной сети в одном месте на длине одного пролета между опорами такой пропуск может быть возможен. При больших размерах повреждения для определения длины проходимого по инерции участка ЭПС при электровозной и моторвагонной тяге с опущенными токоприемниками можно руководствоваться данными табл. 13.4.

Во время пропуска поездов с опущенными токоприемниками применяют временные сигнальные знаки об опускании токоприемника (см. рис. 9.17). В случае внезапного обнаружения повреж-

Таблица 13.4

Начальная скорость, км/ч	Протяженность участков проследования по инерции, км, для разного уклона (-) или подъема (+)									
	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16
40	1,6	1,2	1,1	0,98	0,85	0,67	0,55	0,47	0,41	0,36
50	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	0,87	0,74	0,65	0,57
60	2,1	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	0,94	0,83
70	2,3	2,3	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
80	2,6	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,5
90	2,9	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,8

дения, требующего опускания токоприемника, подают ручной сигнал «*Опустить токоприемник*» днем повторными движениями правой руки перед собой по горизонтальной линии при поднятой вертикально левой руке и ночью повторными вертикальными и горизонтальными движениями фонаря с прозрачно-белым огнем.

При двойной тяге машинист первого локомотива подает звуковой сигнал об опускании токоприемника: чередующиеся два длинных и два коротких сигнала, машинист второго локомотива повторяет этот сигнал и опускает токоприемник.

Наиболее тяжелые последствия вызывают повреждения опор при выходе за габарит грузов, сходе подвижного состава с рельсов и т.п. *Восстановление опор* требует длительного времени. Поэтому в зависимости от типа и конструкции заменяемых опор применяют ускоренные способы восстановления. Для временного восстановления на дистанциях электроснабжения имеется комплект опор с переходными плитами или другими конструкциями, позволяющими быстро установить опору на сохранившийся фундамент или ее подземную часть. Используют также специальный комплект временных опор контактной сети с упрощенным основанием («фундаментом») (рис. 13.18), устанавливая их способом падающей стрелы (рис. 13.19).

Применяют также в качестве временных деревянные опоры (рис. 13.20) с небольшим заглублением до 1,5—2,0 м и креплением на растяжках или устанавливают их в сруб поврежденной круглой железобетонной опоры непосредственно (рис. 13.21, *а*) или с применением «стаканного фундамента» (рис. 13.21, *б*). Оттяжки в грунт крепят на анкере спирального типа или из угловой стали.

Для быстрого восстановления опор контактной сети используют специальные блочные фундаменты (рис. 13.22) с объемом бетона 3,15 м<sup>3</sup> и массой 7 т. Такой фундамент устойчив и позволяет устанавливать опоры без выполнения земляных работ.

Для временного крепления контактной сети в случаях повреждения опор используют, исходя из местных условий, всевозможные другие средства: деревья, откосы скал, стрелы кранов, здания и т.п.

На каждый случай повреждения начальник района контактной сети составляет акт установленной формы, в котором подробно описывает обстоятельства и причины повреждения с приложением необходимых схем и чертежей.

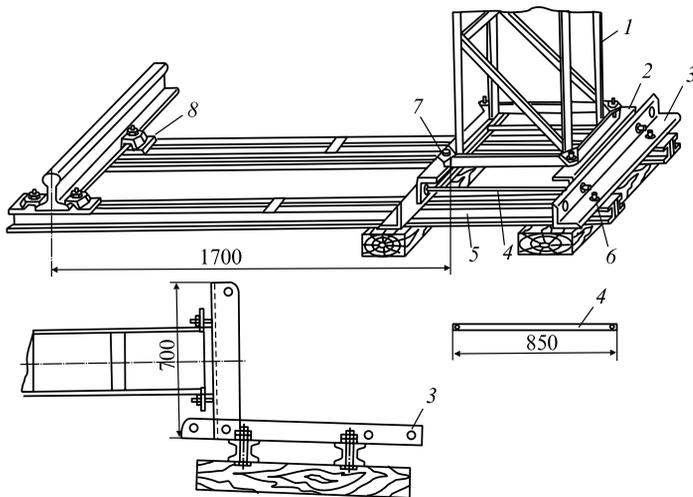


Рис. 13.18. Конструкция «фундамента» с креплением за рельс: 1 — металлическая опора; 2 и 3 — верхний и нижний уголки; 4 — крепежный стержень; 5 — рама; 6 и 7 — рамный и опорный болты; 8 — подкладка

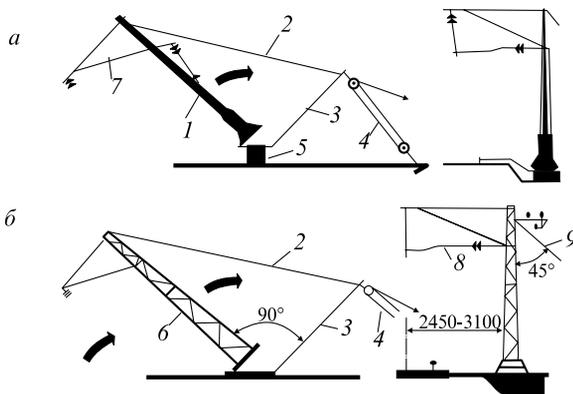


Рис. 13.19. Схемы установки опор временного восстановления с применением падающих стрел: *a* — деревянной опоры; *б* — металлической: 1 — временная деревянная опора; 2 — тросовая тяга; 3 — падающая стрела; 4 — блоки-полиспасты; 5 — стаканый фундамент в теле поврежденной железобетонной опоры; 6 — временная металлическая опора; 7 — консоль; 8 — фиксатор; 9 — тросовая оттяжка

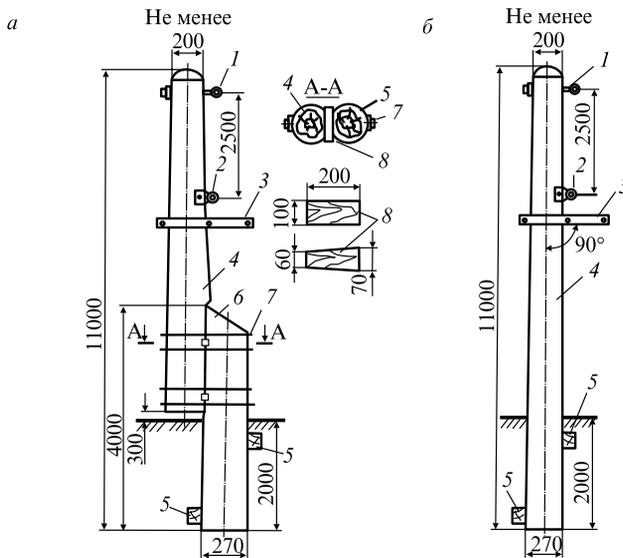


Рис. 13.20. Временная деревянная опора с приставкой (а) и без нее (б): 1 — штанга с ушком для тяги консоли; 2 — пята консоли; 3 — кронштейн фиксаторный; 4 — столб деревянный; 5 — лежень; 6 — приставка деревянная; 7 — стяжная шпилька; 8 — шпонка дубовая

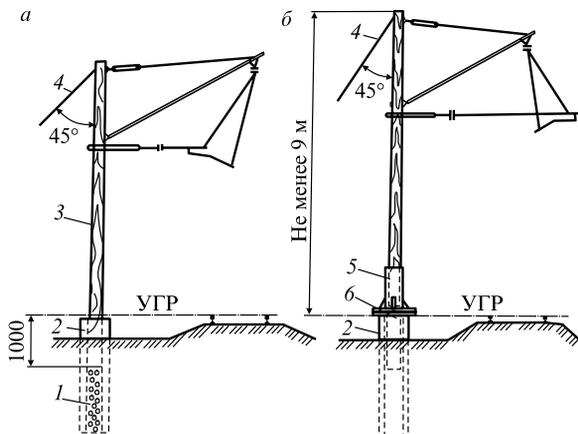


Рис. 13.21. Схемы установки деревянных опор в сруб железобетонной опоры непосредственно (а) и с помощью стаканного фундамента (б): 1 — засыпной грунт; 2 — сруб железобетонной опоры; 3 — деревянная опора; 4 — оттяжка; 5 — основание опоры; 6 — закладной фундамент

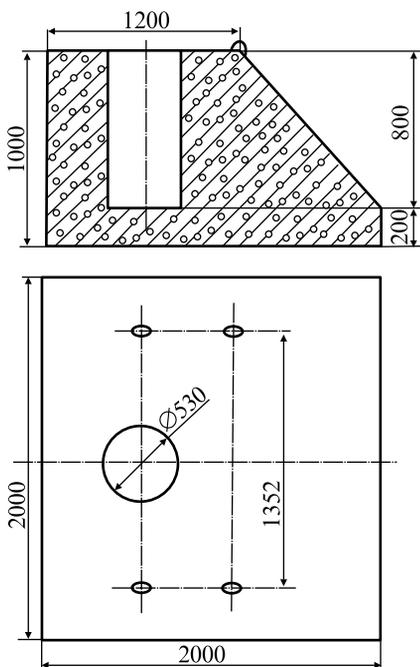


Рис. 13.22. Блочный фундамент

Все нарушения нормальной работы контактной сети расследуются руководителем дистанции электроснабжения. При отказе в работе из-за дефектности одного из узлов или по причине некачественного выполнения работы повреждение квалифицируется как брак в работе, если перерыв в движении составил хотя бы по одному пути более 60 мин.

На основании результатов расследования намечают мероприятия для предотвращения повторения подобных случаев и повышения надежности работы устройств контактной сети, которые учитывают при проведении текущего и капитального ремонтов, а также при электрификации новых линий. На основе анализа повреждаемости контактной сети на железных

дорогах и в целом по сети железных дорог ЦЭ ОАО «РЖД» разрабатывает ежегодно мероприятия, направленные на повышение надежности работы контактной сети. Этими мероприятиями предусматривается выполнение работ, направленных на повышение:

- ветроустойчивости контактной сети (установка жестких распорок, ветровых струн, ограничителей подъема фиксаторов, подковок к изолированным консолям, аэродинамических гасителей);
- изоляции контактной сети (дополнительная изоляция в местах повышенного загрязнения и гнездования птиц, замена изоляторов);
- надежности опорных устройств (монтаж диодных заземлителей, нейтральных вставок и др.);
- устойчивости проводов от пережогов (защита от пережогов на воздушных промежутках, замена старотипных и низконадежных конструкций и узлов, расширение и совершенствование методов борьбы с гололедом и автоколебаниями проводов, установка дополнительных электрических соединителей) и др.

### 13.8. Вертикальная регулировка контактных проводов

Для регулировки контактного провода по высоте разработаны монтажные таблицы. В табл. 13.5 в качестве примера приведена монтажная таблица полукомпенсированной цепной подвески ПБСМ-70+МФ-100 с рессорными струнами при длине эквивалентного пролета 70 м (рис. 13.23).

Стрелы провеса контактных проводов для компенсированных подвесок в зависимости от длины пролета, а для проводов полукомпенсированных подвесок также и в зависимости от среднегодовой температуры и температуры воздуха при регулировке должны соответствовать значениям, приведенным в монтажных таблицах и

Таблица 13.5

Монтажная таблица стрел провеса

Параметры	Длина пролета, м	Значение параметров при температуре воздуха, °С								
		-30	-20	-10	0	10	20	30	40	
Стрелы провеса, см	65									
$F$		62	66	70	74	78	83	88	93	
$f$		-5	-3	-1	1	3	5	7	10	
$h$		-5	-3	-1	1	3	6	9	11	
$F$	70	72	76	80	85	90	96	101	107	
$f$		-6	-4	-2	1	4	7	9	12	
$h$		-5	-3	-1	1	3	6	9	12	
Напряжение несущего троса, кН	—	13,9	12,8	11,8	10,8	9,9	9,1	8,3	7,6	

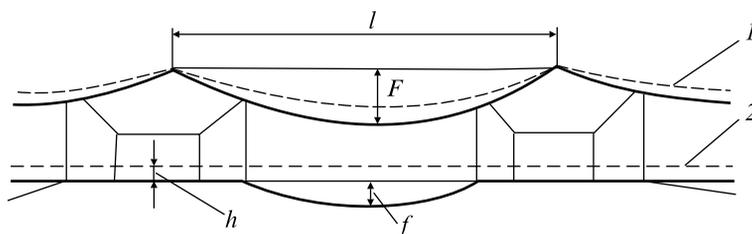


Рис. 13.23. Схема регулировки полукомпенсированной подвески с рессорными струнами:  $F$  и  $f$  — стрелы провеса несущего троса и контактного провода;  $h$  — изменение высоты контактного провода у опоры;  $l$  — положение несущего троса при беспровесном положении контактного провода; 2 — беспровесное положение контактного провода;  $l$  — длина пролета

Инструктивных указаниях по регулировке контактной сети. Вертикальную регулировку полукompенсированной подвески проводят с учетом температуры воздуха.

Стрелы провеса компенсированной рессорной подвески с одним контактным проводом приведены на рис. 13.24, *a* и в табл. 13.6.

Стрелы провеса компенсированной подвески с двумя контактными проводами приведены на рис. 13.24, *б* и в табл. 13.7.

Таблица 13.6

Стрелы провеса контактного провода при любой температуре (рис. 13.24, *a*)

Длина пролета $L$ , м	Размер $b$ , см	Стрелы провеса $f$ , см			
		на перегонах до 160 км/ч в пролетах		на перегонах и станциях до 90 км/ч в пролетах	
		промежуточных	переходных	промежуточных	переходных
40	40	2	-3	1	-2
50	42	3	-2	2	-1
60	45	4	-2	3	-1
70	50	5	-2	4	-1

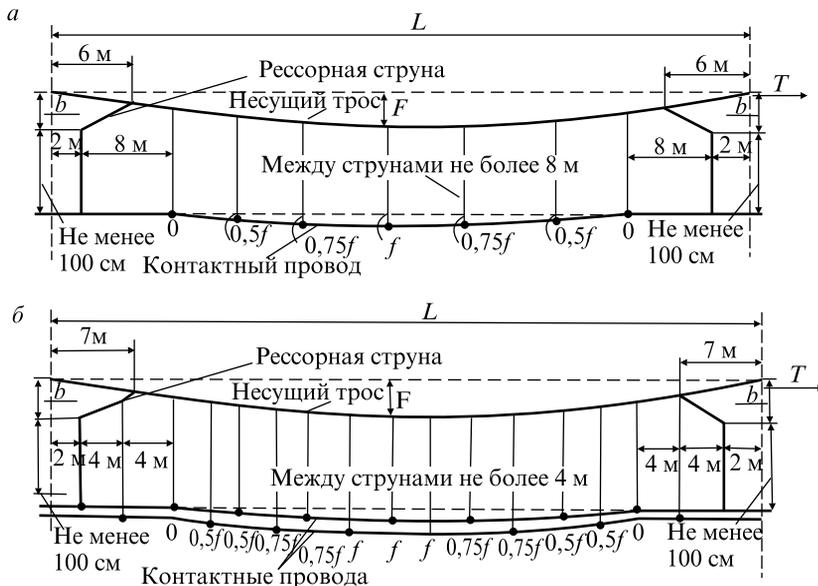


Рис. 13.24. Схема промежуточного пролета компенсированной рессорной подвески с одним (*a*) и двумя (*б*) контактными проводами

Стрелы подвеса контактного провода при любой температуре (рис. 13.24, б)

Длина пролета $L$ , м	Размер $b$ , см	Стрелы провеса $f$ , см			
		на перегонах до 160 км/ч в пролетах		на перегонах до 90 км/ч и станциях в пролетах	
		промежуточных	переходных	промежуточных	переходных
40	57	1	-3	0	-2
50	62	2	-2	1	-1
60	70	3	-2	2	-1
70	75	4	-2	3	-1

Стрелы провеса полукомпенсированной рессорной подвески с двумя контактными проводами приведены на рис. 13.25 и в табл. 13.8.

Сводные данные стрел провеса контактных проводов в середине промежуточного и переходного пролетов в зависимости от их длины для компенсированных подвесок и при среднегодовой температуре для полукомпенсированных подвесок, приведены в табл. 13.9.

Отклонение от размеров стрел провеса должны быть для контактных проводов не более  $\pm 10$  мм, а для несущих тросов, проводов питающих, усиливающих, обратного тока и отсасывающих — не более  $\pm 50$  мм.

Отклонение фактических натяжений проводов и тросов от установленного монтажными таблицами и графиками в каждом пролете и при любой температуре окружающей среды не должно превышать  $\pm 10$  %.



Рис. 13.25. Схема промежуточного пролета полукомпенсированной подвески с двумя контактными проводами

Таблица 13.8

Стрелы провеса контактного провода при среднегодовой температуре  $-5...-0$  °С

Температура при регулировке, °С	Длина пролета $L$ , м	Размер $b$ , см	Стрелы провеса $f$ , см			
			на перегонах до 160 км/ч в пролетах		на перегонах до 90 км/ч и станциях в пролетах	
			промежуточных	переходных	промежуточных	переходных
-9...0	40	76	2	-3	0	-2
	50	81	2	-3	1	-2
	60	85	3	-3	2	-2
	70	92	4	-3	3	-1
+11... +20	40	79	3	-2	2	-1
	50	85	4	0	3	1
	60	93	6	1	5	2
	70	100	8	2	7	3

При регулировке проводов и тросов должны учитываться допустимые натяжения и максимальные стрелы их провеса при максимальной и минимальной температуре воздуха данного температурного района.

Таблица 13.9

## Сводные данные стрел провеса контактных проводов

Тип контактной подвески	Стрела провеса контактного провода в середине пролета, мм, при его длине, м							
	промежуточного				переходного			
	40	50	60	70	40	50	60	70
Компенсированная рессорная с улучшенными параметрами (КС-200) при скорости движения от 161 до 200 км/ч	В одном уровне без провеса контактных проводов в пролете							
Компенсированная и полукompенсированная рессорная (КС-160, КС-140 и КС-120) при скорости движения поездов от 91 до 160 км/ч	$\frac{20}{10}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{40}{30}$	$\frac{50}{40}$	$\frac{-30}{-30}$	$\frac{-20}{-20}$	$\frac{-20}{-20}$	$\frac{-20}{-20}$

Продолжение табл. 13.9

Тип контактной подвески	Стрела провеса контактного провода в середине пролета, мм, при его длине, м							
	промежуточного				переходного			
	40	50	60	70	40	50	60	70
Компенсированная и полукompенсированная рессорная (КС-140 и КС-120) при скорости движения поездов от 71 до 90 км/ч	$\frac{10}{0}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{40}{30}$	$\frac{-20}{-20}$	$\frac{-10}{-10}$	$\frac{-10}{-10}$	$\frac{-10}{-10}$
Полукompенсированная с простыми опорными струнами (КС-70) при скорости движения поездов до 70 км/ч	$\frac{30}{20}$	$\frac{40}{30}$	$\frac{50}{40}$	$\frac{70}{60}$	$\frac{10}{0}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{20}{20}$

Примечание. 1. В числителе — для одного контактного провода, в знаменателе — для двух.

2. Знак «-» означает отрицательную стрелу провеса контактного провода.

Таблица 13.10

**Натяжение компенсированного несущего троса**

Разновидности компенсированной подвески	Натяжение нагруженного несущего троса, кН	Марка троса	Натяжение ненагруженного несущего троса, кН
М-120 + МФ-100	16	М-120	13
М-120 + 2МФ-100	18		
М-120 + 2МФ-120	18		
М-95 + МФ-100	14	М-95	10
М-95 + 2МФ-100	15		
ПБСМ-95 + МФ-100	16	ПБСМ-95	13
ПБСМ-95 + 2МФ-100	18		
ПБСМ-70 + МФ-120	14	ПБСМ-70	10
ПБСМ-70 + 2МФ-100	15		
ПБСМ-70 + МФ-85	14		
ПБСА-50/70 + МФ-100	18	ПБСА-50/70	16

Примечание. Указанные в таблице данные для медных контактных проводов применимы также для низколегированных и бронзовых проводов того же сечения.

Монтаж, техническое обслуживание и ремонт некомпенсированных проводов и тросов должны производиться с инструментальным измерением натяжения и проверкой соответствия стрел провеса монтажным таблицам. Максимальное натяжение ( $T$ ) некомпенсированного несущего троса в любой точке анкерного участка не должно превышать 10 % значений, указанных в табл. 13.10 для компенсированного соответствующих подвесок и марки троса.

### **13.9. Контрольные вопросы**

1. Какая структурная схема обслуживания устройств контактной сети принята на дорогах?
2. Что входит в состав технического обслуживания контактной сети?
3. По какому принципу оценивают состояние контактной сети по балльной системе?
4. Что входит в состав текущего ремонта контактной сети?
5. Какие имеются методы обслуживания контактной сети?
6. Какие имеются методы выявления дефектных изоляторов?
7. В чем сущность плавки гололеда?
8. Какие методы применяются при восстановлении поврежденной контактной сети?
9. Какие должны быть аварийные средства восстановления, их размещение и укомплектование?
10. Как производится ремонт и обновление контактной сети?
11. Какие имеются приборы диагностики и каково их назначение?
12. Как проводится диагностика опор контактной сети?
13. Какая диагностика изоляторов проводится перед их установкой и в процессе эксплуатации?
14. Как проводится вертикальная регулировка контактного провода?

### **13.10. Практические занятия № 7—11 по теме:**

#### **Проверка технического состояния и регулировка узлов контактной сети**

1. Регулировка и ремонт цепной контактной подвески.
2. Проверка технического состояния и регулировка:
  - воздушных стрелок на обыкновенном стрелочном переводе;
  - то же на перекрестном стрелочном переводе;
  - на неизолирующем сопряжении анкерных участков;
  - на изолирующем сопряжении анкерных участков на участках постоянного тока;
  - то же на участках переменного тока;
  - рогового разрядника постоянного и переменного тока;
  - ограничителя перенапряжения постоянного и переменного тока.
3. Диагностика изоляторов перед установкой.
4. Диагностика изоляторов, находящихся в эксплуатации на участках постоянного и переменного тока.
5. Балльная оценка состояния контактной сети.
6. Узлы временного восстановления контактной сети.

---

---

## Глава 14. Механические расчеты простых и цепных контактных подвесок

### 14.1. Уравнение провисания свободно подвешенного провода

Если провод с постоянной площадью сечения подвесить между двумя точками, расположенными на одном уровне, то под действием равномерно распределенной по его длине нагрузки от веса провод примет очертание цепной линии (рис. 14.1). Жесткость проводов и тросов сказывается только при небольших (порядка нескольких метров) расстояниях между точками их провеса. В больших пролетах жесткостью проводов и тросов пренебрегают и рассматривают их как гибкие нити.

Расстояние по горизонтали между точками подвеса  $A$  и  $B$  называют *пролетом* и обозначают буквой  $l$ . Расстояние по вертикали в середине пролета между проводом и прямой  $AB$ , соединяющей точки подвеса, называют *стрелой провеса* и обозначают буквой  $f$ . Обе величины измеряют в метрах.

Усилие, действующее вдоль провода, называют *натяжением* и обозначают буквой  $T$ . Натяжение в проводах, рассматриваемых

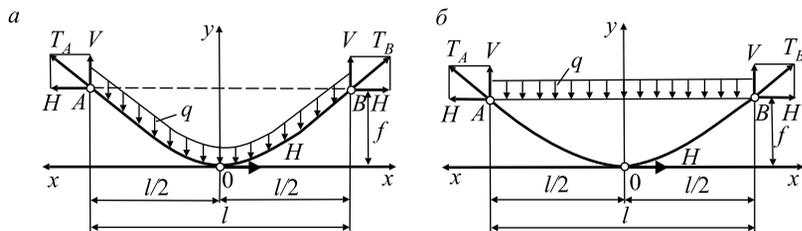


Рис. 14.1. Провисание провода в пролете:  
 $a$  — цепная линия;  $b$  — парабола

как гибкие нити, которые не могут воспринимать изгибающие моменты, обусловлено только растяжением и направлено по касательной и кривой провисания нити в рассматриваемой точке пролета. Натяжение в низшей точке кривой провисания проводов будет направлено горизонтально, его обозначают буквой  $H$ .

При расчетах гибких нитей с малыми стрелами провеса считают, что вертикальная нагрузка распределена равномерно не по длине самой нити (см. рис. 14.1, *a*), а по горизонтальной проекции нити (см. рис. 14.1, *b*); нить с такой нагрузкой провисает по параболе. Такое допущение вызывает малые погрешности и в то же время дает возможность значительно упростить расчет.

Натяжение провода  $T$  изменяется в пролете от наименьшего значения  $T = H$  в низшей точке провеса провода до наибольшего значения у опор, равного

$$T_A = T_B = \sqrt{H^2 + V^2}.$$

Так как  $V = 0,5 ql$ , то

$$T_A = T_B = H \sqrt{1 + \left(\frac{ql}{2H}\right)^2}.$$

Провода и тросы контактных сетей железных дорог представляют собой гибкие нити, имеющие малые стрелы провеса по отношению к длине пролета. В таких нитях значение максимального натяжения  $T$  мало отличается от натяжения нити  $H$ . Если, например,  $f/l = 1/40$ , то разница в натяжении будет составлять всего 0,5 %. Поэтому при расчете нитей с малыми стрелами провеса (их еще иногда называют пологими нитями) часто считают, что натяжение нити постоянно и равно  $H$ .

Силу, действующую на единицу площади сечения провода, называют *напряжением* и обозначают буквой  $\sigma$ . Согласно определению  $\sigma = H/S$  (здесь  $S$  — площадь сечения провода).

Представим гибкую нить с опорами, расположенными на одном уровне, нагруженную произвольной вертикальной нагрузкой, распределенной по длине горизонтальной проекции нити (рис. 14.2, *a*). Показанные на этом рисунке реакции определим на основании уравнений статики. Так, сумма проекций всех сил на горизонтальную ось  $\Sigma_x = H_A + H_B = 0$ , откуда следует  $H_A + H_B = H$ .

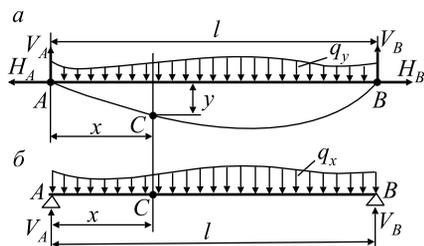


Рис. 14.2. Расчетные схемы гибкой нити: *a* — нагруженной произвольной вертикальной нагрузкой; *б* — балочные реакции

Из вышеприведенных уравнений получим соответственно:

$$V_A = \frac{\Sigma M_{qB}}{l}; \quad V_B = \frac{\Sigma M_{qA}}{l}.$$

В случае определения реакций балки, показанной на рис. 14.2, *б*, нагруженной точно так же, как нить, и имеющей такой же пролет, получены такие же реакции. Таким образом, вертикальные составляющие опорных реакций нити равны опорным реакциям в простой балке *AB*, нагруженной точно так же, как заданная нить. Подобные реакции будем в дальнейшем называть балочными.

Рассмотрим некоторое сечение нити в точке *C* на расстоянии *x* от левой опоры. Ордината этого сечения равна *y* (см. рис. 14.2, *a*). Поскольку нить предполагается абсолютно гибкой, момент всех сил, действующих на нее по одну сторону от сечения, должен равняться нулю, т.е.

$$M_x - Hy = 0,$$

где  $M_x$  — сумма моментов всех вертикальных сил (включая и опорную реакцию), расположенных левее сечения *C*;

*H* — натяжение нити;

*y* — провес нити в точке *C*.

Момент  $M_x$  представляет собой не что иное, как изгибающий момент  $M_x^b$  в соответствующем сечении простой балки. Подобные моменты будем в дальнейшем называть балочными. Уравнение может быть переписано в виде  $M_x = Hy$ , откуда имеем

$$y = M_x / H.$$

Эта формула представляет уравнение *провисания гибкой нити*. С помощью этого уравнения можно найти провес нити в любом ее

Суммы моментов всех сил относительно опор *B* и *A*:

$$\Sigma M_B = V_A l - \Sigma M_{qB} = 0;$$

$$\Sigma M_A = V_B l - \Sigma M_{qA} = 0.$$

В этих уравнениях  $\Sigma M_{qB}$  и  $\Sigma M_{qA}$  — моменты действующих на нить всех внешних заданных сил  $q_x$  относительно опор *B* и *A*.

сечении, можно также определить натяжение нити, если известен ее провес в каком-то сечении:

$$H = M_x / y.$$

Рассмотрим одну из наиболее распространенных задач в теории гибких нитей — задачу об определении стрелы провеса и натяжения симметричной нити от нагрузки  $q$ , равномерно распределенной по всему пролету (рис. 14.3, а). Для этого случая балочные реакции  $V_A$  и  $V_B$  равны (рис. 14.3, б), т.е.  $V_A = V_B = 0,5 q$ .

Балочный изгибающий момент  $M_x$  в сечении нити на расстоянии  $x$  от опоры А

$$M_x = V_A x - qx \frac{x}{2} = \frac{ql}{2} x - \frac{qx^2}{2} = \frac{qx(l-x)}{2}.$$

Подставив это значение  $M_x$ , получим уравнение провисания (равновесия) свободно подвешенного провода:

$$y = \frac{qx(l-x)}{2H}.$$

Для  $x = 0,5 l$  величина  $y = f$ . Тогда  $f = \frac{ql^2}{8H}$  или  $H = \frac{ql^2}{8f}$ .

Подставив это значение  $H$  в уравнение провисания, получим

$$y = \frac{4fx(l-x)}{l^2}.$$

Длина провода в пролете может быть определена по формуле длины параболы. Длина отрезка одной ветви параболы от вершины  $O$  до точки с координатами  $(x, y)$

$$L_x = x + \frac{2}{3} \frac{y^2}{x}.$$

Для одной ветви параболы, изображенной на рис. 14.1, б, при  $x = 0,5 l$  и  $y = f$  получим

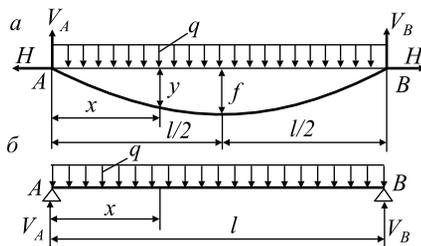


Рис. 14.3. Расчетные схемы гибкой нити: а — нагруженной равномерно распределенной по пролету нагрузкой; б — балочные реакции

$$L_{0,5l} = \frac{1}{2} + \frac{4}{3} \frac{f^2}{l};$$

длина обеих ветвей параболы, т.е. длина провода в пролете

$$L = l + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l}.$$

В некоторых случаях пользуются формулой для определения длины провода, в которую входит не стрела  $f$ , а величины  $q$  и  $H$ :

$$L = l + \frac{q^2 l^3}{24H^2}.$$

Выражение для расчета натяжения свободно подвешенного провода у опор:

$$T_{\max} = T_A = T_B = \frac{ql}{2} \sqrt{1 + \frac{l^2}{16f^2}}.$$

## 14.2. Натяжение и стрелы провеса провода при разных атмосферных условиях

Свободно подвешенный провод сохраняет данные ему при монтаже натяжение и стрелу провеса лишь до тех пор, пока не изменятся атмосферные условия, которые были при монтаже. С изменением температуры окружающего воздуха или изменением температуры самого провода вследствие уменьшения или увеличения протекающего по нему тока, а также при появлении дополнительных нагрузок от гололеда и ветра изменяются длина провода, его натяжение и стрелы провеса.

При проектировании ВЛ определяют натяжения и стрелы провеса проводов в различных условиях (режимах) их работы. Для решения этой задачи зависимость натяжений провода от температуры и нагрузки выражают в виде уравнения, называемого *уравнением состояния провода*.

Уравнение состояния свободно подвешенного провода позволяет определить натяжение провода  $H_x$  для любой температуры воздуха  $t_x$  и нагрузки на провод  $q_x$ , если известно натяжение провода  $H_1$  при температуре  $t_1$  и нагрузке  $q_1$ .

Для вывода уравнения состояния рассмотрим провод в одном пролете, т.е. в пролете с жестким закреплением провода в точках подвеса, расположенных на одинаковой высоте.

Для определения изменения длины провода  $\Delta L$  при переходе от одного состояния  $(t_1, q_1, H_1)$  к другому  $(t_x, q_x, H_x)$  воспользуемся формулой

$$\Delta L = L_x - L_1 = l + \frac{q_x^2 l^3}{24H_x^2} - l - \frac{q_1^2 l^3}{24H_1^2},$$

откуда имеем:

$$\Delta L = \frac{q_x^2 l^3}{24H_x^2} - \frac{q_1^2 l^3}{24H_1^2}.$$

Изменение длины провода может произойти вследствие упругих удлинений провода, вызванных изменением его натяжения на  $(H_x - H_1)$  и определяемых согласно закону Гука выражением  $l(H_x - H_1) / (ES)$ , а также вследствие температурных удлинений провода при изменении температуры на  $(t_x - t_1)$ , определяемых выражением  $l\alpha(t_x - t_1)$ . Здесь:

$E$  — модуль упругости провода;

$S$  — площадь поперечного сечения провода;

$\alpha$  — температурный коэффициент линейного расширения материала провода.

При определении упругих и температурных удлинений провода будем считать, что  $L = l$ . Такое допущение можно сделать, поскольку для обычно принимаемых пролетов и натяжений длина провода мало отличается от длины пролета.

Таким образом, при одновременном изменении натяжения провода и его температуры провод получит удлинение

$$\Delta L = l \frac{H_x - H_1}{ES} + l\alpha(t_x - t_1).$$

Приравняв значение  $\Delta L$  и сократив обе части уравнения на  $l$ , получим

$$\frac{q_x^2 l^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2 l^2}{24H_1^2} = \frac{H_x - H_1}{ES} + \alpha(t_x - t_1).$$

Уравнение имеет ясный физический смысл и в таком виде наиболее удобно для расчета. Левая сторона уравнения представляет собой полное относительное удлинение провода при переходе от одного режима температуры и нагрузки к другому, правая — сумму упругого и температурного относительных удлинений.

После переноса в левую часть всех исковых значений ( $H_x, q_x$ ) и алгебраических преобразований получим уравнение состояния провода в следующем виде:

$$H_x - \frac{q_x^2 l^2 ES}{24H_x^2} = H_1 - \frac{q_1^2 l^2 ES}{24H_1^2} - \alpha ES(t_x - t_1).$$

Этим уравнением можно пользоваться, полагая значения величин для режима с индексом 1 известными и определяя значения для режима с индексом  $x$ , или наоборот. При постановке значений отрицательных температур в последнее уравнение необходимо обязательно соблюдать правило знаков.

Величина  $t$  входит в уравнение состояния в первой степени. Поэтому для упрощения расчетов при построении монтажных кривых его часто приводят к виду

$$t_x = \frac{q_x^2 l^2}{24\alpha H_x^2} - \frac{q_1^2 l^2}{24\alpha H_1^2} - \frac{H_x H_1}{\alpha ES} + t_1,$$

откуда, выделяя в скобки величины, имеющие постоянное значение, получим

$$t_x = \left( t_1 - \frac{q_1^2 l^2}{24\alpha H_1^2} + \frac{H_1}{\alpha ES} \right) + \frac{q_x^2 l^2}{24\alpha H_x^2} - \frac{H_x}{\alpha ES}. \quad (14.1)$$

Это уравнение после подстановки в него известных величин будет иметь вид

$$t_x = A + B/H_x^2 - H_x/C,$$

где  $A, B, C$  — постоянные коэффициенты.

$$A = t_1 - \frac{q_1^2 l^2}{24\alpha H_1^2} + \frac{H_1}{\alpha ES}; \quad B = \frac{q_x^2 l^2}{24\alpha}; \quad C = \alpha ES.$$

Подставляя в уравнение различные значения  $H_x$ , взятые через произвольные интервалы (например, через 1 кН), получают соответствующие значения  $t_x$ . Эти значения должны быть в пределах заданного диапазона температур (от  $t_{\min}$  до  $t_{\max}$ ), по полученным значениям  $t_x$  строят кривую  $H_x(t_x)$ .

Соответствующие значения стрел провеса провода находят по формуле  $f_x = \frac{q_x l^2}{8H_x}$ . По полученным данным строят кривую  $f_x(t_x)$ .

### 14.3. Установление исходного расчетного режима

**Критический пролет.** Максимальное натяжение подвешенный провод в процессе эксплуатации может получить в режиме минимальной температуры ( $t_{\min}$ ) или в режиме наибольшей добавочной нагрузки ( $q_{\max}$ ) при гололеде и ветре или при максимальном ветре. Возникает вопрос, какой из этих режимов следует принимать в качестве исходного при расчете проводов и тросов.

Расчеты показывают, что соотношение натяжений проводов при различных температурах и дополнительных нагрузках в основном зависит от длины пролета. Рассмотрим зависимость натяжения провода от температуры и от нагрузки при малых и больших пролетах. Предположим, что длина пролета стремится к нулю; примем условно ее предельное значение  $l = 0$ , тогда уравнение состояния провода примет вид  $H_x = H_1 - \alpha ES(t_x - t_1)$ , откуда видно, что при малых пролетах изменения натяжения провода определяются в основном изменениями температуры и наибольшее натяжение будет иметь место в режиме минимальной температуры.

Если обе части уравнения разделить на  $l^2$ , то

$$\frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q^2}{24H_1^2} = \frac{H_x - H_1}{ESl^2} + \frac{\alpha(t_x - t_1)}{l^2}.$$

При больших пролетах величины этого уравнения, имеющие  $l^2$  в знаменателе, будут иметь небольшое значение, а при  $l = \infty$  обратятся в нули. В этом случае  $\frac{q_x^2}{24H_x^2} = \frac{q_1^2}{24H_1^2}$ . Решив это урав-

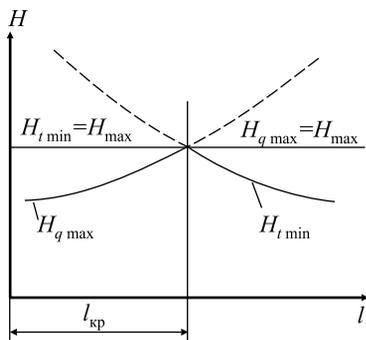


Рис. 14.4. Изменения натяжений провода  $H_{\max}$  и  $H_{\min}$  в зависимости от длины пролета

нение относительно  $H_x$  и проведя упрощения, имеем

$$H_x = \frac{q_x}{q_1} H_1, \text{ откуда следует,}$$

что при больших пролетах изменение натяжения провода зависит в основном от изменения нагрузки и наибольшее натяжение будет в режиме наибольшей добавочной нагрузки.

Очевидно, что между малыми пролетами, в которых наибольшее натяжение провода возникает при минимальной температуре, и большими пролетами, в которых наибольшее натяжение возникает при наибольшей добавочной нагрузке (гололед, ветер), должен находиться разграничивающий пролет (рис. 14.4), в котором натяжение провода достигает максимального допустимого значения как при минимальной температуре, так и при наибольшей нагрузке. Такой пролет называют *критическим*  $l_{\text{кр}}$ . Критический пролет можно найти из уравнения, если отнести в нем величины с индексом  $x$  к режиму наибольшей добавочной нагрузки, а величины с индексом  $1$  — к режиму минимальной температуры. Примем:

$q_x = q_{\max}$  — суммарная максимальная нагрузка на провод при гололеде и ветре или при максимальном ветре;

$t_x = t_{\max}$  — температура, при которой ведется расчет провода на дополнительные нагрузки;

$q_1 = q$  — нагрузка от веса провода;

$t_1 = t_{\min}$  — минимальная расчетная температура;

$H_x = H_1 = H_{\max}$  — максимальное допустимое натяжение провода. Тогда при  $l = l_{\text{кр}}$  получим

$$\frac{q_{\max}^2 l_{\text{кр}}^2}{24 H_{\max}^2} - \frac{q^2 l_{\text{кр}}^2}{24 H_{\max}^2} = \alpha (t_{q_{\max}} - t_{\min}).$$

Решая это уравнение относительно  $l_{\text{кр}}$ , найдем

$$l_{\text{кр}} = H_{\text{max}} \sqrt{\frac{24\alpha(t_{q_{\text{max}}} - t_{\text{min}})}{q_{\text{max}}^2 - q^2}}.$$

Как видно из полученной формулы, значение критического пролета зависит от климатических условий ( $t_{q_{\text{max}}}$ ,  $t_{\text{min}}$ ,  $q_{\text{max}}$ ), а также от физических свойств и максимального допустимого натяжения провода ( $\alpha$ ,  $g$ ,  $H_{\text{max}}$ ).

Определив критический пролет, сравнивают его с расчетным пролетом. Если расчетный пролет меньше критического, то исходным расчетным режимом будет режим минимальной температуры, если больше критического — режим наибольшей добавочной нагрузки.

**Критическая температура.** В некоторых случаях необходимо знать, в каком режиме стрела провеса будет иметь наибольшее значение: при гололеде или при максимальной температуре. При определенной температуре стрела провеса провода, находящегося под воздействием веса, достигнет такого же значения, как при наличии гололеда на проводе. Такую температуру называют *критической* и обозначают  $t_{\text{кр}}$ . Зная эту температуру и сопоставляя ее с наивысшей (расчетной) для данного района, можно решить, при каком режиме стрела провеса получит максимальное значение:

$$t_{\text{кр}} = t_{\Gamma} + \frac{H_{\Gamma}}{\alpha ES} \left( 1 - \frac{g}{g + g_{\Gamma}} \right),$$

где  $t_{\Gamma}$  — температура образования гололеда на проводе;

$H_{\Gamma}$  — натяжение провода при гололеде;

$g$  — нагрузка от веса провода;

$g_{\Gamma}$  — нагрузка на провод от гололеда.

В формулу не входит длина пролета. Следовательно, для рассматриваемого провода с заданными параметрами критическая температура будет одинаковой для пролетов различной длины, в которых  $H_{\Gamma}$  имеет одно и то же значение.

Если наивысшая температура в данном районе выше критической, то максимальная стрела провеса будет при наивысшей (максимальной) температуре; если наивысшая температура в данном районе ниже критической, то максимальная стрела провеса будет при гололеде (без ветра). В последнем случае для опреде-

ления высоты провода над землей или над сооружениями можно ограничиться вычислением стрел провеса при гололеде.

#### 14.4. Расчет проводов в анкерном участке

Анкерные участки состоят из нескольких пролетов различной длины. Если бы в точках подвеса провод имел жесткое закрепление, то натяжение и стрелы провеса провода в каждом из этих пролетов при изменении атмосферных условий изменялись бы по своему закону в зависимости от длины пролета. В действительности же промежуточные крепления провода выполняют так, что при появлении небольшой разности натяжений провода в смежных пролетах происходит смещение точек крепления вдоль анкерного участка (за счет наклона подвесной гирлянды изоляторов, поворота консолей и т.п.) и выравнивание натяжения провода по всему анкерному участку. Изменение натяжения в общем случае отличается от изменения натяжения в каждом отдельном пролете при неподвижных точках подвеса. Для каждого анкерного участка с любым сочетанием пролетов можно подобрать такой пролет, при котором изменение натяжения провода в нем будет происходить таким же образом, как в рассматриваемом анкерном участке.

*Эквивалентным пролетом* называют такой пролет, в котором при изменении температуры и дополнительной нагрузке натяжение провода будет изменяться по тому же закону, как и в анкерном участке при действительно имеющихся пролетах.

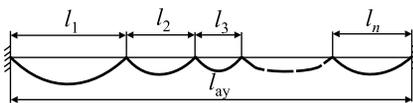


Рис. 14.5. Схема анкерного участка провода

Рассмотрим анкерный участок, состоящий из пролетов различной длины  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ , (рис. 14.5). Удлинение провода

в пролете  $l_i$  при изменении температуры и нагрузки от  $t_1$  и  $q_1$  до значений  $t_x$  и  $q_x$  может быть найдено из выражения

$$\Delta L = \frac{q_x^2 l_i^3}{24H_x^2} - \frac{q_1^2 l_i^3}{24H_1^2} = \left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) l_i^3.$$

Суммируя удлинение  $\Delta L$  во всех пролетах анкерного участка и принимая во внимание, что значения величин  $q$  и  $H$  будут одинаковыми для каждого пролета при каждом режиме, получим

$$\Sigma \Delta B = \left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) \Sigma l_i^3.$$

Разделив это выражение на  $\Sigma l$ , найдем относительное удлинение провода в данном анкерном участке:

$$\left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) \frac{\Sigma l_i^3}{\Sigma l_i}.$$

Приравняв это относительное удлинение сумме упругого и температурного относительных удлинений, получим

$$\left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) \frac{\Sigma l_i^3}{\Sigma l_i} = \frac{H_x - H_1}{ES} + \alpha(t_x - t_1).$$

Так как в эквивалентном пролете согласно его определению значения натяжений провода будут такими же, как и в рассматриваемом анкерном участке, то для эквивалентного пролета может быть составлено следующее уравнение:

$$\frac{q_x^2 l_3^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2 l_3^2}{24H_1^2} = \frac{H_x - H_1}{ES} + \alpha(t_x - t_1).$$

Приравнивая левые части этих выражений, найдем

$$\left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) \frac{\Sigma l_i^3}{\Sigma l_i} = \left( \frac{q_x^2}{24H_x^2} - \frac{q_1^2}{24H_1^2} \right) l_3^2,$$

откуда имеем:

$$\frac{\Sigma l_i^3}{\Sigma l_i} = l_3^2;$$

$$l_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}} = \sqrt{\frac{l_1^3 + l_2^3 + l_3^3 + \dots + l_n^3}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}}.$$

В общем виде формула для определения эквивалентного пролета имеет следующий вид:

$$l_{\text{э}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n l_i^2 / l_{\text{ay}}},$$

где  $l_i$  — длина пролета с номером;

$n$  — число пролетов в анкерном участке;

$l_{\text{ay}} = \sum l_i$  — длина анкерного участка.

Расчеты провода рассматриваемого анкерного участка ведут по эквивалентному пролету, зная, что натяжения проводов в различных его пролетах равны натяжению, полученному для эквивалентного пролета. При выборе исходного режима критический пролет сравнивают с эквивалентным.

Что касается провеса провода, то они будут в разных пролетах различны. Их можно определить для каждого пролета в отдельности или с помощью зависимости

$$f_i = f_{\text{э}} \frac{l_i^2}{l_{\text{э}}^2},$$

где  $f_i$  — стрела провеса провода в  $i$ -м пролете анкерного участка;

$f_{\text{э}}$  — стрела провеса провода в эквивалентном пролете при определенной температуре;

$l_i$  — длина  $i$ -го пролета, для которого определяется стрела провеса провода.

## 14.5. Порядок расчета проводов

Конечной целью расчета проводов является определение их натяжений и стрел провеса при различных температурах для построения монтажных кривых и составления монтажных таблиц. При расчете определяют натяжения проводов при режиме гололеда с ветром и режиме максимального ветра, которые необходимо знать для

выбора нагрузок на опоры при этих режимах. Кроме того, иногда выявляют максимальную стрелу провеса проводов при гололеде (без ветра) или отклонение провода от вертикальной плоскости в какой-либо точке пролета при максимальном ветре. Натяжения провода определяют исходя из условия, что при исходном расчетном (наиболее тяжелом для провода) режиме натяжение провода будет равно его максимальному натяжению.

Поскольку провода и тросы контактной сети рассчитывают по методу допускаемых напряжений, максимальное допустимое натяжение провода  $H_{\max}$  находят делением разрушающей нагрузки при растяжении  $H_{\text{раз}}$  на номинальный коэффициент запаса прочности  $\kappa_3$ , т.е.

$$H_{\max} = H_{\text{раз}}/\kappa_3 = a\sigma_{\text{вр}}S/\kappa_3,$$

где  $a$  — коэффициент, учитывающий разброс механических характеристик и условия скрутки проволоки (0,95 при числе проволок в проводе не более 37 и 0,90 — при числе проволок более 37);

$\sigma_{\text{вр}}$  — временное сопротивление разрыву материала проволоки;

$S$  — расчетная площадь поперечного сечения провода.

Разрушающие нагрузки проводов при растяжении и коэффициенты запаса прочности новых проводов приведены в главе 2. Номинальный коэффициент запаса прочности  $\kappa_3$  устанавливают в зависимости от материала и конструкции провода, а также требований надежности линий.

На участках линий с повышенными требованиями к надежности (например, в населенной местности, на мостах, при пересечении железнодорожных путей и т.д.), а также для уменьшения веса опорных устройств провода и тросы подвешивают с ослабленным натяжением, принимая коэффициент запаса прочности 3. Максимальное натяжение проводов и тросов не должно превышать наибольшие натяжения, на которые рассчитаны изоляторы и арматура контактной сети.

Физико-механические характеристики проводов и тросов могут быть приняты по усредненным данным табл. 14.1 и 14.2.

Таблица 14.1

## Физико-механические характеристики проводов и тросов

Материал, марка проводов и тросов	Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	Модуль упругости $E$ , ГПа	Температурный коэффициент линейного расширения, $10^{-6}$ °C	Временное сопротивление разрыву проволоки $\sigma_b$ , МПа, не менее
Медные М	8,9	130	17	390
Бронзовые Бр	8,9	130	17	680
Биметаллические сталемедные ПБСМ	8,25	175	13,3	750
Алюминиевые А	2,75	63	23	150
Стальные ПСО	7,85	200	12	550
Стальные ПС	8,0	200	12	650
Стальные тросы	8,0	200	12	1200

Таблица 14.2

Материал, марка и сечение проводов	Модуль упругости $E$ , ГПа	Температурный коэффициент линейного расширения, $10^{-6}$ °C
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup> : 10 и более при соотношении A : C = 6,0±0,25	82,5	19,2
70 при A : C = 0,95	134	14,5
95 при A : C = 0,65	146	13,9
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup> : 120 при A : C = 4,29±4,39	89	18,3
150 при A : C = 7,71±8,04	77	19,8
185 при A : C = 1,46	114	15,5

После того как выбран провод и установлено его максимальное допустимое натяжение, определяют расчетные нагрузки на провод для следующих расчетных режимов:

низшая температура  $t_{\min}$  (ветра и гололеда нет);

гололед при ветре определенной скорости  $t_{\Gamma} = -5$  °C;

ветер максимальной интенсивности  $t_{\text{в}} = +5$  °C;

Если провод смонтирован на поворотных кронштейнах или на подвесных гирляндах изоляторов и анкерный участок провода состоит из неодинаковых по длине пролетов, рассчитывают экви-

валентный пролет  $l_3$ . Затем устанавливают исходный расчетный режим, при котором провод в эксплуатации будет иметь максимально допустимое натяжение  $H_{\max}$ . Для этого находят длину критического пролета  $l_{\text{кр}}$ , сравнивают его с эквивалентным, выявляют наиболее тяжелый режим и принимают его за исходный.

Установив исходный расчетный режим, для расчета уравнения состояния провода определяют постоянные коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . При этом в выражение для коэффициента  $A$  подставляют значения  $t_1$ ,  $q_1$  и  $H_1 = H_{\max}$ , соответствующие исходному расчетному режиму. Считают, что при монтаже провода дополнительных нагрузок от гололеда и ветра не бывает. Поэтому при расчетах натяжения проводов при различных температурах в выражении для коэффициента  $B$  принимают  $q_x = g$ .

Подставляя различные значения  $H_x$ , получают соответствующие значения  $t_x$ . Расчеты лучше всего начинать с  $H_x = H_{\max}$ , что дает возможность выявить ошибки, допущенные при расчете критического пролета и при подсчете коэффициентов  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

В том случае, когда исходным расчетным режимом является минимальная температура, при подстановке  $H_x = H_{\max}$  должно получиться  $t_x = t_{\min}$ . Если это не получается, то при определении коэффициентов уравнения допущена ошибка.

Если расчетным режимом является один из режимов наибольшей добавочной нагрузки, то при подстановке  $H_x = H_{\max}$  должно быть  $t_x$  ниже  $t_{\min}$ . Если это не получается, то при определении коэффициентов уравнения или при расчете критического пролета также допущена ошибка.

По полученным данным строят монтажную кривую  $H_x(t_x)$  и по ней составляют монтажную таблицу.

Стрелы провеса провода для действительных пролетов, входящих в анкерный участок, находят по формуле  $f = \frac{ql^2}{8H}$ . Полученные данные заносят в монтажную таблицу и строят монтажные кривые  $f_x(t_x)$ .

В том случае, когда исходный расчетный режим — минимальная температура, натяжение провода в режиме гололеда с ветром ( $H_{\Gamma}$ ) и натяжение в режиме максимального ветра ( $H_{\text{в}}$ ) проще всего определять подбором по формуле (14.1).

Величины с индексом  $l$  в этом уравнении следует отнести к режиму минимальной температуры, а с индексом  $x$  — сначала к режиму гололеда с ветром, а затем к режиму максимального ветра. Подставив вместо  $H_x$  ожидаемое значение  $H_{\Gamma}$ , находят  $t_x$ . Если оно оказалось равным  $t_{\Gamma} = -5^{\circ}\text{C}$  или отличается от него не более чем на  $0,5^{\circ}\text{C}$ , то  $H_{\Gamma}$  выбрано правильно, в противном случае задаются другим значением  $H_{\Gamma}$  и снова находят  $t_x$ . Если в этом случае  $t_x$  не оказалось равным  $t_{\Gamma}$ , действительное значение  $H_{\Gamma}$  определяют линейной интерполяцией.

Для получения наиболее точного действительного значения  $H_{\Gamma}$  (или  $H_{\text{В}}$ ) необходимо интерполяцией выбрать значение  $H_{\Gamma}$  (или  $H_{\text{В}}$ ) такие, чтобы  $t_x$  получалось в одном случае несколько (на  $3$ — $5^{\circ}\text{C}$ ) больше, а в другом несколько меньше  $t_{\Gamma} = -5^{\circ}\text{C}$  (или  $t_{\text{В}} = +5^{\circ}\text{C}$ ).

## 14.6. Уравнение провисания несущего троса цепных подвесок

**Общие понятия.** Основной частью расчета цепной подвески является расчет натяжений и стрел провеса несущего троса. Особенность этого расчета заключается в том, что несущий трос цепной подвески, кроме нагрузки от собственного веса и дополнительных нагрузок от гололеда и ветра, воспринимает также нагрузки от подвешенных к нему контактных и вспомогательных проводов, включая и дополнительные нагрузки от гололеда, а в некоторых случаях и ветра на эти провода. Значение нагрузки, передающейся с контактного провода на несущий трос, зависит от стрел провеса и натяжений вспомогательного и контактного проводов.

Рассмотрим схемы нагрузок, действующих на контактный провод при различном его расположении в вертикальной плоскости (рис. 14.6). Как видно на рис. 14.6, *a*, на контактный провод действуют равномерно распределенная нагрузка  $g_{\text{к}}$  от веса провода и равномерно распределенная нагрузка  $g'_{\text{к}}$ , обусловленная натяжением контактного провода.

Нагрузку  $g_{\text{к}}$  в пролете  $l$  при натяжении контактного провода  $K$  и его провеса находят из соотношения  $f = \frac{g'_{\text{к}} l^2}{8K}$ , откуда имеем:

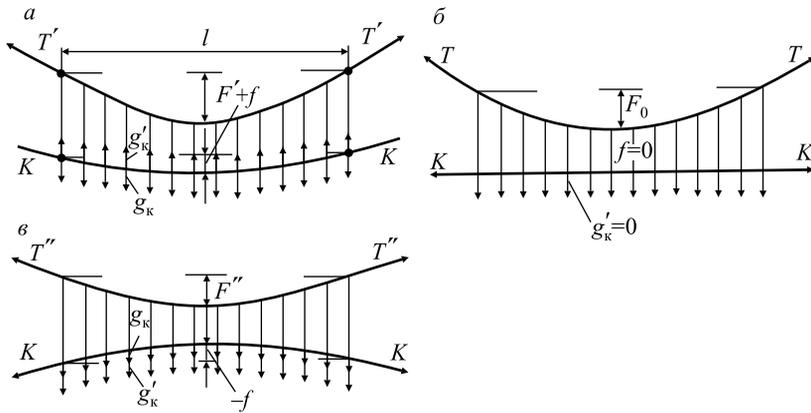


Рис. 14.6. Схемы нагрузок, действующих на контактный провод при различном его расположении в вертикальной плоскости: *a*, *в* — при положительной и отрицательной стрелах провеса; *б* — при беспровесном положении

$$g'_k = \frac{8fK}{l^2}.$$

В случае положительной стрелы провеса контактного провода (+*f*) нагрузка  $g'_k$  будет положительной и направленной вверх. На несущий трос с контактного провода в этом случае будет передаваться равномерно распределенная нагрузка

$$g_{кт} = g_k - g'_k.$$

При определенной положительной стреле провеса контактного провода нагрузка  $g'_k$  может оказаться равной  $g_k$ . В этом случае  $g_{кт} = 0$ , так как контактный провод под действием его натяжения *K* оказался полностью самонесущим: на несущий трос через струны не передается никакая нагрузка от веса контактного провода.

Например, контактный провод МФ-100, имеющий натяжение  $K = 10$  кН, будет полностью самонесущим ( $g'_k = g_k = 0,89$  даН/м) в пролете 60 м, когда его стрела провеса

$$f = \frac{g'_k l^2}{8K} = \frac{0,89 \cdot 60^2}{8 \cdot 10 \cdot 10^2} = 0,4 \text{ м.}$$

В случае такой стрелы провеса контактного провода вес его будет восприниматься вертикальными струнами и передаваться через них на поддерживающие устройства: все другие струны в пролете разгружены.

В компенсированных цепных подвесках контактный провод монтируют со стрелой провеса, равной примерно  $0,001 l$ , т.е. при  $l_k = 60$  м стрела провеса контактного провода даже при наивысшей температуре окружающего воздуха меньше, чем у свободно подвешенного контактного провода в пролете  $l$ . Поэтому в цепных подвесках контактный провод несет сам только часть нагрузки от собственного веса, действующего на него, другая часть  $g_{кт}$  через струны передается на несущий трос.

Подставляя значения  $g'_k$ , получим

$$g_{кт} = g_k - \frac{8fK}{l^2}.$$

При беспровесном положении контактного провода (рис. 14.6, б)  $f = 0$ , следовательно,  $g'_k = 0$ . Контактный провод в этом случае сам не несет никакой нагрузки, последняя полностью передается на несущий трос:  $g_{кт} = g_k$ .

При отрицательных стрелах провеса контактного провода (рис. 14.6, в), которые могут быть в полукомпенсированных подвесках,  $g'_k$  будет отрицательной (направленной вниз). В этом случае

$$g_{кт} = g_k - (-g'_k) = g_k + g'_k,$$

т.е. несущий трос будет нести не только нагрузку  $g_k$  от веса контактного провода и действующих на него дополнительных нагрузок, но также и нагрузку  $g'_k$ , обусловленную натяжением контактного провода.

Нагрузку  $g'_k$  контактный провод в виде сосредоточенных сил передает через крайние струны его пролета на поддерживающие устройства (консоли) при  $l_k = l$  (рис. 14.7, а) или непосредственно на несущий трос, когда длина части пролета  $l_k$ , в которой контактный провод имеет провес, меньше длины пролета несущего троса (рис. 14.7, б).

Сосредоточенная сила при  $l_k = l$

$$N_0 = g'_k l = \frac{8fK}{l};$$

сосредоточенная сила при  $l_k < l$

$$N_1 = \frac{g'_k l_k}{2} = \frac{4 f_k K}{l_k}.$$

Выведем уравнения провисания несущего троса цепной подвески для некоторых схем нагрузок, передающихся на несущий трос с контактного провода. Состояние равновесия цепной подвески будем рассматривать в вертикальной плоскости.

Для вывода уравнений провисания несущего троса цепных подвесок различных конструкций примем следующие обозначения:

$l$  — длина пролета несущего троса, м;

$l_k$  — длина части пролета, в которой контактный провод имеет провес, м;

$a$  — расстояние от опоры до точки закрепления троса рессорных струн на несущем тросе, м;

$y$  — провес несущего троса на расстоянии  $x$  от опоры, м;

$y_a$  — провес несущего троса на расстоянии  $a$  от опоры, м;

$e$  — расстояние от опоры до первой простой (нерессорной) струны, м;

$e_0$  — расстояние от опоры до первой струны на проводе рессорных струн, м;

$y_e$  — провес несущего троса на расстояние  $e$  от опоры, м;

$c$  — длина струнового пролета контактного провода, м;

$q$  — результирующая нагрузка на несущий трос при соответствующем расчетном режиме, даН/м;

$g'_x$  — вертикальная составляющая этой нагрузки, даН/м;

$g_x$  — вертикальная нагрузка на несущий трос от веса всех проводов цепной подвески и гололеда на них (при его наличии), даН/м;

$g_0$  — вертикальная нагрузка на несущий трос от веса проводов цепной подвески при беспровесном положении контактного провода, даН/м;

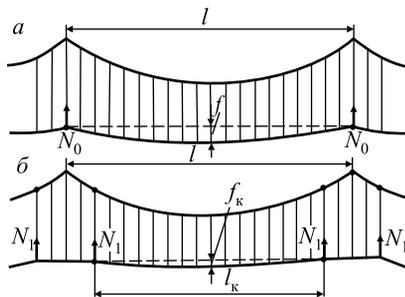


Рис. 14.7. Схемы передачи сосредоточенных сил на несущий трос от нагрузки, обусловленной вертикальной составляющей натяжения контактного провода: а — при  $l = l_k$ ; б — при  $l > l_k$

$g_T$  — нагрузка от веса несущего троса, даН/м;

$T$  — горизонтальная составляющая натяжения несущего троса, кН;

$T_0$  — горизонтальная составляющая натяжения несущего троса полукомпенсированной подвески при беспровесном положении контактных проводов, или номинальное (начальное) натяжение несущего троса компенсированной подвески, кН;

$H_x$  — горизонтальная составляющая натяжения ненагруженного несущего троса при температуре  $t_x$ , кН;

$K$  — сумма натяжений контактных проводов (в двойной цепной подвеске также и вспомогательного провода), кН;

$H_p$  — горизонтальная составляющая натяжения провода рессорных струн, кН;

$F_q$  — стрела провеса несущего троса в плоскости действия результирующей нагрузки в пролете  $l$ , м;

$F_0$  — вертикальная стрела провеса несущего троса при беспровесном положении контактных проводов, м;

$F$  — вертикальная стрела провеса несущего троса, м;

$F_{qk}$  — стрела провеса несущего троса в пролете  $f_k$  в плоскости действия результирующей нагрузки, м;

$F_k$  — вертикальная стрела провеса несущего троса в пролете  $f_k$ , м;

$f_{k0}$  — вертикальная стрела провеса несущего троса в пролете  $f_k$  при беспровесном положении контактных проводов, м;

$f$  — стрела провеса контактного провода в пролете  $l$ , м;

$f_k$  — стрела провеса контактного провода в пролете  $l_k$ , м.

Наиболее простой расчетной схемой является схема, при которой с контактного провода на несущий трос (через большое количество струн) передается равномерно распределенная по всему пролету вертикальная нагрузка. В действительности же с контактного провода на несущий трос передаются через несколько струн вертикальные сосредоточенные нагрузки, а в рессорных подвесках — еще и горизонтальные от натяжения проводов рессорных струн (тросов). Расчетную схему выбирают в зависимости от конструкции и параметров цепной подвески, а также от точности, с которой должны быть рассчитаны провесы несущего троса подвески в различных точках пролета.

**Уравнение провисания несущего троса цепной подвески при равномерно распределенной нагрузке.** Для вывода уравнения провиса-

ния несущего троса цепной подвески при передающейся с контактного провода на несущий трос (большим количеством струн) равномерно распределенной по всему пролету вертикальной нагрузки воспользуемся схемами, показанными на рис. 14.8.

Опорные реакции в точках  $A$

и  $B$  в этом случае:  $V_A = V_B = \frac{g'_x l}{2}$ .

Изгибающий момент в сечении троса на расстоянии  $x$  от опоры  $A$ :

$$M_x = V_A x - g'_x x \frac{x}{2} = \frac{g'_x l}{2} x - \frac{g'_x x^2}{2} = \frac{g'_x x(l-x)}{2}.$$

Для несущего троса цепной подвески, так же как и для свободно подвешенного провода,  $y = M_x / T$ . Подставив в него значение  $M_x$ , найдем  $y = g'_x x(l-x) / (2T)$ . Поскольку  $g'_x = g_x - g'_k$ , то

$$y = \frac{(g_x - g'_k)x(l-x)}{2T}.$$

Подставив в это уравнение значение  $g'_k$ , получим

$$y = \frac{\left(g_x - \frac{8fK}{l^2}\right)x(l-x)}{2T}.$$

Для  $x = l/2$  величина  $y = F$  и формула примет вид:

$$F = \frac{\left(g_x - \frac{8fK}{l^2}\right)l^2}{8T};$$

$$T = \frac{\left(g_x - \frac{8fK}{l^2}\right)l^2}{8F};$$

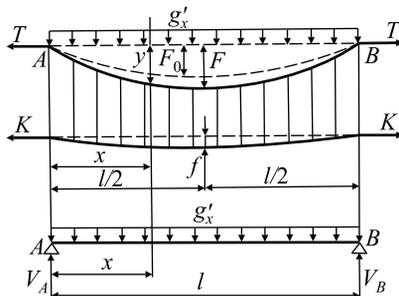


Рис. 14.8. Схема к выводу уравнения провисания несущего троса цепной подвески с большим количеством струн в пролете

Подставив последнее значение  $T$ , получим

$$y = 4F \frac{x(l-x)}{l^2}.$$

Выражения могут быть записаны в следующем виде:

$$F = \frac{g_x l^2}{8T} - f \frac{K}{T}; \quad (14.2)$$

$$T = \frac{g_x l^2}{8F} - f \frac{K}{F}. \quad (14.3)$$

В таком виде они показывают влияние натяжения контактного провода при различных стрелах его провеса на стрелу провеса и натяжение некомпенсированного несущего троса. При положительных значениях  $f$  натяжение некомпенсированного несущего троса меньше, а при отрицательных — больше его натяжения  $T_0$  при беспровесном положении контактного провода.

Приняв в выражениях (14.2) и (14.3)  $f = 0$ , получим

$$F_0 = \frac{g_0 l^2}{8T_0};$$

$$T_0 = \frac{g_0 l^2}{8F_0}.$$

Стрела провеса контактного провода  $f$  может быть представлена как разность стрел провеса несущего троса  $F$  и  $F_0$ , т.е.

$$f = F - F_0.$$

Тогда можно записать так:

$$T = \frac{\left( g_x - 8K \frac{F - F_0}{l^2} \right) l^2}{8F}.$$

Величина, стоящая в скобках, играет роль эквивалентной переменной (зависящей от  $F - F_0$ ) нагрузки. Следовательно, расчет

несущего троса цепной подвески — тот же расчет свободно подвешенного провода (гибкой нити), но с переменной нагрузкой:

$$g_3 = g_x - 8K \frac{F - F_0}{l^2}.$$

Подставив значения  $F$  и  $F_0$ , получим

$$f = \frac{g_x l^2}{8T} - f \frac{K}{T} - \frac{g_0 l^2}{8T_0}$$

и после соответствующих преобразований

$$f = \frac{\left( g_x - g_0 \frac{T}{T_0} \right) l^2}{8(T - K)}.$$

Если в уравнения 14.2 и 14.3 вместо  $f$  подставить его значение, то после соответствующих преобразований имеем:

$$F = \frac{\left( g_x + g_0 \frac{K}{T_0} \right) l^2}{8(T + K)};$$

$$T = \frac{\left( g_x + g_0 \frac{K}{T} \right) l^2}{8F} - K.$$

Рассматривая эти выражения, видим, что для определения  $F$  (компенсированной и полукompенсированной подвесок) и  $T$  (полукompенсированной подвески) необходимо знать  $T_0$ , т.е. номинальное (начальное) натяжение несущего троса компенсированной подвески или соответственно натяжение несущего троса полукompенсированной подвески при беспровесном положении контактных проводов.

Приведенные формулы даны для расчета провисания несущего троса цепной подвески при передающейся с контактного провода на несущий трос равномерно распределенной вертикальной нагрузки

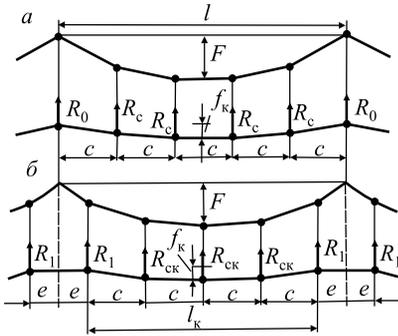


Рис. 14.9. Схемы сосредоточенных сил, передающихся с контактного провода на несущий трос через простые струны, установленные у опор (а) и смещенные от опор (б)

через большое количество струн в пролете. Обычно же в цепных подвесках, особенно с одним контактным проводом, устанавливают всего лишь несколько струн. Поэтому с целью повышения точности расчетов нагрузки, передающиеся с контактного провода на несущий трос, целесообразно рассматривать не как равномерно распределенные по всему пролету, а как сосредоточенные в местах установки струн цепной подвески. Найдем эти нагрузки по схемам расположения струн в пролете, показанным на рис. 14.9.

Для схемы рис. 14.9, а имеем:

$$R_0 = g'_k l + (g_{кx} + g_c - g'_k)c,$$

где  $R_0$  — сосредоточенная вертикальная нагрузка в местах установки струн под опорами;

$g_{кx}$  — нагрузка от веса контактного провода и гололеда на нем (при его наличии), даН/м;

$g_c$  — нагрузка от веса струн и зажимов, даН/м.

Подставляя в это выражение значение  $g'_k$ , найдем:

$$R_0 = \frac{8fK}{l} + \left( g_{кx} + g_c - \frac{8fK}{l^2} \right) c.$$

Нагрузка  $R_c = (g_{кx} + g_c - g'_k)c$ , или

$$R_c = \left( g_{кx} + g_c - \frac{8fK}{l^2} \right) c.$$

Для схемы рис. 14.9, б имеем:

$$R_1 = g'_k \frac{l_k}{2} - \frac{g'_k c}{2} + (g_{кx} + g_c) \left( e + \frac{c}{2} \right),$$

так как  $l_K = l - 2e$ , то

$$R_1 = \frac{4f_K K}{(l-2e)} - \frac{4f_K K}{(l-2e)^2} c + (g_{KX} + g_c) \left( e + \frac{c}{2} \right).$$

Нагрузка  $R_{CK} = (g_{KX} + g_c - g'_K)c$  или

$$R_{CK} = (g_{KX} + g_c)c - \frac{8f_K K}{(l-2e)^2} c.$$

**Уравнение провисания несущего троса цепной подвески при сосредоточенных вертикальных нагрузках.** Для вывода уравнения провисания несущего троса цепной подвески при передающихся с контактного провода в местах установки струн сосредоточенных вертикальных нагрузках  $R$  воспользуемся схемами, приведенными на рис. 14.10. Несущий трос будем рассматривать как сво-

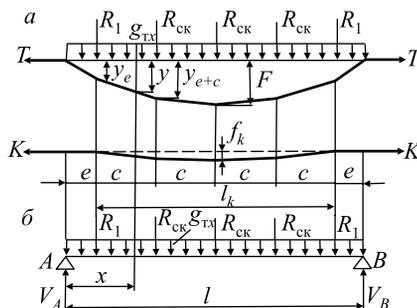


Рис. 14.10. Схемы к выводу уравнения провисания несущего троса цепной подвески: *a* — со смещенными от опор простыми струнами при небольшом количестве струн в пролете; *б* — опорные реакции

бодно подвешенный провод, нагруженный равномерно распределенной нагрузкой от собственного веса  $g_{TX}$  и сосредоточенными силами  $R_1$  и  $R_{CK}$ .

Поскольку для схемы рис. 14.10, *a* нагрузка от веса контактного провода и гололеда на нем в пролете  $l$  полностью передается на несущий трос, то опорные реакции для схемы рис. 14.10, *б* будут:

$$V_A = V_B = \frac{(g_{TX} + g_{KX} + g_c)l}{2} = \frac{g_K l}{2}.$$

Изгибающий момент на участке от  $x = 0$  до  $x = e$  в соответствии со схемой рис. 14.10, б:

$$M_x = V_A x - g_{\text{ТХ}} x \frac{x}{2} = \frac{g_x l}{2} x - \frac{g_{\text{ТХ}} x^2}{2} = \frac{x(g_x l - g_{\text{ТХ}} x)}{2}.$$

При  $x = e$  получим  $M_e = \frac{e(g_x l + g_{\text{ТХ}} e)}{2}$ .

Тогда провес несущего троса на расстоянии  $e$  от опоры

$$y_e = \frac{e(g_x l - g_{\text{ТХ}} e)}{2T}.$$

Изгибающий момент на участке от  $x = 0$  до  $x = (e + c)$

$$M_x = V_A x - g_{\text{ТХ}} x \frac{x}{2} - R_1(x - e).$$

При  $x = e + c$  получим

$$M_{e+c} = \frac{g_x l}{2}(e+c) - \frac{g_{\text{ТХ}}(e+c)^2}{2} - R_1 c.$$

Провес несущего троса на расстоянии  $e + c$  от опоры (в точке крепления к тросу второй от опоры струны)

$$y_{(e+c)} = \frac{g_x l(e+c) - g_{\text{ТХ}}(e+c)^2}{2T} - \frac{R_1 c}{T}.$$

Составив аналогичные уравнения изгибающих моментов для других точек несущего троса, в которых установлены струны (например,  $x = e + 2c$  и т.д.), можно найти его провесы в этих точках.

**Уравнение провисания несущего троса цепной подвески при сосредоточенных вертикальных и горизонтальных нагрузках.** На несущий трос рессорных цепных подвесок, кроме нагрузки от собственного веса и нагрузок, передающихся с контактного провода через струны, действуют сосредоточенные нагрузки  $H'_p$ , обусловленные

натяжением рессорных струн. Эти нагрузки приложены к несущему тросу на расстоянии  $a$  от опор и направлены вниз под небольшим углом к горизонтالي (рис. 14.11, *а*). Нагрузки от натяжения рессорных струн можно заменить горизонтальными нагрузками  $H_p$  и вертикальными  $Q$ , действующими в плоскости цепной подвески (рис. 14.11, *б*). Таким образом, в рессорных цепных подвесках несущий трос, кроме вертикальных, воспринимает также горизонтальные нагрузки, направленные вдоль несущего троса. В результате этого он имеет неодинаковое натяжение по длине пролета: в средней части (на длине  $l - 2a$ ) — натяжение  $T$ , у опор (на длине  $a$  с каждой стороны от опоры) — натяжение  $T - H_p$ .

Натяжение рессорных струн (тросов)  $H'_p$ , которое ввиду малости углов их наклона к горизонтали можно считать равным  $H_p$ , достигает 1,5—4,0 кН, что составляет от 10 до 30 % натяжения несущего троса  $T$ . Натяжения рессорных струн (тросов), составляющие большую долю натяжения несущего троса, оказывают существенное влияние на форму кривой его провисания в пролете.

Натяжение для несущего троса рессорной цепной подвески, когда на него, кроме вертикальных, действуют также горизонтальные нагрузки, рассчитывается выражением  $y_x = M_x/T_x$ .

Схема загрузки простой балки для этого случая показана на рис. 14.11, *в*. Изгибающие моменты от горизонтальных сил  $H_{p1}$  и  $H_{p2}$  соответственно:  $M_1 = H_{p1}y_{a1}$ ;  $M_2 = H_{p2}y_{a2}$ .

Опорные реакции складываются из реакций от вертикальных сил  $V$  и реакции от горизонтальных сил  $V''$ , т.е.

$$V_A = V'_A + V''_A; V_B = V'_B + V''_B.$$

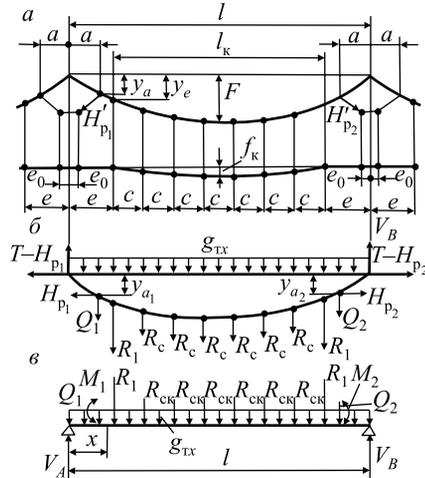


Рис. 14.11. Схема к выводу уравнения провисания несущего троса рессорной цепной подвески: *а* — действующие вертикальные нагрузки; *б* — вертикальные и горизонтальные нагрузки; *в* — опорные реакции

Реакция от горизонтальных сил  $H_1$  и  $H_2$  :

$$V_A'' = -\frac{H_{p1}y_{a1}}{l} + \frac{H_{p2}y_{a2}}{l}.$$

Из этого видно, что при одинаковых параметрах ( $H_p$  и  $a$ ) проводов рессорных струн (тросов), как это обычно имеет место в рессорных подвесках, реакции  $V_A'' = V_B'' = 0$ . Реакции  $V_A$  и  $V_B$  и в этом случае для схемы рис. 14.11, в определяются:

$$V_A = V_B = \frac{g_x l}{2} + Q.$$

Вертикальная нагрузка, действующая на несущий трос на расстоянии  $a$  от опоры:

$$Q = Q' + \frac{(e + e_0)g_k}{2} \left( \text{здесь } Q' = g_{px}a + \frac{Q_\Phi}{2} \right);$$

$$Q = \frac{(e + e_0)g_k + 2ag_p + Q_\Phi}{2},$$

где  $g_p$  — нагрузка от веса тросов рессорных струн (с учетом зажимов), даН/м;

$Q_\Phi$ , — вертикальная нагрузка от фиксатора, передающаяся тросом рессорных струн на несущий трос, даН/м.

Изгибающий момент на участке от  $x = 0$  до  $x = a$  в соответствии со схемой рис. 14.11, в

$$M_x = V_A x - g_{Tx} x \frac{x}{2} = \frac{x(g_x l - g_{Tx} x)}{2} + Q' x.$$

При  $x = a$  получим  $M_a = \frac{a(g_x l - g_{Tx} a)}{2} + Q' a.$

На рассматриваемом участке несущий трос имеет натяжение  $T_x = T - H_p$ . Провес его на расстоянии  $a$  от опоры

$$y_a = \frac{M}{T - H_p} = \frac{a(g_x l - g_{Tx} a) + 2Q' a}{2(T - H_p)}.$$

Изгибающий момент на расстоянии  $e$  от опоры

$$M_e = V_A e - g_{Tx} \frac{e^2}{2} - Q(e - a) + M_1.$$

Подставляя соответствующие значения входящих в это выражение величин, получим

$$M_e = \frac{e(g_x l - g_{Tx} e)}{2} + Q'e - Q(e - a) + H_p y_a.$$

Провес несущего троса на расстоянии  $e$  от опоры (в точке крепления к тросу первой простой струны)

$$y_e = \frac{e(g_x l - g_{Tx} e)}{2T} + \frac{Q'e - Q(e - a) + H_p y_a}{T}.$$

Провес несущего троса на расстоянии  $e + c$  от опоры (в точке крепления к тросу второй простой струны) можно определить из выражения

$$y_{e+c} = \frac{g_x l(e+c) - g_{Tx}(e+c)^2}{2T} + \frac{Q'(e+c) - Q(e+c-a) + H y_a}{T} - \frac{R_1 c}{T}.$$

Аналогично можно составить уравнения балочных изгибающих моментов и для других точек (например,  $x = e + 2c$  и т. д.) несущего троса, в которых установлены струны, а затем найти провесы троса в этих точках.

Значения величин  $Q$  и  $Q'$  в большей степени зависят от того, подвешен ли основной стержень сочлененного фиксатора к несущему тросу или к рессорной струне. В последнем случае нагрузки  $Q$  и  $Q'$  оказывают большое влияние на форму кривой провисания несущего троса, и поэтому их необходимо учитывать в расчетах.

С помощью приведенных формул можно определить провесы несущего троса цепной подвески в любой точке пролета и подсчитать длины струн. Это особенно важно для компенсированных подвесок, эксплуатирующихся при скоростях движения более 160 км/ч, поскольку правильная регулировка контактного провода по высоте при монтаже зависит от принятых в результате расчетов длин струн.

При определении длины струн полукомпенсированных цепных подвесок рассматривают подвеску в режиме беспровесного положения контактных проводов. В компенсированных подвесках учитывают провес контактного провода (рис. 14.12) по формуле

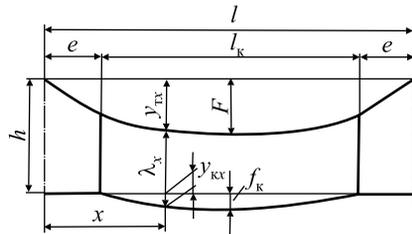


Рис. 14.12. Схема для определения длины струн цепных подвесок

$$\lambda_x = h - y_{\text{ТХ}} + y_{\text{КХ}},$$

где  $\lambda_x$  — длина струны, смонтированной на расстоянии  $x$  от опоры, м;

$h$  — конструктивная высота цепной подвески, м;

$y_{\text{ТХ}}$  — провес несущего троса на расстоянии  $x$  от опоры, м;

$y_{\text{КХ}}$  — провес контактного провода (в компенсированных подвесках) на расстоянии  $x$  от опоры, м.

Провес несущего троса  $y_{\text{ТХ}}$  можно определить по полученным формулам в зависимости от конструкции контактной подвески. Для определения провеса контактного провода  $y_{\text{КХ}}$  можно воспользоваться формулой

$$y_{\text{КХ}} = \frac{4f_{\text{К}}(x - e)(l - x - e)}{(l + 2e)^2}.$$

## 14.7. Расчет изменений стрел провеса проводов компенсированной цепной подвески

В компенсированной цепной подвеске, расположенной на прямом участке пути, наличие компенсаторов в несущем тросе предотвращает влияние изменения температуры воздуха на натяжение троса, и, следовательно, стрелы провеса остаются неизменными во всем диапазоне температур воздуха.

Провес несущего троса компенсированной подвески и высота расположения контактного провода в пролете могут измениться при изменении вертикальной нагрузки на несущий трос вследствие образования гололеда на контактной подвеске или износа контактных проводов.

На кривых участках пути может измениться натяжение компенсированного несущего троса в результате появления горизонтальных реакций консолей, вызванных изменением направления контактной подвески у опор. При развороте консолей возникают усилия, направленные вдоль несущего троса и вызывающие изменения его натяжения от пролета к пролету по мере удаления от компенсатора. Причиной изменения натяжения может служить и сам компенсатор (заедание блоков и др.).

Чтобы представить влияние гололедной нагрузки на изменение высоты расположения контактного провода компенсированной подвески рассмотрим ее схему (см. рис. 14.8). Начнем со случая,

когда контактный провод до появления гололеда располагается в пролете беспровесно, т.е.  $f = 0$ . Тогда стрелу провеса несущего троса можно найти по формуле

$$F_0 = \frac{g_0 l^2}{8T_0}.$$

При наличии гололеда на проводах цепной подвески стрелу провеса несущего троса найдем по формуле

$$F_{\Gamma} = \frac{\left(g_x + g_0 \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_0 + K)}.$$

Изменение высоты расположения контактного провода в середине пролета  $\Delta h_{\text{кг}}$  определяется как разность  $F_{\Gamma}$  и  $F_0$ , т.е.

$$\Delta h_{\text{кг}} = F_{\Gamma} - F_0 = \frac{(g_x - g_0) l^2}{8(T_0 + K)} = \frac{g_{\Gamma} l^2}{8(T_0 + K)},$$

где  $g_{\Gamma} = g_x - g_0$  — нагрузка от гололеда на проводах цепной подвески, даН/м.

Если до появления гололеда контактный провод был смонтирован со стрелой провеса  $f$  (см. рис. 14.12), тогда

$$F = \frac{\left(g + g_0 \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_0 + K)}; \quad F_{\Gamma} = \frac{\left(g_x + g_0 \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_0 + K)}.$$

В этом случае изменение высоты расположения контактного провода в середине пролета

$$\Delta h'_{\text{кг}} = F_{\Gamma} - F = \frac{g_{\Gamma} l^2}{8(T_0 + K)}.$$

Таким образом, начальный провес контактного провода не влияет на изменение стрелы провеса несущего троса компенсированной подвески при появлении на ее проводах гололеда.

Можно определить изменение высоты расположения контактного провода от гололеда на проводах, сложных по схеме загрузки несущего троса (например, см. рис. 14.10 или 14.11) компенсированных подвесок.

Аналогично можно определить и изменение стрелы провеса контактного провода компенсированной подвески вследствие его износа (по схеме подвески рис. 14.8):

$$\Delta f_{\text{и}} = \frac{\Delta g_{\text{к}} l^2}{8(T_0 + K)},$$

где  $\Delta f_{\text{и}}$  — изменение стрелы провеса контактного провода, м;

$\Delta g_{\text{к}}$  — изменение веса контактного провода вследствие его износа, даН/м.

Рассмотрим, как изменится стрела провеса контактного провода при изменении натяжения компенсированного несущего троса. Если контактный провод сначала был смонтирован беспровесно при  $T_0$ , а затем натяжение несущего троса изменилось на  $T_x$  ( $T_x < T_0$ ), то контактный провод по схеме цепной подвески рис. 14.12 получит стрелу провеса:

$$f_x = F_x - F_0 = \frac{g_0 \left(1 + \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_x + K)} - \frac{g_0 l^2}{8T_0} = \frac{g_0 l^2 (T_0 - T_x)}{8T_0(T_x + K)}.$$

В том случае, когда контактный провод был смонтирован с начальной стрелой провеса  $f_1$ , при изменении натяжения компенсированного несущего троса с  $T_1$  на  $T_x$  ( $T_x < T_1$ ) стрела провеса контактного провода увеличится на

$$\Delta f_x = F_x - F_1 = \frac{g_0 \left(1 + \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_x + K)} - \frac{g_0 \left(1 + \frac{K}{T_0}\right) l^2}{8(T_1 + K)}.$$

Так как в компенсированной цепной подвеске  $T_1 = T_0$ , то после преобразований получим

$$\Delta f_x = \frac{g_0 l^2 (T_0 - T_x)}{8T_0(T_x + K)}.$$

Обратим внимание, что начальный провес контактного провода не влияет на изменение стрелы провеса контактного провода при изменении натяжения компенсированного несущего троса.

В том случае, когда контактный провод имеет провес только на длине пролета  $l_k$  (например, по схеме загрузки рис. 14.10 или 14.11), изменение стрелы провеса контактного провода можно определить по формуле

$$\Delta f_{kx} = F_{kx} - F_{k1}; \Delta f_{ke} = F_x - F_1 - \Delta h_e,$$

где  $\Delta h_e$  — вертикальное перемещение контактного провода на расстоянии  $e$  от опоры при изменении натяжения несущего троса  $T_1$  на  $T_x$ ;

$$\Delta h_e = y_{ex} - y_{e1}.$$

Значения  $y_{ex}$  и  $y_{e1}$  для рассматриваемых схем цепных подвесок можно найти, подставляя в них вместо  $T$  сначала  $T_x$ , а затем  $T_1$ .

Например, для подвески, имеющей схему загрузки несущего троса на рис. 14.10, будем иметь

$$\Delta h_e = \frac{e(gl - g_T e)}{2T_x} - \frac{e(gl - g_T e)}{2T_1}.$$

Так как  $T_1 = T_0$ , то

$$\Delta h_e = \frac{e(gl - g_T e)}{2} \left( \frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_0} \right).$$

## 14.8. Расчет натяжений и стрел провеса несущего троса полукомпенсированной цепной подвески

Несущий трос полукомпенсированной цепной подвески при изменении температуры окружающего воздуха изменяет свое натяжение, а следовательно, и стрелу провеса.

*Расчет натяжений* некомпенсированного несущего троса в зависимости от температуры можно вести по формулам свободно подвешенного провода, но с переменной (зависящей от  $F - F_0$ ) нагрузкой, т.е.  $g_y = g_x - 8K \frac{F - F_0}{2}$ . Если контактный провод расположен с провесом только в части пролета ( $l_k = l - 2e$ ), как это имеет место в

рессорных подвесках и в подвесках со смещенными от опор вертикальными струнами, то переменная нагрузка на несущий трос в пролете  $l_k$  определяется:

$$g_{\text{эк}} = g_k - 8K \frac{F_{\text{кх}} - F_{\text{к0}}}{(l - 2e)^2}.$$

Уравнения состояния несущего троса полукомпенсированной рессорной подвески и подвески со смещенными от опор вертикальными струнами при учете  $g_{\text{эк}}$ , а также сосредоточенных нагрузок, действующих на трос, получаются громоздкими и неудобными для расчетов, поэтому они здесь не приводятся. Однако расчеты с помощью уравнений показали, что при расположении контактного провода со стрелой провеса только в пролете  $l_k = l - 2e$ , особенно при больших значениях  $e$  (10—12 м), контактный провод незначительно влияет на изменение натяжения несущего троса при изменении температуры воздуха.

Расчеты натяжений тросов полукомпенсированных подвесок в зависимости от температуры и дополнительных нагрузок от гололеда и ветра в проектных организациях ведут по уравнению состояния для свободно подвешенного провода. Уравнение состояния для несущего троса цепной подвески:

$$t_x = \left( t_1 - \frac{q_1^2 l_3^2}{24\alpha_T T_{\text{max}}^2} + \frac{T_{\text{max}}}{\alpha_T E_T S_T} \right) + \frac{q_x^2 l_3^2}{24\alpha_T T_x^2} - \frac{T_x}{\alpha_T E_T S_T}.$$

Подставляя в это уравнение различные значения  $T_x$ , взятые через произвольные интервалы (например, через каждые 2 кН), получают соответствующие значения  $t_x$ , которые должны быть в пределах заданного диапазона температур (от  $t_{\text{min}}$  до  $t_{\text{max}}$ ). По полученным данным строят монтажную кривую  $T_x(t_x)$ . По этой кривой при  $t_0$  находят  $T_0$  — натяжение несущего троса при беспровесном положении контактных проводов.

Для определения стрел провеса несущего троса при различных температурах пользуются формулой

$$F_x = F_{\text{кх}} - y_{\text{ex}} = \frac{\left( g_x + g_0 \frac{K}{T_0} \right) (l - 2e)^2}{8(T_x + K)} + \frac{(g_x l - g_{\text{ТХ}} e)e}{2T_x}.$$

Вертикальное перемещение несущего троса и контактного провода на расстояние  $e$  от опоры

$$\Delta h_{ex} = \frac{e(g_x l - g_{Tx} e)}{2} \left( \frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_0} \right).$$

Параметры тросов рессорных струн ( $H_p$  и  $a$ ) полукомпенсированных цепных подвесок обычно выбирают из условия, чтобы изменения высоты контактного провода под опорой при крайних температурных режимах получались примерно такими же, как под ближайшими от опор вертикальными струнами, т.е. чтобы контактный провод у опор на участке  $2e$  перемещался при изменении температуры параллельно самому себе. В этом случае стрела провеса контактного провода в пролете  $l_k$  при различных температурах

$$f_{kx} = F_{kx} - F_{k0} = \frac{g_0(l-2e)^2(T_0 - T_x)}{8T_0(T+K)}.$$

Для монтажа цепной контактной подвески, кроме натяжений нагруженного несущего троса при различных температурах, необходимо также знать натяжения, которые должен иметь несущий трос при монтаже до подвески на нем контактных проводов.

Для определения натяжений ненагруженного несущего троса, приняв в качестве исходного режим нагрузки несущего троса контактными проводами при беспровесном их положении (при температуре  $t_0$ ), после подстановки соответствующих значений получим

$$t_x = \left( t_0 - \frac{q_0^2 l_3^2}{24\alpha_T T_0^2} + \frac{T}{\alpha_T E_T S_T} \right) + \frac{q_T^2 l_3^2}{24\alpha_T H_x^2} - \frac{H_x}{\alpha_T E_T S_T}.$$

Подставляя в полученную формулу различные значения  $H_x$ , взятые через произвольные интервалы, определяют соответствующие значения  $t_x$  и строят кривую  $H_x(t_x)$ .

Стрелы провеса ненагруженного несущего троса находят по формуле

$$f_{Tx} = \frac{q_T l^2}{8H_x}.$$

При расчетах цепных подвесок максимальные допустимые натяжения некомпенсированных несущих тросов  $T_{\max}$  рекомендуется принимать: для тросов М-120, ПБСМ-95 и ПБСА 50/70 — 18; тросов М-95 и ПБСМ-70 — 15; натяжения компенсированных несущих тросов М-120, ПБСМ-95 и ПБСА 50/70 — 16—18; М-95, ПБСМ-70 — 14—15 кН.

## **14.9. Контрольные вопросы**

1. В чем заключается механический расчет свободно подвешенного провода?
2. Как влияет изменение температуры на натяжение некомпенсированного одиночного провода?
3. Как устанавливают исходный расчетный режим при расчетах свободно подвешенного провода?
4. В чем заключается механический расчет проводов в анкерном участке?
5. Как выглядят монтажные кривые свободно подвешенного провода?
6. Как используют монтажные таблицы при монтаже свободно подвешенного провода?
7. Что такое уравнение провисания троса цепной подвески?
8. Как устанавливают исходный расчетный режим цепной подвески?
9. Как влияет изменение температуры воздуха на стрелы провеса контактных проводов полукомпенсированных и компенсированных контактных подвесок?
10. Как рассчитывают натяжение несущего троса полукомпенсированной цепной подвески?

### **14.10. Практические занятия № 12 по теме:**

**Механический расчет нагруженного несущего троса**

### **14.11. Практические занятия № 13 по теме:**

**Составление графика натяжения несущего троса полукомпенсированной цепной подвески в зависимости от температуры**

### **14.12. Практические занятия № 14 по теме:**

**Расчет стрел провеса несущего троса и контактного провода; составление графика стрел подвеса**

---

---

## Глава 15. Сооружение контактной сети

### 15.1. Организация строительных и монтажных работ

Работы по электрификации железных дорог выполняют по утвержденной проектно-сметной и технической документации, включая проекты организации и производства работ по системе генерального подряда. Генеральный подрядчик ответственен за комплексное сооружение всех объектов, входящих в титул электрификации, хотя часть работ он передает другим организациям — субподрядчикам. Работы по сооружению контактной сети разделяют на строительные и электромонтажные, называемые обычно монтажные.

В *строительные работы* входят: разработка котлованов, установка фундаментов, опор, анкеров и жестких поперечин. Указанные работы выполняют строительно-монтажные поезда (СМП). Они имеют производственные базы, полигоны и мастерские, в которых подготавливают металлические конструкции и изделия из бетона и железобетона.

К *монтажным работам* относят: армирование опор консолями и кронштейнами, гибкими и жесткими поперечинами, раскату, монтаж и регулировку проводов контактной подвески, питающих, усиливающих и продольного электроснабжения, монтаж разъединителей, разрядников, заземлений и др. Монтаж контактной сети выполняют электромонтажные поезда (ЭМП), которые имеют прорабские пункты по монтажу контактной сети и тяговых подстанций, мастерские и центральный склад.

Конструкции для сооружения контактной сети, применяемые в массовом количестве (опоры, фундаменты, жесткие поперечины,

консоли, кронштейны, фиксаторы, детали), а также приспособления для работ изготавливают на специализированных предприятиях. Изоляторы и провода поставляют предприятия-изготовители.

При электрификации железных дорог широко применяют поточный метод. По окончании определенного вида работ на одном объекте (станции, перегоне) специализированная на определенном виде работ колонна или бригада переходит на следующий объект, причем состав бригады и оснащение ее механизмами не меняются, а на объекте к новым видам работ приступает другая специализированная колонна или бригада. Сначала выполняют так называемые заделные работы по переустройству путей, устройств сигнализации и связи и основные строительные. После завершения строительных работ производят полный комплекс монтажных работ, обеспечивая ввод объекта в эксплуатацию.

До начала работ по установке опор контактной сети обследуют электрифицируемый участок железной дороги и уточняют места, где опоры могут быть установлены с поля (без занятия железнодорожного пути) и с пути. На основании этих данных, анализа интенсивности движения поездов, наличия механизмов совместно с управлением железных дорог определяют продолжительность «окон», уточняют и согласовывают места расположения линейных комплектовочных баз и др.

*Линейные комплектовочные базы* предназначены для стоянок установочных поездов, кранов и других механизмов; разгрузки, сортировки и погрузки опор и фундаментов на платформы установочных поездов или другие транспортные средства (автомобили, тракторные прицепы) для вывоза их к месту установки.

На комплектовочной базе предусматривают один-два рабочих пути для стоянки и маневров установочных поездов, площадки для погрузочно-разгрузочных операций и автомобильные подъезды к ним. Комплектовочные базы обычно совмещают с приобъектными базами, обслуживающими строительство тяговых подстанций и других объектов, при этом учитывают требование уменьшения пробега установочных поездов. В большинстве случаев их размещают на узловой станции, расположенной возможно ближе к середине выделенного участка работ. Стоянку механизмов на железнодорожном ходу выбирают так, чтобы обеспечивался быстрый

выезд к месту работ. Места хранения конструкций и материалов располагают вблизи железнодорожного пути с подъездами для автокрана и автомобилей.

Опыт показал, что по условиям подъезда в среднем около 20—25 % общего объема работ по сооружению опор контактной сети можно вести с поля. Поэтому особое внимание уделяют подготовке дорог и подъездов к местам установки опор, для чего комплект механизмов, работающих с поля, дополняют бульдозером. Как правило, в состав каждой специализированной колонны входят три комплексных бригады, в том числе две оснащенные комплектами механизмов для работы с пути и одна — для сооружения опор с поля.

Комплексная бригада, выполняющая работу с пути, имеет в своем распоряжении *установочный поезд*, состоящий из локомотива, железнодорожного крана, платформы для расположения стрелы крана, двух четырехосных платформ для опор и фундаментов, крытого вагона, автомобиля, котлованокопателя и комплекта механизмов для засыпки и уплотнения грунта в котлованах.

Комплексную бригаду для установки опор с поля оснащают одним или двумя автомобилями, котлованокопателем на тракторном ходу, автомобильным краном, бульдозером и комплектом механизмов для засыпки и уплотнения грунта в котлованах.

После сооружения опор их принимают под монтаж в полном объеме в пределах перегона, станции, отдельного парка или анкерного участка представители электромонтажного поезда и зазчика.

На принятом под монтаж участке к работе приступает *прорабский пункт* по монтажу контактной сети, имеющий в своем составе 25—35 электромонтеров, распределенных по бригадам. Каждая бригада состоит из пяти-шести электромонтеров, одного-двух и более сигнальщиков, назначаемых в зависимости от характера выполняемых работ, плана и профиля пути, и выполняет на закрепленном за ней участке все электромонтажные работы. Организуют работы на прорабском пункте производитель работ (прораб) и один-два мастера.

Каждому прорабскому пункту дается комплект машин и механизмов, эксплуатацией и ремонтом которых ведает линейный механик. Из самоходных единиц применяются три-четыре одного из



Рис. 15.1. Автомотриса АДМс

типов автомотрис АДМс (рис. 15.1). АДМ, АДМ-2 (см. рис. 12.5) и другие модификации, АГВ (см. рис. 12.4) или АРВ (рис. 15.2), грузовая дрезина ДГК<sup>У</sup> (рис. 15.3) МПТ-4; МПТ-6 с горизонтальной стрелой грузоподъемностью соответственно 3,5; 5,0; 6,3 т, две-три раскаточные платформы (рис. 15.4), вагон-мастерская, тепловоз, автокран и автомобиль повышенной проходимости.

Применяют также самоходную машину с шарнирной стрелой МШТС-2ПМ (рис. 15.5, а), скорость автономного перемещения которых до 8 км/ч. Доставляют ее к месту работы автомотрисой или тепловозом. Шарнирная поворотная стрела машины состоит из двух колен. У конца верхнего колена укреплены две монтажные

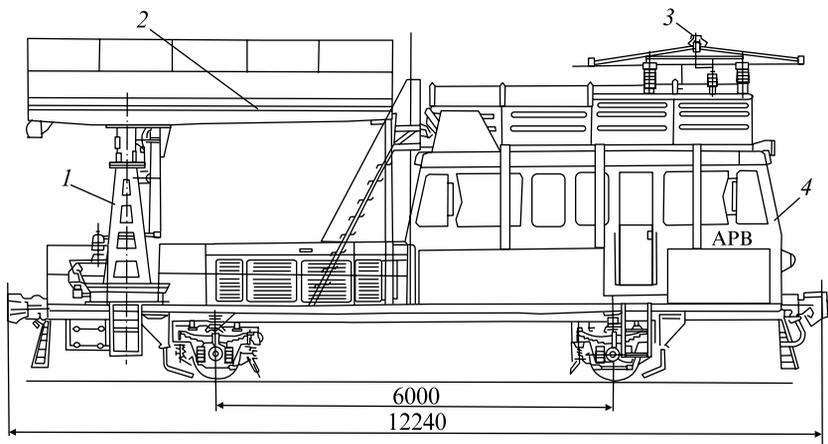


Рис. 15.2. Автомотриса АРВ-1: 1 — стрела подъемно-поворотная; 2 — неизолированная рабочая площадка; 3 — токоприемник с устройством заземления контактной подвески; 4 — кабина

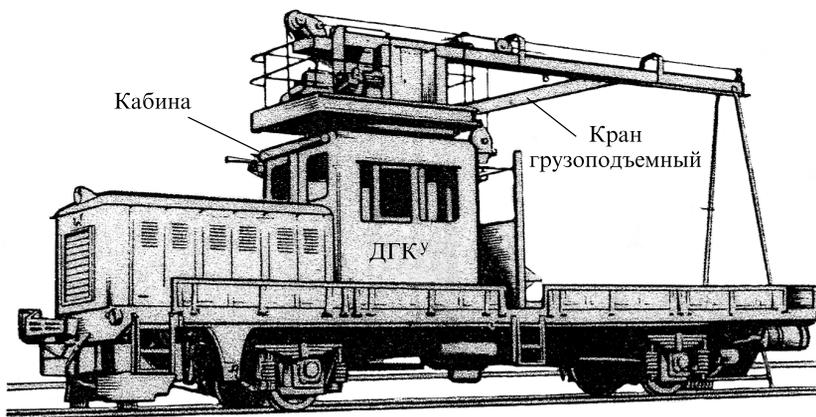


Рис. 15.3. Грузовая дрезина ДГКУ

корзины грузоподъемностью до 400 кг. Система крепления монтажных корзин обеспечивает их постоянное вертикальное расположение при любом положении шарнирной стрелы. Управление машиной двойное: с нижнего пульта, установленного на платфор-

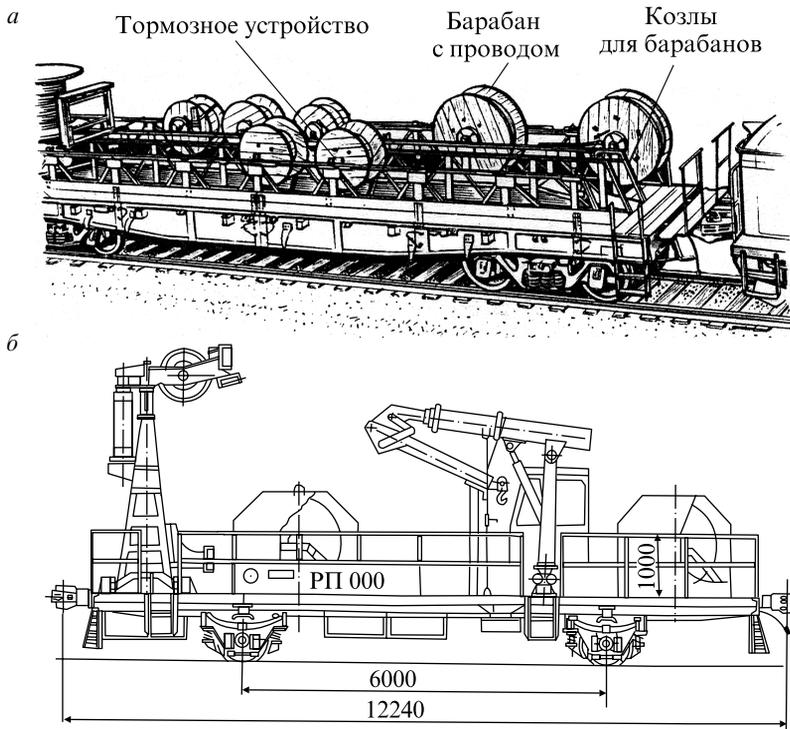


Рис. 15.4. Платформы: *a* — раскаточная четырехосная;  
*б* — двухосная раскаточная РП

ме, и с верхнего, который размещен в одной из корзин. Наибольший вылет стрелы с корзиной 15 м, наибольшая высота подъема корзин 17,6 м, скорость подъема 20 м/мин. Для выполнения монтажных работ с поля машина с шарнирной стрелой выпускается на автомобильном МШТС-2А (рис. 15.5, б) и на гусеничном ходу МШТС-2Т.

Шарнирную стрелу устанавливают также на автомотрисе АДМ вместо монтажных площадок и крана. Она оборудована лебедкой грузоподъемностью 2,5 т и приспособлением для монтажа консолей. Наибольшая высота подъема корзин 18 м, угол поворота стрелы 360°.

Перед началом монтажных работ определяют необходимое количество и продолжительность «окон», предусматривая концен-

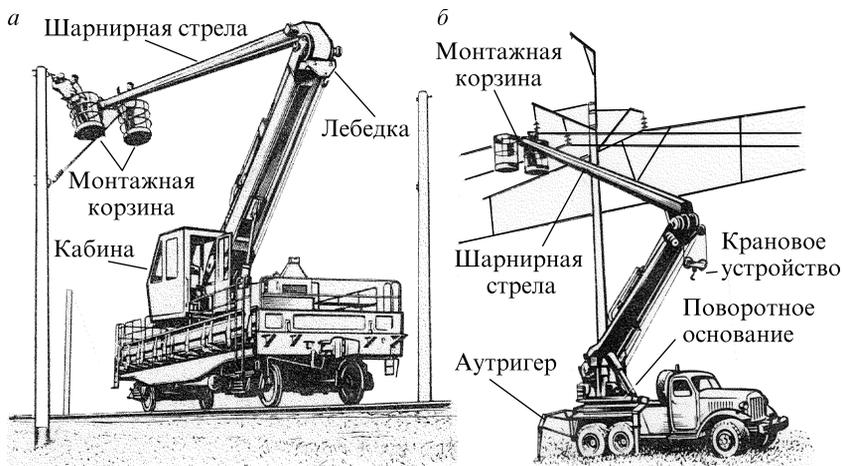


Рис. 15.5. Машина с шарнирной стрелой:  
*a* — МШТС-2ПМ; *б* — МШТС-2А

трацию всех сил и механизмов на том участке, где выделяется «окно» для монтажных работ. Большую часть работ по монтажу контактной сети (армирование опор, регулировка контактной подвески) выполняют без прекращения движения поездов с ограждением места работ сигнальщиками.

## 15.2. Строительные работы по сооружению контактной сети

До начала строительных работ осуществляют разбивку мест установки опор согласно планам контактной сети перегонов и станций, разработанным проектной организацией. Положение оси опор отмечают нанесением вертикальной черты, номера и типа опоры несмываемой краской на шейке наружного рельса с полевой стороны. Одновременно отмечают габаритное расстояние от оси пути до опоры.

*Котлованы под опоры, анкеры и фундаменты* разрабатывают главным образом механизированным способом, используя котлованокопатели, буровые машины, экскаваторы и другие механизмы. Во избежание повреждения подземных коммуникаций специ-

альными искателями определяют места положения коммуникаций. При невозможности применения средств механизации из-за наличия подземных коммуникаций котлованы разрабатывают вручную. Близость расположения котлованов к действующему пути требует тщательного соблюдения требований безопасности движения поездов и работающих лиц при производстве работ. На время производства работ машинистам поездов выдают предупреждения о повышении бдительности или снижении скорости движения в особо опасных местах.

Руководитель работ наблюдает за состоянием земляного полотна и креплений котлованов. При значительном притоке в котлован воды ее откачивают и устанавливают шпунтовые ограждения. Котлованы разрабатывают в сжатые сроки и работы организуют так, чтобы фундаменты, анкеры и опоры устанавливались в то же «окно» или в срок не более суток во избежание обрушения стенок и нарушения их несущей способности.

Многоковшовые котлованокопатели ВК для работы с пути монтируют на дрезине ДГК<sup>у</sup> (рис. 15.6), а котлованокопатели МКТС для работы с поля — на тракторе (рис. 15.7). Они позволяют разрабатывать котлованы размером 0,7 × 0,9 м глубиной до 5 м за два или несколько проходов. Вылет рабочего органа от оси машины 3,5—6,0 м. Средняя производительность котлованокопателя на железнодорожном ходу за 1 ч работы в талых грунтах — 8 котлованов и в мерзлых — 4. Машина на тракторном ходу разрабатывает за смену 15—18 котлованов в талых грунтах и 7—9 в мерзлых. Скорость передвижения дрезин до 80, тракторов — до 7,5 км/ч.

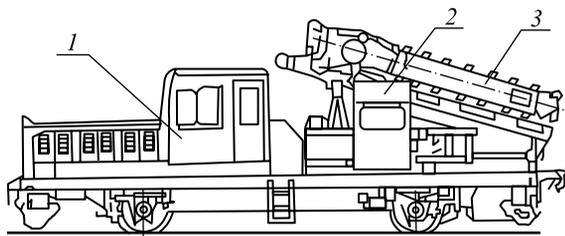


Рис. 15.6. Вертикальный котлованокопатель на железнодорожном ходу ВК-3: 1 — кабина дрезины; 2 — кабина управления; 3 — буровое устройство

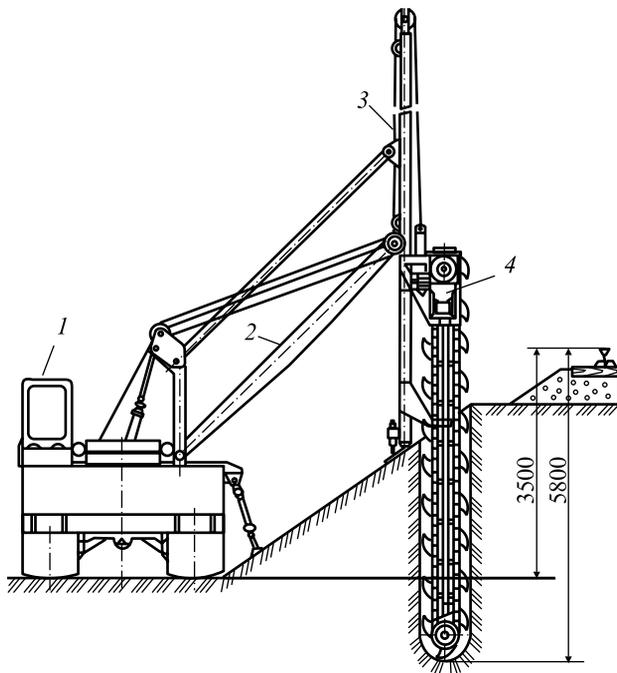


Рис. 15.7. Многоковшовый котлованокопатель на гусеничном ходу  
 МКТС-2: 1 — кабина; 2 — стрела; 3 — направляющая рама;  
 4 — рабочий орган

Котлованы под опоры, устанавливаемые без лежней, разрабатывают также буровой машиной БМ на базе автомотрисы АДМ-1С (рис. 15.8) и БМТС-2 на базе дрезины ДГКУ. Процесс бурения состоит из четырех операций: заглубливание бура на 0,8—1 м, подъем его с грунта над поверхностью земли, разбрасывание грунта под влиянием центробежной силы от быстрого вращения бура и опускание невращающегося бура в котлован. Циклы бурения повторяют до достижения необходимой глубины, после чего машину переводят в транспортное положение и она следует к очередному котловану. Общая продолжительность всего цикла работ с передвижением к очередному котловану составляет 20 мин.

Буровая машина отрывает котлованы диаметром 0,65 м, глубиной 5,0 м при вылете рабочего органа 2,7—6,7 м от оси; ее про-



Рис. 15.8. Автомотриса АДМ-1С: 1 — буровая установка; 2 — кран-манипулятор; 3 — телескопическая вышка; 4 — неизолированная рабочая площадка; 5 — кабина

изводительность за 1 ч работы составляет 10—12 котлованов в талых грунтах и 6—8 в мерзлых.

Агрегат для вибропогружения свайных фундаментов АВФ-1 применяют для вибропогружения трехлучевых фундаментов, анкеров и свай под сборные фундаменты опор контактной сети в талые грунты. Он имеет погрузочно-зарядное и опорно-поворотное устройства, на последнем установлено рабочее оборудование (выдвижная и поворотные фермы, направляющая рама, каретка вибропогружателя) для захвата и вибропогружения опорных конструкций. Силовая установка — дизель-электрический агрегат.

Техническая производительность вибропогружения свайного фундамента — не менее 3 шт/ч, масса погружаемого фундамента

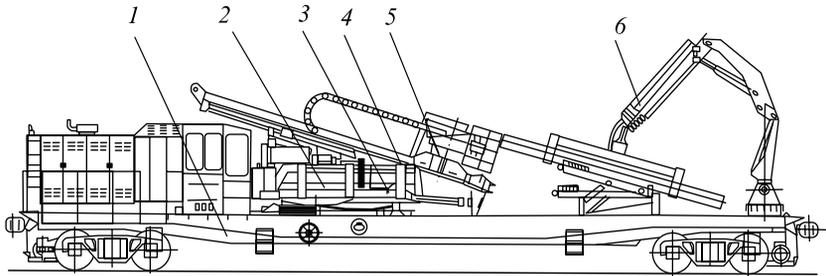


Рис. 15.9. Агрегат для вибропогружения свайных фундаментов МС (модернизированный вариант АВФ-1): 1 — платформа; 2 — поворотная рама; 3 — выдвижная ферма; 4 — направляющая рама; 5 — вибропогружатель; 6 — погрузочно-зарядное оборудование

или сваи — до 2,6 т. Длина погружаемых свай — до 5,6 м, фундаментов — до 4,5 м; глубина погружения фундамента от УГР — 5,0 м. Расстояние от оси пути до внутреннего края устанавливаемых оснований 3,1—5,7 м (рис. 15.9).

Буровые машины УКБС-2Г, МРКС-1А (рис. 15.10) монтируют на четырехосной платформе и перемещают автотрассой или тепловозом.

Для разработки котлованов под фундаменты стационарных опор гибких поперечин применяют одноковшовые экскаваторы с обратной лопатой вместимостью 0,25—0,35 или 0,5—0,65 м<sup>3</sup>. Наиболее пригоден для разработки котлованов экскаватор Э-221 на базе

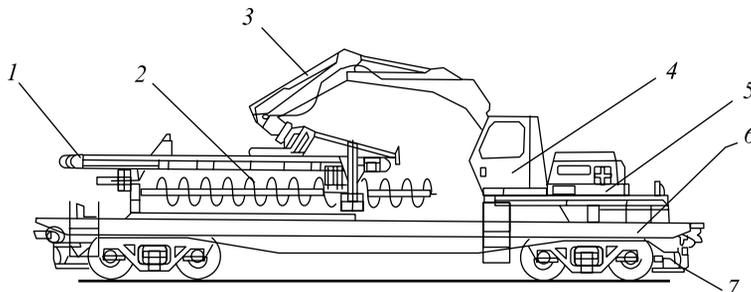


Рис. 15.10. Машина МРКС-1А: 1 — захват; 2 — буровое оборудование; 3 — манипулятор; 4 — кабина; 5 — силовая установка; 6 — базовая платформа; 7 — привод хода

колесного трактора «Беларусь», который разрабатывает котлованы глубиной 3,2 м от уровня его стоянки. На этом же тракторе смонтирован нож для предварительной срезки грунта.

Для бурения скважин в скальных породах применяют универсальный комплекс УКБС-2Г или другие буровые машины. В отдельных случаях для рыхления скального грунта применяют взрывные работы, которые выполняют специализированные организации.

Для установки фундаментов в грунтах вечной мерзлоты с глубоким промерзанием производят завинчивание металлических трубчатых свай специализированным машинным комплексом.

Работы по сооружению фундаментов опор контактной сети и анкеров осуществляют в такой последовательности: изготавливают фундаменты и анкеры на строительной базе или получают готовые; развозят их специальными поездами или внерельсовыми транспортными средствами и устанавливают кранами в заранее подготовленные котлованы; осуществляют вибропогружение свайных фундаментов или бетонируют фундаменты на месте.

Установку фундаментов, анкеров и опор контактной сети выполняют механизированным способом. Опоры контактной сети устанавливают на фундаменты или непосредственно в грунт в подготовленные котлованы. В слабых грунтах под опоры для устойчивости устанавливают опорные плиты.

Наибольшее распространение из существующих железнодорожных кранов для установки фундаментов, анкеров и опор контактной сети получили краны КЖДЭ (КДЭ); КЖС-16 грузоподъемностью 16—25 т (рис. 15.11, а, б).

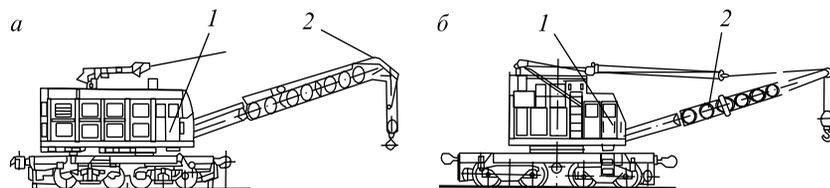


Рис. 15.11. Краны: а — КЖДЭ (КДЭ); б — строительно-монтажный КЖС-16; 1 — кабина управления; 2 — стрела крана

При работах с поля для установки фундаментов, анкеров и опор используют тракторные краны КТС-5Э, КТС-10Э, КМТТС-10 и др., применяют также автомобильные краны.

Перед установкой фундамента, анкера или опоры в котлован проверяют правильность отметки дна котлована относительно УГР. Крюк крана присоединяют к опоре несколько выше центра тяжести, после чего опору поднимают и опускают в котлован или на фундамент, придавая ей наклон 1,5 % от высоты опоры в сторону, противоположную действию основных нагрузок. Котлован засыпают слоями не более 20 см и тщательно утрамбовывают каждый слой. При работе в зимних условиях обычно засыпают котлован привозным талым грунтом или обязательно размельчают мерзлый грунт так, чтобы его комья были размером не более 5 см.

Свайные фундаменты устанавливают при вибропогружении агрегатом АВСЭ-М, смонтированным на четырехосной платформе (рис. 15.12), или МС (АВФ) (см. рис. 15.9). При этом отпадает необходимость в земляных работах и значительно ускоряется установка опор контактной сети.

На раме платформы АВСЭ-М расположено поворотное устройство агрегата, на котором находится стрела с направляющими для выдвижения и поворота. На конце выдвижной стрелы укреплена конструкция для вертикального перемещения рабочего органа, внутри которой находится вибропогружатель ВП-1 с электродви-

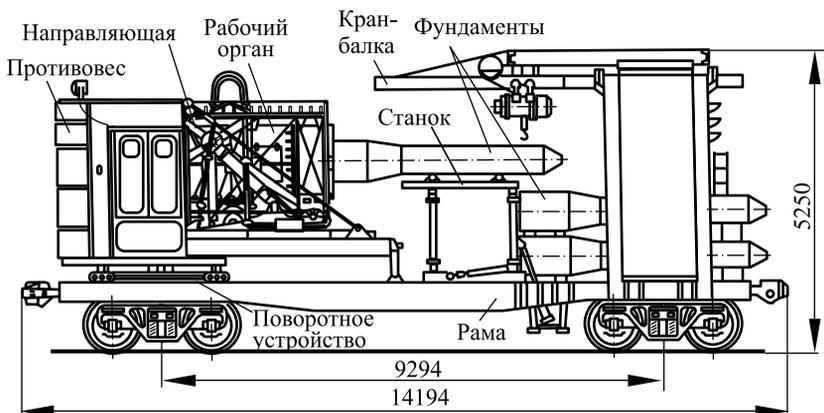


Рис. 15.12. Агрегат вибропогружения свай (вибропогружатель) АВСЭ-М

гателем и гидравлическим захватом. На другом конце платформы расположена поворотная кран-балка с тельфером грузоподъемностью 2 т, позволяющая грузить фундаменты на платформу и устанавливать их на специальный станок посередине платформы. Этим станком фундамент подается в гидравлические захваты рабочего органа. Под кран-балкой укладывается 16—18 фундаментов. Агрегат приводится в действие и транспортируется мотовозом-электростанцией МЭГ-1, на которой имеется трехфазный генератор мощностью 200 кВт.

Агрегат дает возможность погружать свайные фундаменты длиной до 5 м при расстоянии от оси пути 2,7—5,4 м. При погружении в грунт вибропогружателем ВП-1 свайный фундамент подвергается знакопеременным колебаниям с частотой 7 Гц и амплитудой 10—18 мм. За двухчасовое «окно» агрегатом АВСЭ погружают 8—9 свай.

Большой экономический эффект дает использование свайных фундаментов под станционные опоры гибких поперечин. Свайный фундамент из 4—8 железобетонных свай длиной 5—10 м сечением 30×30 или 35×35 см объединяют поверху плитой и соединяют с ней болтами или сваркой (ростверком). Для погружения свай под станционные опоры контактной сети применяют вибропогружатель ВП-30, установленный на железнодорожном кране.

При сооружении больших монолитных фундаментов под опоры гибких поперечин может осуществляться бетонирование фундаментов непосредственно в местах их установки.

*Жесткие поперечины* на железобетонные опоры устанавливают на оголовники или опорные столики установочным поездом. Он состоит из тепловоза, двух четырехосных платформ (под стрелу крана), крана, сцепа из двух четырехосных платформ для перевозки поперечин и крытого вагона для бригады, материалов и инструмента. Для перевозки поперечин длиной более 24 м сцеп дополняют двухосной платформой.

Поперечины длиной до 20 м опускают на стойки непосредственно с установочного поезда с занятием одного пути. Если длина поперечины более 20 м, то установочный поезд располагают на одном пути, а кран — на соседнем с ним пути. Для установки поперечины осуществляют ее строповку четырехветвевым стропом, закрепленным на расстоянии 3—4,5 м от концов поперечины.

После этого ее поднимают и крепят хомутовыми болтами к оголовкам стоек или опорным столикам.

Строительные работы должны быть выполнены так, чтобы обеспечивалась долговременность эксплуатации сооружаемых устройств. Перед установкой металлические опоры, поперечины и другие металлические конструкции окрашивают по всей поверхности и при необходимости восстанавливают защитные битумные покрытия подземной части поверхности фундаментов, анкеров и железобетонных опор.

### **15.3. Монтаж контактной сети**

Работы по монтажу контактной сети выполняют в соответствии с технологическими картами и Правилами безопасности при электрификации железных дорог.

*Консоли* монтируют на установленных опорах с помощью полиспастов, переносных лебедок или машины МШТС. При подъеме однопутных консолей используют полиспады грузоподъемностью 500 кг. Тяжелые двухпутные и многопутные консоли поднимают ручной лебедкой, полиспадами грузоподъемностью 2000 кг или краном. Армируют консоли на земле до их установки.

Однопутные консоли полиспастом устанавливают в следующем порядке: электромонтер поднимается к вершине опоры (на железобетонную с помощью приставной лестницы) и через струбцину закрепляет один блок полиспаста, затем другой блок внизу крепят за консоль и поднимают ее в наклонном состоянии с бугелем внизу до уровня пяты. Закрепив консоль в пяте, поднимают ее до рабочего состояния, используя пяту как шарнир, после чего закрепляют тягу и снимают блоки. В конце подъема и закрепления ее пяты оттягивают консоль в сторону от опоры и удерживают от раскачивания проволокой БМб.

В тех случаях, когда имеется возможность предоставления «окон», монтаж консолей, особенно тяжелых, выполняют с монтажной машины МШТС-2ПМ. В этом случае консоли устанавливают в следующем порядке: машину останавливают вблизи опоры на расстоянии, обеспечивающем работу шарнирной стрелы. Корзину стрелы опускают для загрузки консоли и необходимых

деталей. После загрузки и захода электромонтеров в корзины (люльки) поднимают стрелу и подводят к опоре. Консоль закрепляют в пяте, один из электромонтеров переходит на опору, а другой удерживает консоль. Стрелу поднимают вверх до положения консоли несколько выше рабочего, после чего закрепляют тягу консоли. Электромонтер с опоры переходит в корзину и шарнирную стрелу опускают.

Правильность установки консолей по высоте и в плане определяют с помощью отвеса, в качестве которого используют тонкую веревку с грузом.

Если работы по установке консолей значительно опережают раскатку несущего троса, то для предохранения от раскачивания консоль разворачивают вдоль пути и закрепляют проволокой БМ6 к опоре.

*Жесткие поперечины* армируют непосредственно с ригеля, с монтажной площадки автототрисы (дрезины) или из корзины машины с шарнирной стрелой. Консольные стойки устанавливают в собранном виде вместе с консолью. Два электромонтера, поднявшись на жесткую поперечину, устанавливают крепежные уголки. Затем полиспастом поднимают консольную стойку, удерживая веревкой, устанавливают ее на поперечине и окончательно закрепляют. Все детали и конструкции массой до 25 кг поднимают веревкой, пропущенной через ролик.

При армировке жестких поперечин треугольными подвесами прикрепляют опорные уголки с тягой крюковыми болтами к поперечине, а затем на тяге подвешивают гирлянду изоляторов с седлом или роликом.

Траверсы устанавливают в такой последовательности: к поперечине крюковыми болтами около промежуточных раскосов закрепляют опорные уголки, к уголкам присоединяют гирлянды изоляторов и затем к ним траверсу. К одному из отверстий в траверсе, ближайшему к оси пути, подвешивают седло или ролик.

Фиксирующий трос монтируют после раскатки по всем путям несущего троса. Натяжение фиксирующего троса регулируют штангой с резьбой на одном из ее концов.

Монтаж *гибких поперечин* начинают с определения требуемой длины фиксирующих тросов, для чего измеряют расстояния между

опорами с учетом наклона передней грани опор, а также длины натяжных штанг, муфт и изоляторов, включаемых в трос. Поперечные несущие тросы заготавливают на 3—4,5 м длиннее фиксирующих (в зависимости от расстояния между опорами); их длину определяют по формуле

$$L = l + 8f^2/(3l),$$

где  $l$  — расстояние между передними гранями опор на уровне крепления поперечных несущих тросов, м;

$f$  — стрела провеса ненагруженного несущего троса, м, которую принимают 4,2—4,5 м для опор высотой 15 м и 9,0—9,4 м — для опор высотой 20 м.

В гибкой поперечине сначала монтируют верхний фиксирующий трос: при закрепленном одном конце трос перебрасывают через пути, вытягивают с помощью полиспаста и определяют точное место заделки второго конца. После этого незаделанный конец троса опускают на землю, на отметке монтируют натяжные зажимы (или коуши), снова поднимают конец на опору, натягивают трос блоком и закрепляют.

После монтажа верхнего фиксирующего троса подвешивают поперечные несущие тросы. С учетом удлинения тросов при их загрузке поперечным несущим тросам при их монтаже дают стрелу провеса несколько меньшую, чем расчетная (в зависимости от его длины).

Нижние фиксирующие тросы монтируют после раскатки несущих тросов, но до раскатки контактных проводов. Предварительно при подготовительных работах в эти тросы врезают изоляторы для создания нейтральных вставок и для раздела между секциями. При большом числе врезных изоляторов там, где трудно точно определить места расположения, их врезают после монтажа троса со съемной вышки с помощью натяжной муфты. После монтажа тросов устанавливают все необходимые для монтажа цепной подвески зажимы.

Регулируют гибкие поперечины после раскатки и монтажа продольных несущих тросов и контактных проводов, но до регулировки цепной подвески в целом. При этом несущие тросы контактных подвесок устанавливают в проектное положение относительно оси пути, струны гибких поперечин приводят в вертикальное положение.

ние, а фиксирующие тросы — в горизонтальное. После регулировки окончательно закрепляют струны гибких поперечин.

*Монтаж несущего троса* контактных подвесок начинают с его раскатки одним из способов: поверху с движущейся раскаточной платформы (с закреплением конца троса до начала раскатки на анкерной опоре); поверху с неподвижной раскаточной платформы, установленной у начала анкерного участка (с протягиванием троса автотрисой, движущейся к противоположному концу анкерного участка).

До раскатки троса проводят необходимые подготовительные работы, заключающиеся в установке монтажных роликов, компенсаторов и др.

При выполнении работ поверху с движущейся платформы автотриса останавливается у начала анкерного участка (рис. 15.13). Трос *1* закрепляют на опоре и на монтажной площадке *2* дрезины, поднятой на такую высоту, чтобы трос находился примерно на уровне подвески на опорах. Затем при движении монтажного поезда со скоростью 8—10 км/ч закладывают трос в монтажные ролики в каждой точке подвеса. При этом в зависимости от состава монтажного поезда могут быть два способа раскатки: с предварительным раскатыванием несущего троса на шпалы (или на обочину пути) с платформы *3*, перемещаемой мотовозом *4* (см. рис. 15.13, *а*) и без применения дополнительного мотовоза с одновременной раскаткой и подъемом троса (см. рис. 15.13, *б*). Натягивают и анкеруют

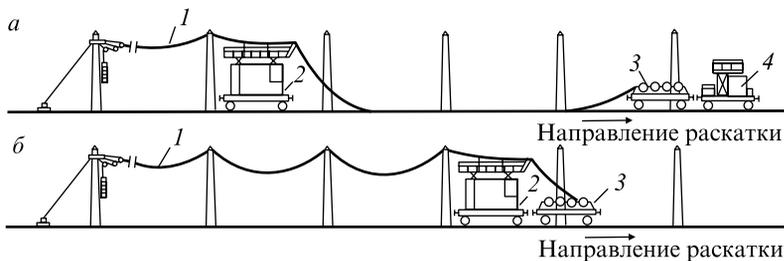


Рис. 15.13. Схемы раскатки несущего троса поверху с движущейся дрезиной: на шпалы (обочину) с последующей подъемкой (*а*) и с одновременной подъемкой на опоры (*б*)

трос на опору с помощью полиспаста, присоединяемого к опоре. Затем несущие тросы переводят из роликов в седла и одновременно монтируют струны.

Раскатка несущего троса с неподвижной платформы производится в тех случаях, когда приходится пропускать его над какими-либо ранее смонтированными проводами. Перед началом раскатки монтажный поезд устанавливают у анкерной опоры, на которой должен анкероваться раскатываемый участок троса. Платформу с барабанами затормаживают и отцепляют от автомотрисы. На автомотрису подают свободный конец троса, после чего начинается раскатка. У каждой точки подвеса автомотрису останавливают и конец троса пропускают через подвешенный на консоли ролик. У конца анкерного участка трос закрепляют на анкерной опоре. Вытягивают трос со стороны раскаточной платформы, после чего его анкеруют.

После раскатки несущего троса устанавливают струны, которые заготавливают по расчетным размерам. Несущий трос переводят из роликов в седла одновременно с монтажом струн.

Монтаж несущих тросов на станционных путях выполняют групповым методом: одновременно по обочине раскатывают до четырех анкерных участков троса с четырех барабанов. Начальные концы тросов крепят на соответствующих анкерных опорах. Поднимают и передвигают тросы на соответствующий путь поочередно с помощью полиспастов.

Затем регулируют натяжение и стрелы провеса подвешенного троса. Натяжение определяют с помощью динамометра, а стрелу провеса рассчитывают по формуле

$$F = 0,5 (h_1 + h_2) - h_c.$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — высоты двух соседних точек подвеса несущего троса над УГР;

$h_c$  — расстояние от несущего троса до головки рельса в середине пролета.

Определив температуру наружного воздуха, изменяют натяжение троса полиспастом, а длину стрел провеса выбирают в соответствии с монтажной таблицей, но уменьшенными на 5–10 % с учетом последующей вытяжки троса.

Для примера ниже приведена монтажная таблица стрел провеса  $F$  и натяжений  $T$  несущего троса ПБСМ-70 полукомпенсиро-

ванной цепной подвески с одним контактным проводом МФ-100 в ненагруженном состоянии (т.е. до монтажа контактного провода) при длине эквивалентного пролета 70 м:

Температура воздуха, °С . . . . .	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Стрела провеса $F$ , см . . . . .	32	36	41	47	54	62	71	81
Натяжение $T$ , кН . . . . .	11,45	10,15	8,25	7,80	6,80	5,90	5,15	4,55

Учитывая, что длина пролетов между опорами неодинакова, величину так называемого эквивалентного пролета можно принять как среднее арифметическое длин пролетов в пределах анкерного участка.

Раскатку контактного провода 1 (рис. 15.14) производят с помощью монтажного поезда, имеющего раскаточную платформу 4 и монтажную автомотрису 2. Перед началом раскатки монтажный поезд устанавливают вблизи анкерной опоры. Конец контактного провода подают на площадку автомотрисы и затем на опору, где закрепляют за струбцину, укрепленную на высоте анкеровки провода. После этого монтажный поезд движется со скоростью до 10 км/ч в направлении к противоположному концу анкерного участка. При этом контактный провод подвизывают к подвешенным на несущем тросе струнам 3. Два электромонтера подхватывают струны и, переходя вдоль монтажной площадки в направлении, противоположном ходу поезда, подвизывают контактный провод к концам струн. Третий электромонтер, находясь на площадке, приподнимает контактный провод. Электромонтеры, находящиеся на раскаточной платформе, притормаживают барабаны и следят за сходом с них провода.

Фиксаторы на прямых участках пути и в кривых больших радиусов при монтаже контактного провода обычно не устанавливают.

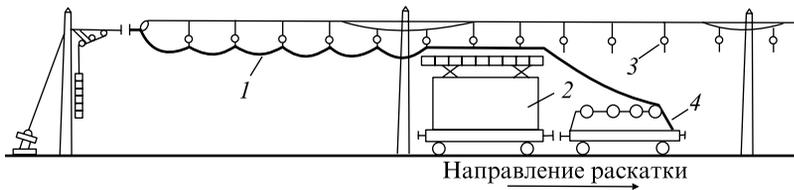


Рис. 15.14. Схема раскатки контактного провода поперек

вают, поэтому раскатку провода ведут без остановки монтажного поезда. В кривых малых радиусов провод к опорам оттягивают временной проволочной оттяжкой.

Двойной контактный провод раскатывают одновременно с подвязыванием к струнам каждого провода. При подходе к концу анкерного участка поезд останавливают и на монтажную площадку автомотрисы подают блок полиспаста, присоединенного другим концом к струбцине, укрепленной на опоре или у вилки подвижного блока компенсатора, и вытягивают провода.

*Цепная подвеска в целом* может быть смонтирована поверху и понизу. Существующие методы монтажа цепной подвески поверху разделяют на два: раздельный и комплексный.

При раздельном методе сначала раскатывают поверху несущий трос, устанавливают струны, затем в другое «окно» раскатывают поверху контактный провод. Этот метод монтажа применяют на станциях, в кривых малого радиуса, при электрификации вторых путей и на вновь строящихся электрифицируемых линиях.

При комплексном методе в одно «окно» одновременно раскатывают несущий трос, устанавливают струны, раскатывают и подвязывают к струнам контактный провод. Для работы по комплексному методу формируют монтажный поезд с двумя автомотрисами. Для этого метода монтажа необходимо предоставление меньшего количества «окон», но большей продолжительности.

Во время монтажа понизу несущий трос и контактный провод раскатывают на обочину пути, после чего временно подвешивают их на опорах на небольшой высоте, вытягивают, анкеруют, собирают и предварительно регулируют цепную подвеску в комплексе со струнами. Затем подготовленный анкерный участок поднимают в седла на консоли, развернутые вдоль оси пути. Для этого несущий трос на двух-трех смежных опорах освобождают от временного крепления и, благодаря получающейся слабине, полиспастом поднимают цепную подвеску в сборе на консоль, после чего переходят к следующей опоре.

После того как цепную подвеску поднимут в седла по всей длине анкерного участка, консоли поворачивают и устанавливают перпендикулярно оси пути при полукомпенсированной подвеске и с необходимым смещением (в зависимости от температуры на-

ружного воздуха при монтаже) — при компенсированной. Монтаж понизу осуществляют при неизолированных консолях с одним контактным проводом на прямых и кривых участках радиусом более 1200 м с опорами на внутренней стороне кривой.

*Провода ВЛ СЦБ, ВЛ ПЭ, усиливающие* и другие, расположенные с полевой стороны опор, монтируют различными способами в зависимости от конкретных условий.

Если к опорам имеется достаточно хороший подъезд с полевой стороны, то провода раскатывают с автомобиля или трактора. Барабаны с проводом устанавливают на монтажные козлы или на домкраты в кузове автомобиля или на специальной тележке. Поднимают провода и устанавливают кронштейны машиной МШТС-2А.

При отсутствии подъезда к опорам со стороны поля провода раскатывают на обочину пути, что целесообразно делать до установки консолей, так как после раскатки провода перебрасывают через опоры, используя площадки автотрис, дрезин или корзины машины МШТС-2ПМ.

В некоторых случаях провода раскатывают вручную. Барабаны в этих случаях развозят в удобные места и устанавливают на монтажные козлы, обеспечивающие подъем барабана с земли до высоты, достаточной для его вращения.

Монтаж указанных проводов, расположенных со стороны пути, ведут одним из способов, применяемых при монтаже несущего троса.

#### **15.4. Регулировка проводов цепной подвески**

Регулируют провода контактной сети со съемных вышек, площадок автотрис, дрезин или монтажного поезда. При этом монтируют средние анкеровки, выправляют контактный провод, устанавливают струновые зажимы, фиксаторы, электрические соединители и регулируют контактный провод по высоте и в плане.

Продольную регулировку начинают со стороны жесткой анкеровки при односторонней компенсации или с монтажа средней анкеровки при двухсторонней. Выкручивают и выправляют контактный провод с помощью рихтовочных ключей, добиваясь, чтобы провод везде был обращен вниз рабочей поверхностью, после

чего устанавливают струновые зажимы, которые должны быть в вертикальном положении, и к ним подвязывают струны. На концах струн оставляют запас по 20—25 см для последующей регулировки. Особое внимание обращают на наличие «жестких» точек и устраняют их. «Жесткие» точки и изгибы в эксплуатации неизбежно приводят к повышенному местному износу контактного провода.

Компенсированную цепную подвеску регулируют в соответствии с монтажными схемами и таблицами. В целях лучшего токосъема регулировку ведут таким образом, чтобы его траектория приближалась к прямой линии. Монтажная схема для компенсированной подвески с несущим тросом ПБСМ-70 при одном контактном проводе в промежуточных полетах при семи струнах приведена на рис. 15.15. Данные о стрелах провеса приведены в табл. 13.6.

Контактные провода на участке от опоры до первых вертикальных струн должны быть расположены на одной высоте. Для спрямления траектории проследования полоза токоприемника в компенсированной подвеске их регулируют с некоторым провесом.

Провес контактных проводов в середине пролета между опорами для компенсированных подвесок, состоящих из проводов М-120+2МФ-100, ПБСМ-95+МФ-100 и ПБСМ-70+МФ-100, при скорости движения поездов до 160 км/ч на прямых участках и в кривых радиусом более 800 м должен быть следующим:

Длина пролета между опорами, м . . . . .	50	60	70
Стрела провеса, мм:			
при двух контактных проводах . . . . .	20	30	40
при одном контактном проводе . . . . .	30	40	50

Более сложной является регулировка *полукомпенсированной цепной подвески*, так как для нее должна быть учтена температура наружного

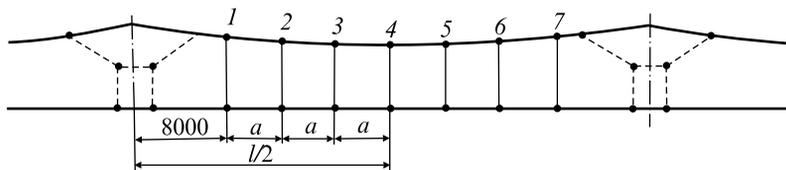


Рис. 15.15. Расположение и длины струн в промежуточных пролетах компенсированных подвесок

воздуха. Перед началом работ определяют высоту контактного провода при его беспровесном положении. Затем с учетом температуры наружного воздуха находят по монтажной таблице изменение высоты расположения контактного провода у опоры  $\Delta h$ . По монтажной таблице находят также стрелу провеса провода  $f$  в середине пролета, изменяют ее на ту же величину  $\Delta h$  и на этой измененной высоте подвешивают контактный провод в середине пролета. Под остальными струнами стрелу провеса устанавливают так, чтобы обеспечивалось плавное изменение высоты контактного провода от средней части пролета к опоре.

Если провод регулируют при отрицательных температурах, то под фиксатором его монтируют выше высоты беспровесного положения на размер, указанный в монтажной таблице, и в середине пролета с отрицательной стрелой провеса также выше в сравнении с высотой под фиксатором. Окончательно контактный провод целесообразно регулировать по высоте при температуре беспровесного состояния. Более подробно регулировка контактных проводов по высоте и установка его стрел провеса в пролете описаны ранее (см. п. 13.8).

Одновременно с регулировкой контактного провода монтируют фиксаторы. При этом обращают внимание на соблюдение всех размеров, установленных типовым проектом, особенно расстояния от контактного провода до основного фиксатора. На контактном проводе закрепляют фиксирующий зажим и устанавливают проектный зигзаг, который определяют отвесом непосредственно по отношению к оси пути.

На кривых участках пути (рис. 15.16) из-за возвышения наружного рельса ось токоприемника 3 не совпадает с вертикальной осью пути 2 (на этом рисунке 1 — уровень расположения контактного провода).

В этом случае по отношению к вертикальной оси пути в направлении к центру кривой смещают провод на размер  $x$ , равный примерно  $4d$ , что видно из подобия треугольников  $x = h_x d/a$  (здесь  $a \approx 1,5$  м — ширина колеи;  $h_x \approx 6$  м — высота расположения контактного

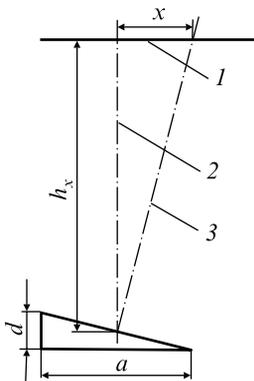


Рис. 15.16. Схема определения смещения токоприемника при наклоне кузова локомотива

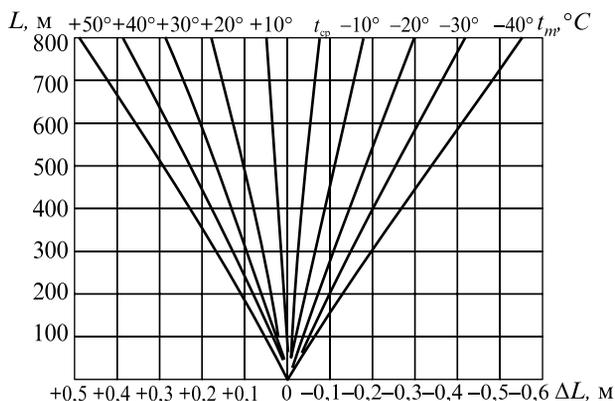


Рис. 15.17. График продольных перемещений контактного провода для районов с колебанием температур от  $-40$  до  $+50$  °C

провода;  $d$  — возвышение наружного рельса). Кроме того, на критических участках пути с помощью отвеса проверяют выносы контактного провода относительно оси токоприемника в середине пролета и соответствие их допустимым значениям.

По окончании монтажа фиксаторов уточняют размер сдвига фиксаторов и наклона струн вдоль пути. При полукомпенсированной подвеске фиксирующие и струновые зажимы смещают относительно оси опоры и вертикального расположения струн вдоль пути в зависимости от температуры при монтаже и расстояния опоры до средней или жесткой анкеровки  $L$ . Сдвиг  $\Delta L$  находят по графику продольных перемещений контактного провода (рис. 15.17). По соответствующим схемам, приведенным в типовых проектах, также сдвигают концы консолей относительно перпендикулярного расположения по отношению к оси пути. Сопряжения анкерных участков и воздушные стрелки регулируют в соответствии со схемами, установленными типовым проектом, и схемами взаимного расположения проводов.

### 15.5. Приемка и проверка контактной сети перед вводом в эксплуатацию

Приемку в эксплуатацию электрифицированных участков железных дорог осуществляют в соответствии с требованиями Норм по производству и приемке строительных и монтажных работ при

электрификации железных дорог (устройства контактной сети) и Правил приемки в эксплуатацию законченных строительством, усилением, реконструкцией объектов федерального железнодорожного транспорта.

Для контроля за качеством выполнения работ в процессе строительства и подготовки к вводу в эксплуатацию электрифицируемого участка управлением железной дороги выделяются специальные лица. Одновременно производится укомплектование эксплуатационного штата, который используется для контроля за качеством монтажных и наладочных работ. Эксплуатационный штат участвует также в производстве монтажных работ и проходит стажировку на действующих объектах для получения навыка и права работы в установках высокого напряжения. В период подготовки к сдаче в эксплуатацию электрифицированного участка:

- определяют границы обслуживания районов контактной сети и обеспечивают установку сигнальных знаков и указателей;
- подготавливают необходимую для эксплуатации техническую документацию (см. приложение 13);
- укомплектовывают аварийно-восстановительными средствами, инструментом, инвентарем, защитными средствами и аварийно-восстановительным запасом материалов и запасных частей;
- проводят обучение и проверку знаний эксплуатационного персонала по техническому обслуживанию контактной сети и правил безопасности;
- утверждают схему питания и секционирования контактной сети и вносят необходимые изменения в техническо-распорядительные акты станций;
- обучают работников станций и депо правилам переключения разъединителей;
- проводят обучение и проверку знаний правил безопасности всех работников, связанных с движением электропоездов.

За 15 дней о предстоящей подаче высокого напряжения в контактную сеть через городские, районные и местные органы, печать и радиовещательную сеть оповещаются жители населенных пунктов в зоне электрифицируемого участка. Также оповещение проводится периодически на станциях с радиовещанием за 5 дней до подачи напряжения и в течение 15 дней после этого о наличии высокого напряжения в контактной сети.

В дистанции электроснабжения дается распоряжение о вводе электрифицированного участка в число действующих.

После окончания строительства и монтажа контактную сеть принимают специальные комиссии.

При сдаче в эксплуатацию строительные и монтажные организации предъявляют и передают дистанции электроснабжения следующую *техническую документацию*:

- исполнительные планы и схемы контактной сети, ВЛ электроснабжения, рельсовых цепей, групповых заземлений, питания и секционирования, плавки гололеда и селекторной энергодиспетчерской связи;

- чертежи контактной подвески в искусственных сооружениях с указанием габаритов и нетиповых конструкций и узлов;

- ведомость пересечений с контактной сетью воздушных и кабельных линий;

- ведомость опор с указанием типа, номеров, времени их установки, габарита, типа фундаментов и анкеров;

- акты на освидетельствование котлованов и на скрытые работы;

- ведомость контактной сети и ВЛ по анкерным участкам с указанием марок проводов и номеров барабанов;

- паспорта на изготовление опор и документы на консоли, кронштейны и другие металлические изделия с указанием предприятия-изготовителя и марки применяемого металла.

Для осуществления осмотра и проверки готовности к вводу в эксплуатацию электрифицируемого участка за 1—2 месяца до его пуска создают рабочие комиссии, которые наружным осмотром, натурными проверками участка и технической документации определяют степень готовности контактной сети, ее соответствие проекту, техническим условиям и нормам.

В процессе приемки контактной сети проверяют:

- расстояние от оси пути до установленных опор, соответствие типа опор, арматуры и деталей рабочим чертежам, наличие заземлений, качество выполненных работ;

- соответствие выполненной схемы секционирования проекту, площади сечения контактной сети, отсутствие «узких» мест по площади сечения, работу секционных разъединителей и правильность их установки, правильность установки разрядников и ограничителей перенапряжения;

- расстояния проводов от земли (УГР), в том числе в искусственных сооружениях от заземленных частей, установку знаков ограничения высоты грузов у переездов и ограничительных щитов на мостах, габаритное расстояние воздушных переходов через контактную сеть;

- выполнение строительных работ зданий районов контактной сети, обеспечение оборудованием, защитными средствами, инструментом, инвентарем и неснижаемым запасом материалов и деталей;

- длины пролетов между опорами, акты освидетельствования скрытых (подземных) работ, крепление опор и фундаментов, качество сварки стальных опор и конструкций, качество и правильность установки железобетонных опор с проверкой в них трещин;

- наличие полного количества электрических соединителей, правильность регулировки воздушных стрелок, сопряжений и всей контактной подвески в соответствии с монтажными таблицами, размеры зигзагов и выносов контактного провода, качество монтажа рельсовых цепей;

- действие связи между энергодиспетчером и районами контактной сети и местной связи на станциях, обеспечивающих оповещение и вызов бригад контактной сети.

Для проверки правильности монтажа и регулировки на электрифицированном участке проводят объезд автомотрисой АРВ с контрольным токоприемником или вагоном для испытания контактной сети. Эту проверку называют *холодной обкаткой* контактной сети. При этом проверяют зигзаги и выносы контактного провода, проход в местах сопряжений анкерных участков и по воздушным стрелкам, приближение полоза токоприемника к фиксирующим тросам, основным стержням фиксаторов и к заземленным частям в искусственных сооружениях.

По результатам объезда производят устранение отмеченных недостатков.

До подачи напряжения на каждой секции контактной сети устанавливают надежное заземление. На участках, прилегающих к эксплуатируемым, заземление монтируют сразу после раскатки проводов. Эти заземления снимают непосредственно перед подачей напряжения. После подачи напряжения осуществляют *горячую обкатку* контактной сети, т.е. пробный пропуск ЭПС, при котором представители монтажной и эксплуатационной организаций

проверяют качество токосъема. После такого объезда снимают напряжение с контактной сети и устраняют замеченные дефекты. После первой подачи напряжения контактную сеть уже считают находящейся под напряжением и все последующие работы выполняют в соответствии с Правилами безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог.

## **15.6. Контрольные вопросы**

1. Какие механизмы применяются при строительстве и монтаже контактной сети?
2. Какие имеются методы монтажа несущего троса и контактного провода?
3. Как производится регулировка проводов цепной подвески?
4. Что осуществляется перед подачей напряжения в контактную сеть?

## **15.7. Практические занятия № 15 по теме:**

### **Составление перечня (спецификации) необходимых материалов, арматуры, поддерживающих и фиксирующих устройств**

1. Для анкерного участка длиной 1400 м контактной подвески М-120+2МФ-100.
2. Для узла компенсации контактного провода при блочно-полиспастной компенсации.
3. Для узла компенсации несущего троса М-120 при блочно-полиспастной компенсации.
4. Для средней анкеровки контактного провода и несущего троса.
5. Для подключения ограничителя перенапряжения.
6. Для подключения секционного разъединителя.
7. Для изолирующего сопряжения анкерных участков.
8. Для изолирующего сопряжения анкерных участков (открытого с нормально отключенным разъединителем воздушного промежутка).
9. Для изолирующего сопряжения анкерных участков (закрытого с нормально включенным разъединителем воздушного промежутка).

# Приложения

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Типы контактных подвесок

Типы основных контактных подвесок и область их применения приведены в табл. П1.

Таблица П1

Типы основных контактных подвесок	Область применения контактных подвесок
Компенсированная рессорная с одним или двумя контактными проводами, улучшенными параметрами и коэффициентом неравномерности эластичности не более 1,2 (КС-200)	Главные пути перегонов и станций при скорости движения поездов от 161 до 200 км/ч
То же с коэффициентом неравномерности эластичности не более 1,35 (КС-160)	Главные пути перегонов и станций при скорости движения поездов от 141 до 160 км/ч
Компенсированная рессорная с одним или двумя контактными проводами (КС-140)	Пути перегонов при скорости движения поездов от 71 до 140 км/ч. Главные пути станций при скорости движения поездов от 121 до 140 км/ч
Полукомпенсированная рессорная с одним или двумя контактными проводами (КС-120)	Главные пути станций при скорости движения поездов от 71 до 120 км/ч
Полукомпенсированная с простыми опорными струнами и одним или двумя контактными проводами (КС-70)	Пути перегонов и станций при скорости движения поездов до 70 км/ч

Типы основных контактных подвесок	Область применения контактных подвесок
Простая (без несущего троса) компенсированная с одним контактным проводом (КС-50)	По согласованию со службой электрификации и электроснабжения железной дороги второстепенные пути станций, депо и пути малодеятельных участков при скорости движения до 50 км/ч
Компенсированная или полукомпенсированная ромбовидная с двумя контактными проводами (КС-Р)	Открытые места, где скорость ветра выше нормативной для данного района и провода подвержены автоколебаниям. Протяженность подвески в пределах тягового плеча по условиям износа контактных вставок (пластин) не должна превышать 50 %
Полукомпенсированная рессорная двойная (КС-Д)	При обосновании, а также при реконструкции контактной подвески по согласованию со службой электрификации и электроснабжения железной дороги главные пути перегонов и станций при скорости движения от 71 до 120 км/ч
Автокомпенсированная пространственно-ромбическая с двумя несущими тросами и двумя контактными проводами (КС-ПР)	Тоннели и искусственные сооружения при скорости движения поездов до 120 км/ч

Примечание. Применение компенсированных контактных подвесок КС-160 и КС-200 на главных путях тупиковых, участковых и других больших станций определяется на стадии проектирования, исходя из местных условий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Допустимые значения температуры нагрева проводов и тросов контактной сети**

Температура нагрева проводов и тросов при максимальной температуре воздуха и наибольших токовых нагрузках не должна превышать значений, приведенных в табл. П2.

Таблица П2

Тип провода и троса	Допустимая температура нагрева, °С, при длительности протекания тока, мин		
	20 и более	3	1
Медный контактный	95	120	140
Низколегированный контактный	110	130	150
Бронзовый контактный	120	140	160
Медный многопроволочный	100	120	140
Сталемедный биметаллический многопроволочный	120	140	150
Алюминиевый и сталеалюминиевый многопроволочный, в том числе биметаллический	90	100	110

Проверку проводов и тросов по условиям нагрева проводят по наибольшим за периоды 1, 3 и 20 мин действующим значениям токов нагрузки. Для контактной сети постоянного тока необходимо учитывать 15 % износа каждого контактного провода.

Допустимые значения длительного тока при температуре окружающего воздуха +40 °С и скорости ветра 1 м/с для проводов и тросов контактной сети приведены в ПУТЭКС ЦЭ-868.

### Предельные значения износа контактных проводов

Значения показателей предельного износа медного, низколегированного и бронзового контактного провода, при которых выполняются вставку или его замену, приведены в табл. ПЗ.

Таблица ПЗ

Показатели предельного износа контактного провода	Значение показателей износа при номинальном сечении, мм <sup>2</sup>					Принимаемые меры
	85	100	100 (овальный)	120 100*	150 120*	
Местный износ, мм <sup>2</sup> , не более	30	35	35	40	50	Вставка провода
Высота сечения местного износа, мм, не менее	7,07	7,77	7,64	8,60 7,36*	9,70 7,88*	
Средний износ на анкерном участке, мм <sup>2</sup> , не более	25	30	30	35	45	Замена провода
Высота сечения среднего износа, мм, не менее	7,53	8,20	7,98	9,00 7,78*	10,05 8,23*	

Примечание. На участках со скоростью движения поездов 161—200 км/ч предельный местный износ контактного провода меньше указанных в таблице на 5 мм<sup>2</sup>.

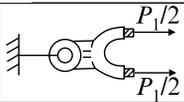
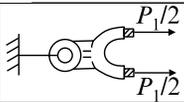
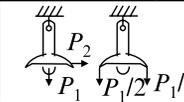
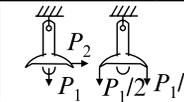
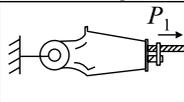
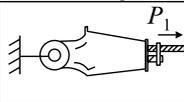
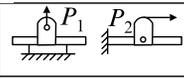
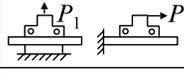
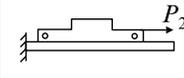
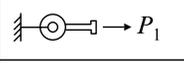
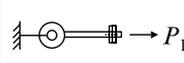
\* Бронзовый контактный провод.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**Арматура контактной сети**

В качестве примера приведены величины допускаемых нагрузок на арматуру контактной сети и схемы их приложения.

Таблица П4

Наименование	Допускаемые нагрузки, кН		Схемы приложения нагрузок
	$P_1$	$P_2$	
Арматура из чугуна			
Ковш вилочный под серьгу 006	20,0	—	
То же 007	20,0	—	
Седло одинарное под серьгу 008	10,0	2,0	
То же 009	10,0	2,0	
Зажим клиновой для серьги 035	20	—	
Зажим цанговый концевой 086	20	—	
Изделия из цветного металла и их сплавов			
Зажим струновой уменьшенный 046	1,5	1,2	
Зажим фиксирующий 049	2,5	2,5	
Зажим стыковой контактного провода 059-1	—	15,0	
Изделия из стали			
Серьга 075	20,0	—	
Штанга нарезка-ушко (L=250) 166	6,0	—	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Струны

Области применения рессорных и вертикальных струн указаны в табл. П5.1.

Таблица П5.1

Область применения струн	Струна в контактной подвеске	
	компенсированной	полукомпенсированной
Промежуточные пролеты: на прямых на кривых радиусом, м: менее 800 800 и более	Рессорная	Рессорная
	Рессорная Рессорная	Вертикальная Рессорная
Неизолирующие сопряжения: рабочие ветви отходящие ветви	Рессорная Вертикальная	Рессорная Рессорная
Изолирующие сопряжения: рабочие ветви отходящие ветви	Рессорная Вертикальная	Вертикальная Вертикальная

Длины рессорных струн приведены в табл. П5.2.

Таблица П5.2

Число контактных проводов и расположение подрессорных струн	Длина рессорной струны $l$ в контактной подвеске, м	
	компенсированной	полукомпенсированной
Один или два контактных провода при совмещенных струнах	$\frac{12 - 14}{18}$	10—12
Два контактных провода на отдельных струнах в шахматном порядке	$\frac{14 - 16}{20}$	12—14

Примечания. 1. В числителе — при скорости движения поездов до 160 км/ч, в знаменателе — от 161 до 200 км/ч.

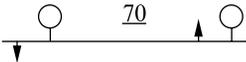
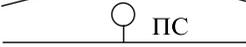
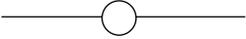
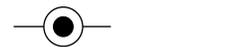
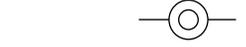
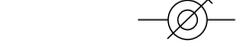
2. При длине пролета 40 м и менее длина рессорной струны (троса) во всех случаях не должна превышать 12 м.

**Условные графические обозначения в схемах питания и секционирования и планах контактной сети и ВЛ железных дорог**

Таблица Пб

Условные графические обозначения устройств контактной сети	
Наименование	Обозначение
Подвеска контактная рабочая	
Подвеска контактная в нерабочей части	
Путь неэлектрифицированный	
Путь электрифицируемый в перспективе	
Разбираемый путь	
Линия усиливающая	
Линия питающая	
Линия воздушная отсасывающая	
Провод экранирующий	
Провод группового заземления	
Провод волноводный	
Опора железобетонная:	
анкерная с одинарной оттяжкой	
Опора металлическая	
Поперечина жесткая на железобетонных опорах	
Поперечина гибкая на металлических опорах	
Поперечина жесткая на металлических опорах	
Изолятор врезной или гирлянда изоляторов	
Изолятор секционный	

Условные графические обозначения устройств контактной сети	
Наименование	Обозначение
Сопряжение изолирующее анкерных участков в схемах питания и секционирования	
Нейтральная вставка из изолирующих сопряжений в схемах питания и секционирования	
Анкеровка жесткая:	
контактного провода или воздушной линии	
несущего троса	
цепной подвески	
Анкеровка компенсированная:	
контактного провода	
несущего троса	
цепной подвески	
Анкеровка полукомпенсированной цепной подвески	
Анкеровка средняя компенсированной цепной подвески	
Анкеровка средняя полукомпенсированной цепной подвески	
Соединитель электрический на сопряжении без секционирования	
Длина, м, и номер анкерного участка:	
для главных путей	
для станционных путей и съездов	
Зигзаг контактного провода нормальный	
Зигзаг контактного провода, отличающийся от нормального, см	

Условные графические обозначения устройств контактной сети	
Наименование	Обозначение
Длина пролета, м, номера опор, направления зигзага контактного провода	
Пересечение проводов на стрелке:	
одинарное	
двойное	
Соединитель электрический поперечный	
Разъединитель однополюсный с ручным приводом:	
нормально включенный	
нормально отключенный	
Разъединитель двухполюсный с ручным приводом:	
нормально включенный	
нормально отключенный	
Разъединитель с ручным приводом и заземляющим ножом:	
нормально включенный	
нормально отключенный	
Разъединитель однополюсный с моторным приводом:	
нормально включенный	
нормально отключенный	
Разъединитель с телеуправлением:	
нормально включенный	
нормально отключенный	

Условные графические обозначения устройств контактной сети	
Наименование	Обозначение
Разрядник роговый с двумя разрывами	
Ограничитель перенапряжения	
Заземлитель диодный	
Промежуток искровой	
Заземлитель диодный с искровым промежутком	
Тяговая подстанция	
Пост секционирования	
Пункт параллельного соединения	
Дежурный пункт района контактной сети	
Трансформаторная подстанция	
Кабельная линия	
Демонтируемая опора	

На рис. П6.1—П6.3 приведены фрагменты схем питания и секционирования контактной сети, планов контактной сети станции.

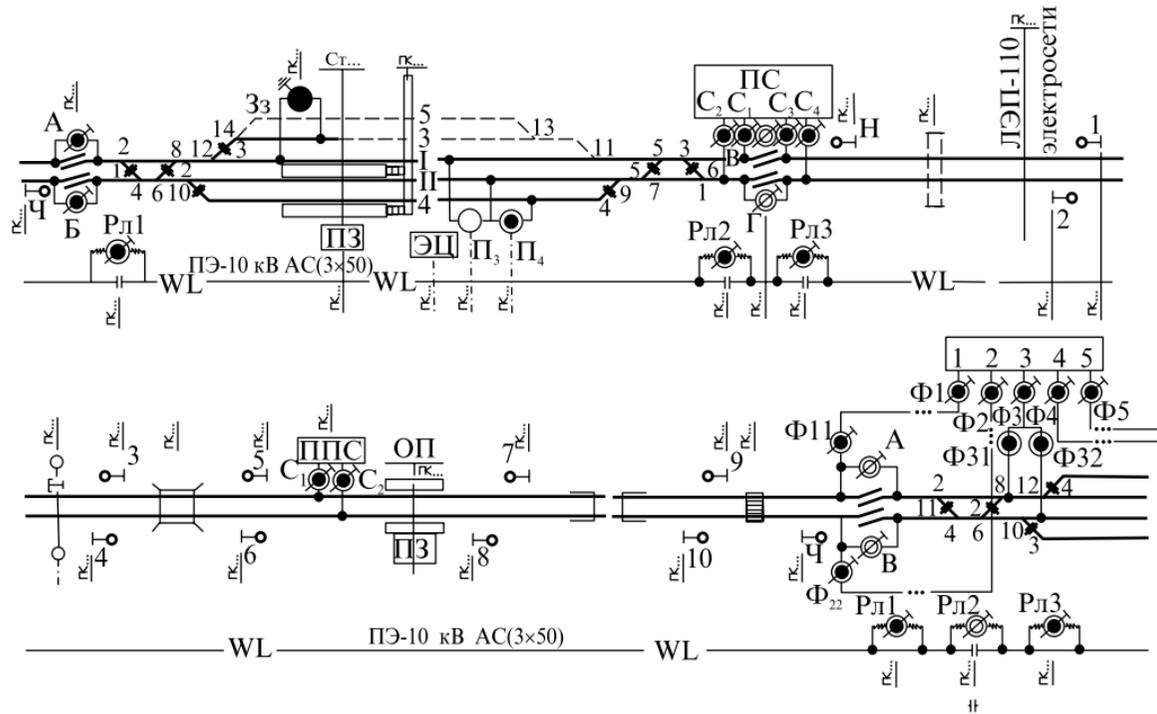


Рис. Пб.1. Фрагмент схемы питания и секционирования контактной сети

a

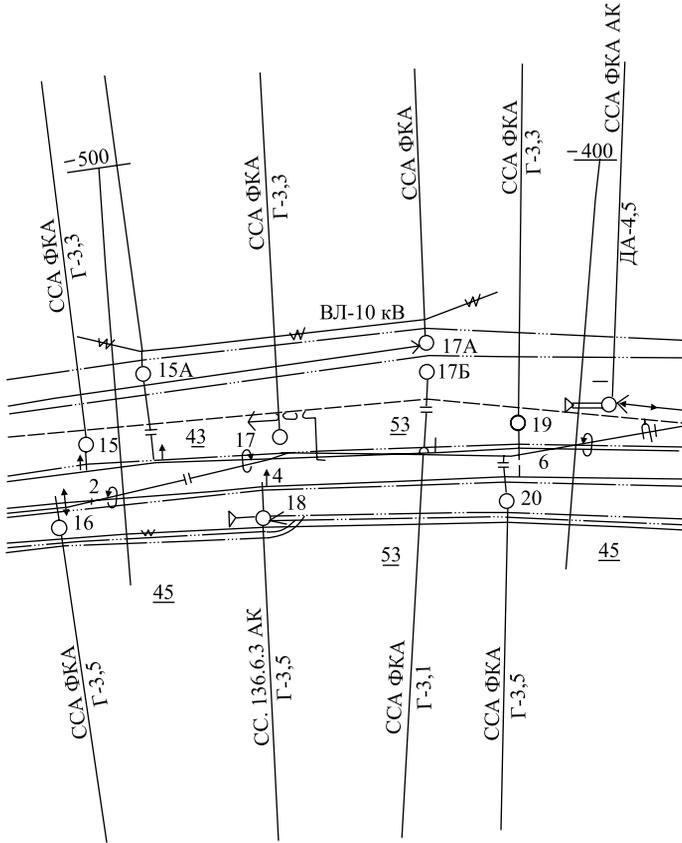


Рис. Пб.2, а. Фрагменты плана контактной сети станции





**Поддерживающие и фиксирующие устройства**

Таблица П7.1 (рис. 7.4)

**Консоли неизолированные наклонные**

Тип консоли	Габарит опор, м	Номер швеллера	Длина, мм		Размер А, мм	Масса, кг
			кронштейна (L)	тяги (I)		
НР-0-5	2,45—3,1	5	3630	1900	1335	44
НР-I-5	3,1—3,5	5	4730	2600	2835	56
НР-II-5	3,3—3,5	5	5230	3400	2835	62
НР-III-6,5	4,9	6,5	6230	4400	2835	85
НР-IV-6,5	5,7	6,5	7130	5300	2835	97
НС-III-6,5п	4,9	6,5	6230	4400	2835	98
НС-IV-6,5п	5,7	6,5	7130	5300	2835	111
НС-I-5	3,1—3,5	5	4730	2600	2835	46
НС-II-5	3,3—3,5	5	5230	3400	2835	58
НС-I-6,5	3,1—3,5	6,5	4730	2600	2835	64
НС-II-6,5	3,3—3,5	6,5	5230	3400	2835	65
НС-III-6,5	4,9	6,5	6230	4400	2835	72
НС-IV-6,5	5,7	6,5	7130	5300	2835	87

Таблица П7.2 (рис. 7.2)

**Консоли изолированные наклонные**

Тип консоли	Габарит опор, м	Кронштейн		Тяга		Масса, кг
		сортамент металла	длина L, мм	материал	длина l, мм	
ИР-II	3,1—3,5	Швеллер № 5	3500	Пруток Ø 12	2200	39
ИР-V	4,9	То же № 5	5000	То же	3800	57
ИТР-II	3,1—3,5	Труба Ø 50	3500	»	2200	22
ИТР-V	4,9	То же	5000	»	3800	33
ИС-II	3,1—3,5	Швеллер № 5	3500	Труба Ø 25	2250	41
ИС-III	3,1—3,5	То же	4000	То же	2750	47
ИС-V	4,9	»	5000	»	3860	59

Продолжение таблицы П7.2

Тип консоли	Габарит опор, м	Кронштейн		Тяга		Масса, кг
		сортамент металла	длина $L$ , мм	материал	длина $l$ , мм	
ИС-VI	4,9	Швеллер	5500	Труба $\varnothing 25$	4350	66
ИТС-II	3,1—3,5	Труба $\varnothing 50$	3500	То же	2250	24
ИТС-II	3,1—3,5	То же	4000	»	2750	28
ИТС-V	4,9	»	5000	»	3850	36
ИТС-VI	4,9	»	5500	»	4350	39

Таблица П7.3 (рис. 7.7)

### Кронштейны КФ

Тип кронштейна	Сортамент		Размеры, мм					Допустимая нагрузка $P$ , кН	Масса, кг
	кронштейн	подкос (тяга)	$A_1$	$A_2$	$b$	$h$	$L$		
КФ-5	2[5	1[5	1690	—	640	825	1755	2,8	25,9
КФ-6,5	2[6,5	1[5	1690	—	640	825	1755	4,5	29,6
КФУ-5	2[5	2[50	2740	—	1700	825	2805	2,8	46,5
КФУ-6,5	2[6,5	2[50	2740	—	1700	825	2805	4,5	52,5
КФС-6,5	1[6,5	1[5	1690	—	750	825	1750	1,8	20,0
КФП-50	2[50	$\varnothing 16$	1515	—	1200	825	1580	2,0	18,9
КФПУ-50	2[50	$\varnothing 16$	1200	2115	1800	825	2180	2,0	27,0
КФПУ-63	2[63	$\varnothing 16$	1200	2115	1800	825	2180	4,0	31,5
КФД	2[5	$\varnothing 16$	1565	3315	2460	825	3600	2,5	46,6
КФДС	2[5	[50	1565	3315	2460	825	3600	2,5	51,6
КФДСИ	2[5	[50	1065	3315	2460	825	3600	2,5	51,6

Примечание. Знак [ означает швеллер; цифра перед ним — число швеллеров; последняя цифра — номер швеллера; знак \ означает уголок; знак  $\varnothing$  означает пруток.

Технические характеристики применяемых фиксаторов приведены в табл. П7.4.

Таблица П7.4 (рис. 7.12 и 7.14)

**Фиксаторы контактного провода**

Тип	Сортамент металла основного стержня	Длина основного стержня, мм (числитель), и его масса, кг (знаменатель)						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
ФП-3 ФП-25	Уголок 50×50×5	$\frac{1200}{5,77}$	$\frac{1600}{7,27}$	$\frac{2000}{8,78}$	$\frac{2400}{10,29}$	$\frac{3000}{12,55}$	—	—
ФПИ		$\frac{1200}{5,84}$	$\frac{1600}{7,34}$	$\frac{2000}{8,85}$	$\frac{2400}{10,36}$	$\frac{3000}{12,62}$	$\frac{3600}{14,88}$	—
ФО-3	Уголок 63×63×5	$\frac{3000}{15,64}$	$\frac{3400}{17,59}$	$\frac{3800}{19,54}$	$\frac{4200}{21,44}$	$\frac{4600}{23,34}$	$\frac{5000}{25,29}$	—
ФО-25		$\frac{3000}{15,74}$	$\frac{3400}{17,69}$	$\frac{3800}{19,64}$	$\frac{4200}{21,54}$	$\frac{4600}{23,44}$	$\frac{5000}{25,39}$	—
УФО	Труба Ø60 мм	$\frac{3000}{13,74}$	$\frac{4000}{17,52}$	$\frac{4300}{18,83}$	—	—	—	—
ФА-3	Уголок 63×63×5	$\frac{1175}{6,75}$	$\frac{1675}{9,13}$	$\frac{2175}{11,47}$	$\frac{2675}{13,97}$	$\frac{3175}{16,37}$	$\frac{3675}{18,67}$	—
ФА-25		$\frac{1300}{7,39}$	$\frac{1800}{9,79}$	$\frac{2300}{12,20}$	$\frac{2800}{14,61}$	$\frac{3300}{17,01}$	$\frac{3800}{19,42}$	—
ФТ-25								



ющие моменты от действия всех сил относительно точки «0» в трех расчетных режимах (гололеда с ветром, максимального ветра, минимальной температуры) и по наибольшему из полученных моментов  $M_{0 \max}$  выбрать опору, исходя из условия  $M_{0 \max} \leq M_c^H$ .

При проектировании обычно выбирают консольные опоры в такой последовательности:

- определяют нагрузки и изгибающие моменты в основании промежуточных опор, установленных на внешней и внутренней стороне кривой наименьшего заданного радиуса во всех расчетных режимах и при наиболее неблагоприятных направлениях ветра;

- по результатам расчетов выбирают типы (несущие способности) опор для установки на внешней и внутренней стороне кривой этого радиуса;

- делают вывод о наиболее тяжелом расчетном режиме и все дальнейшие расчеты для выбора промежуточных и переходных консольных опор ради сокращения объема вычислений выполняют только в этом режиме;

- если окажется, что на внутренней стороне кривой наименьшего радиуса пригодна опора наименьшей несущей способности С (СО) 136.6-1, расчеты моментов в основании промежуточных опор, установленных на внутренней стороне кривых больших радиусов, очевидно, излишни; так как там тоже подойдут опоры наименьшей несущей способности (иногда при легких метеорологических условиях, легкой контактной подвеске и сравнительно большом радиусе кривой так может получиться и для опор, установленных на внешней стороне кривых).

Вопрос о необходимости расчета  $M_{0 \max}$  в основании промежуточных опор на прямых участках следует решать после того, как подобраны опоры для установки на кривых. В ряде случаев, проанализировав результаты расчетов  $M_{0 \max}$  для кривых, убедившись, что на кривой наибольшего радиуса подходит опора С (СО) 136.6-1, можно сделать выводы, что и на прямых при габарите от 3,1 до 5,7 м в качестве промежуточных консольных могут быть применены такие же опоры.

Для подбора *переходной* опоры рассчитывают не только момент в основании опоры, т.е. относительно УОФ, но и относительно уровня крепления пяты консоли и выбирают опору по двум условиям:  $M_{0 \max} < M_c^H$  и  $M_{пт \max} \leq M_{пт}^H$ .

Необходимость отдельного расчета  $M_0$  и  $M_{пт}$  переходной опоры объясняется тем, что на ней на двух консолях подвешены две ветви контактной подвески, одна из которых отводится на анкеровку.

Расчет нагрузок и моментов  $M_{0 \max}$  и  $M_{пт \max}$  для переходных опор выполняют только в одном наиболее тяжелом расчетном режиме, определенном ранее для промежуточных опор (см. выше). По результатам расчета выбирают эти опоры. Наиболее неблагоприятные условия для переходной опоры складываются на неизолирующем сопряжении анкерных участков, где не сокращается длина переходного пролета (рис. П8.2). Из рисунка видно, что наибольший угол изменения направления контактных проводов приходится на опору № 2. При этих самых неблагоприятных условиях и следует рассчитывать значения  $M_{0 \max}$  и  $M_{пт \max}$  для переходной опоры. Расчет следует выполнить при двух направлениях ветра. Общий порядок расчетов такой же, как и при выборе промежуточных опор.

**Пример расчета.** Исходные данные. Необходимо выбрать промежуточные консольные опоры для установки на перегоне на внешней и внутренней стороне кривой  $R = 650$  м в слегка холмистой местности с невысоким лесом на насыпи высотой до 5 м. Длина пролета  $l = 51$  м. Контактная подвеска переменного тока ПБСА-50/70+Н<sub>д</sub>О<sub>д</sub>0,04Ф-100, компенсированная на неизолированных консолях: на внешней стороне кривой на консоли НР-II, на внутренней стороне — НС-II. Габариты опор на внешней стороне кривой 3,2 м, на внутренней — 3,5 м.

Номинальные натяжения проводов контактной подвески:  $T_{ном} = 1800$  даН;  $K = 1000$  даН. С полевой стороны опор на

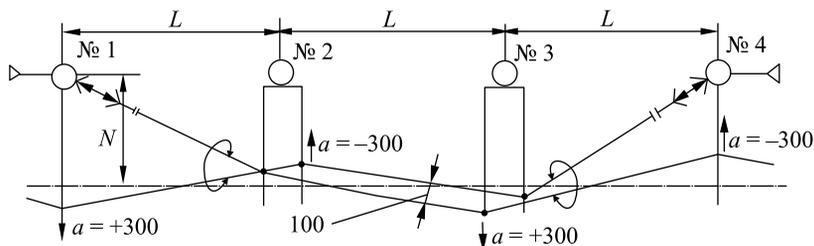


Рис. П8.2. Расчетная схема неизолирующего сопряжения анкерных участков компенсированной контактной подвески

кронштейнах КФ-5 подвешен провод ДПР марки АС-50 с максимальным натяжением  $H_{\max} = 520$  даН, а под ним провод группового заземления АС-70 с максимальным натяжением  $H_{\max} = 400$  даН. Натяжения некомпенсированных проводов АС-50 и АС-70 с изменением температуры воздуха и нагрузки от ветра и гололеда изменяются и могут быть приняты примерно равными:

при гололеде с ветром

$$H_{\text{пр } \Gamma} \approx 0,75 H_{\max} = 0,75 \cdot 520 = 390 \text{ даН,}$$

$$H_{\text{ГЗ } \Gamma} \approx 0,75 H_{\max} = 0,75 \cdot 400 = 300 \text{ даН;}$$

при максимальном ветре

$$H_{\text{пр } v} \approx 0,7 H_{\max} = 0,7 \cdot 520 = 365 \text{ даН;}$$

$$H_{\text{ГЗ } v} \approx 0,7 H_{\max} = 0,7 \cdot 400 = 280 \text{ даН;}$$

при минимальной температуре

$$H_{\text{пр } t \text{ min}} = H_{\max} = 520 \text{ даН; } H_{\text{ГЗ } t \text{ min}} = H_{\max} = 400 \text{ даН.}$$

Метеорологические условия: скорость ветра  $v = 29$  м/с; скорость ветра при гололеде  $v^{\Gamma} = 14$  м/с; толщина стенки гололеда  $b_{\Gamma} = 10$  мм.

Принимаем вес консолей: ИР-11 — 39 даН (см. табл. П7.2); НС-11 — 58 даН (см. табл. П7.1); кронштейна КФ-5 — 26 даН.

**Расчет.** Примем вес снега и льда  $G_{\Gamma}$  на консолях ИР-11 — 10 даН, НС-11 — 20 даН, на кронштейне КФ-5 — 8 даН.

Вычерчиваем расчетную схему промежуточной консольной опоры (см. рис. П8.1), на которой приняты следующие обозначения:

$G_{\Gamma}$ ,  $G_{\text{пр}}$ ,  $G_{\text{ГЗ}}$  — вертикальная нагрузка от веса контактной подвески, провода ДПР и провода группового заземления (ГЗ), даН;

$G_{\text{кн}}$ ,  $G_{\text{кр}}$  — вертикальная нагрузка от веса консоли и кронштейна, даН;

$P_{\Gamma}$ ,  $P_{\text{к}}$ ,  $P_{\text{пр}}$ ,  $P_{\text{ГЗ}}$ ,  $P_{\text{оп}}$  — горизонтальная нагрузка — от давления ветра на несущий трос, контактный провод, провода ДПР и ГЗ и на опору, даН;

$P_{\text{из}}^{\Gamma}$ ,  $P_{\text{из}}^{\text{к}}$ ,  $P_{\text{из}}^{\text{пр}}$ ,  $P_{\text{из}}^{\text{ГЗ}}$  — горизонтальная нагрузка от изломов несущего троса, контактного провода, проводов ДПР и ГЗ на кривых, даН;

$h_{\text{оп}}$  — высота опоры от УОФ ( $h_{\text{оп}} = 9,6$  м);

$h_{\Gamma}$ ,  $h_{\text{к}}$ ,  $h_{\text{пр}}$ ,  $h_{\text{ГЗ}}$  — высота точек приложения горизонтальных сил относительно основания опоры, м (примем  $h_{\text{к}} = 6,75$ ,  $h_{\Gamma} = 8,55$ ;  $h_{\text{пр}} = 8,8$  м;  $h_{\text{ГЗ}} = 4,5$  м);

$z_{\text{кн}}, z_{\text{кр}}, z_{\text{пр}}, z_{\text{ГЗ}}$  — плечи вертикальных усилий от веса консоли, кронштейна, провода ДПР и ГЗ, м (примем  $z_{\text{кн}} = 1,8; z_{\text{кр}} = 1; z_{\text{пр}} = 2,0; z_{\text{ГЗ}} = 0,5$  м);

$a$  — зигзаг контактного провода ( $a = 0,3$  м);

$\Gamma$  — габарит опоры, м;

$d_{\text{оп}}$  — диаметр опоры на УГР, м; для конической железобетонной опоры С (СО) 0,44 м.

Определим *распределенные нагрузки на провода* контактной подвески во всех расчетных режимах на провод ДПР АС-50 и провод ГЗ АС-70:

от собственного веса проводов

$$g_{\text{пр}} = 0,19 \text{ даН/м}, g_{\text{ГЗ}} = 0,27 \text{ даН/м};$$

от веса гололеда на проводах

$$g_{\Gamma \text{ пр}} = 0,0009b_{\Gamma} (d+b_{\Gamma}) = 0,0009 \cdot 3,14 \cdot 10(9,6+10) = 0,56 \text{ даН/м};$$

$$g_{\Gamma \text{ ГЗ}} = 0,0009b_{\Gamma} (d+b_{\Gamma}) = 0,0009 \cdot 3,14 \cdot 10(11,4+10) = 0,61 \text{ даН/м};$$

от давления ветра на провода при максимальной скорости ветра

$$p_{\text{пр} \tau} = c_x \frac{v^2}{16} \frac{d}{1000} = 1,2 \frac{29^2}{16} \frac{9,6}{1000} = 0,61 \text{ даН/м};$$

$$p_{\text{пр} \tau} = c_x \frac{v^2}{16} \frac{d}{1000} = 1,2 \frac{29^2}{16} \frac{11,4}{1000} = 0,72 \text{ даН/м};$$

от давления ветра на провода при гололеде с ветром

$$p_{\text{пр} \tau} = c_x \frac{v^2 \tau}{16} (d + 2b_{\tau}) 10^{-2} = 1,2 \frac{14^2}{16} (9,6 + 2 \cdot 10) 10^{-2} = 0,44 \text{ даН/м};$$

$$p_{\text{пр} \tau} = c_x \frac{v^2 \tau}{16} \frac{d + 2b_{\tau}}{1000} = 1,2 \frac{14^2}{16} \frac{11,4 + 2 \cdot 10}{1000} = 0,46 \text{ даН/м};$$

Все полученные данные о распределенных нагрузках сведем в табл. П8.1.

## Нагрузки на провода

Нагрузки	Значения нагрузок на провода, даН/м, для расчетных режимов		
	гололед с ветром	максимальная скорость ветра	минимальная температура
От веса:			
проводов цепной подвески $g$	1,64	1,64	1,64
гололеда на проводах подвески $g_r$	0,79	—	—
провода ДПР АС-50 $g_{пр}$	0,19	0,19	0,19
гололеда на проводе ДПР $g_{гпр}$	0,56	—	—
провода ГЗ марки АС-70 $g_{ГЗ}$	0,27	0,27	0,27
гололеда на проводе ГЗ $g_{гГЗ}$	0,61	—	—
От давления ветра:			
на несущий трос $p_r$	0,5	0,92	—
на контактный провод $p_k$	0,33	0,78	—
на провод ДПР $p_{пр}$	0,44	0,61	—
на провод ГЗ $p_{ГЗ}$	0,46	0,72	—

Определим *нормативные нагрузки* (усилия), *действующие на опору*. Необходимо отметить, что поскольку маркировка типовых опор контактной сети выполнена по нормативным изгибающим моментам, то расчет изгибающих моментов в основании опор, по которым производится подбор опор, выполняют по нормативным нагрузкам, т.е. без учета соответствующих коэффициентов перегрузки.

Нормативные нагрузки, действующие на опору, определяют для трех расчетных режимов: гололеда с ветром, максимального ветра, минимальной температуры.

Вертикальные нагрузки от веса проводов контактной подвески, ДПР и ГЗ:

в режиме максимального ветра и минимальной температуры

$$G = gl + G_{из},$$

т.е.  $G_{II} = 1,64 \cdot 51 + 30 = 113,6$  даН;  $G_{пр} = 0,19 \cdot 51 + 15 = 24,7$  даН;  
 $G_{ГЗ} = 0,27 \cdot 51 + 6 = 19,8$  даН;

в режиме гололеда с ветром

$$G = (g + g_{\Gamma})l + G_{\text{из}},$$

т.е.  $G_{\text{II}} = (1,64 + 0,79) \cdot 51 + 30 = 154$  даН;  $G_{\text{пр}} = (0,19 + 0,56) \cdot 51 + 15 = 53,3$  даН;  $G_{\text{ГЗ}} = (0,27 + 0,61) \cdot 51 + 6 = 50,9$  даН.

В вышеприведенных формулах:

$g, g_{\Gamma}, g_{\text{пр}}, g_{\text{ГЗ}}, g_{\Gamma \text{ ГЗ}}$  — распределенные нагрузки от веса проводов и веса гололеда на проводах (см. табл. П8.1).

$l$  — длина пролета;

$G_{\text{из}}$  — вес подвесной гирлянды изоляторов (для контактной подвески с учетом части веса фиксатора, приходящейся на несущий трос).

Вертикальные нагрузки от веса консолей с учетом части веса фиксаторов  $G'_{\text{ф}}$  и от веса кронштейна провода ДПР:

в режиме максимального ветра и минимальной температуры

$$G_{\text{кн}} = G_{\text{кн}} + G'_{\text{ф}},$$

т.е. для ИР-II нагрузка  $G_{\text{кн}} = 39 + 10 = 49$  даН;

для НС-II —  $G_{\text{кн}} = 58 + 15 = 73$  даН; для КФ-5 —  $G_{\text{кр}} = 26$  даН;

в режиме гололеда с ветром с учетом веса гололеда  $G_{\Gamma}$  на консолях и кронштейне

$$G_{\text{кн Г}} = G_{\text{кн}} + G'_{\text{ф}} + G_{\Gamma}$$

т.е. для ИР-II нагрузка  $G_{\text{кн}} = 39 + 10 + 10 = 59$  даН; для НС-II —  $G_{\text{кн}} = 58 + 15 + 20 = 93$  даН, для КФ-5 —  $G_{\text{кр}} = 26 + 8 = 34$  даН.

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на трос, контактный провод, провода ДПР и ГЗ, которые передаются с проводов на опоры:

$$P = pl,$$

где  $p$  — распределенные нагрузки от давления ветра на провода контактной подвески, ДПР и ГЗ, т.е.  $p_{\text{T}}, p_{\text{к}}, p_{\text{пр}}, p_{\text{ГЗ}}$  (см. табл. П8.1).

Таким образом, в режиме максимального ветра

$$P_{\text{T}} = 0,92 \cdot 51 = 47 \text{ даН}, \quad P_{\text{к}} = 0,78 \cdot 51 = 40 \text{ даН},$$

$$P_{\text{пр}} = 0,61 \cdot 51 = 31 \text{ даН}, \quad P_{\text{ГЗ}} = 0,72 \cdot 51 = 36,7 \text{ даН};$$

в режиме гололеда с ветром

$$P_{\text{T}} = 0,5 \cdot 51 = 25,5 \text{ даН}, \quad P_{\text{к}} = 0,33 \cdot 51 = 16,8 \text{ даН},$$

$$P_{\text{пр}} = 0,44 \cdot 31 = 22,5 \text{ даН}, \quad P_{\text{ГЗ}} = 0,46 \cdot 51 = 23,3 \text{ даН}.$$

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на опору

$$P_{\text{оп}} = c_x \frac{v^2}{16} S_{\text{оп}},$$

где  $c_x$  — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления ветру, принимаемый для конических опор 0,7;

$S_{\text{оп}}$  — площадь диаметрального сечения опоры ( $S_{\text{оп}} = 3,46 \text{ м}^2$ ).

Таким образом, в режиме максимального ветра  $P_{\text{оп}} = 0,7 \cdot 29^2 : 16 \cdot 3,46 = 127,3 \text{ даН}$ , в режиме гололеда с ветром  $P_{\text{оп}} = 0,7 \cdot 14^2 : 16 \cdot 3,46 = 29,7 \text{ даН}$ .

Горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов на кривой

$$P_{\text{из}}^i = H_i \frac{1}{R},$$

где  $H_i$  — натяжение несущего троса, контактного провода, проводов ДПР и ГЗ в данном режиме.

Горизонтальные нагрузки от изменения направления компенсированных несущего троса и контактного провода соответственно во всех режимах  $P_{\text{из}}^{\text{Г}} = 1800 \cdot 51 : 650 = 141 \text{ даН}$ ;  $P_{\text{из}}^{\text{К}} = 1000 \cdot 51 : 650 = 78,5 \text{ даН}$ .

Горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов ДПР и ГЗ:

для режима максимального ветра

$$P_{\text{из}}^{\text{ПР}} = 365 \cdot 51 : 650 = 28,6 \text{ даН},$$

$$P_{\text{из}}^{\text{ГЗ}} = 280 \cdot 51 : 650 = 22 \text{ даН};$$

для гололеда с ветром

$$P_{\text{из}}^{\text{ПР}} = 390 \cdot 51 : 650 = 30,6 \text{ даН},$$

$$P_{\text{из}}^{\text{ГЗ}} = 300 \cdot 51 : 650 = 23,5 \text{ даН};$$

для режима минимальной температуры

$$P_{\text{из}}^{\text{ПР}} = 520 \cdot 51 : 650 = 40,8 \text{ даН},$$

$$P_{\text{из}}^{\text{ГЗ}} = 400 \cdot 51 : 650 = 31,4 \text{ даН}.$$

Прежде чем приступить к расчету изгибающих моментов  $M_0$ , удобно данные расчетов нормативных нагрузок, действующих на опору, свести в табл. П8.2 (при этом значения нагрузок следует округлить до целых чисел).

Таблица П8.2

## Нормативные нагрузки, даН, действующие на опору

Расчетный режим	Нормативные нагрузки, даН													
	$G_H$	$G_{кн}$	$G_{пр}$	$G_{кр}$	$G_{гз}$	$G_{т}$	$P_{из}^T$	$P_K$	$P_{из}^K$	$P_{пр}$	$P_{из}^{пр}$	$P_{гз}$	$P_{из}^{гз}$	$P_{оп}$
Максимальная скорость ветра	114	49,73	25	26	20	47	141	40	79	31	29	37	22	127
Гололед с ветром	154	59,93	53	34	51	26	141	17	79	23	31	24	24	30
Минимальная температура	114	49,73	25	26	20	—	141	—	79	—	41	—	31	—

Определим *изгибающие моменты* относительно УОФ опор во всех трех расчетных режимах.

Для опоры на внешней стороне кривой при наиболее неблагоприятном направлении ветра к пути изгибающий момент

$$M_0 = G_{\Pi} (\Gamma + 0,5d_{\text{оп}}) + G_{\text{кн}}z_{\text{кн}} - G_{\text{пр}}z_{\text{пр}} - G_{\text{кр}}z_{\text{кр}} - G_{\text{гз}}z_{\text{гз}} + \\ + (P_{\text{т}} + P_{\text{из}}^{\text{т}})h_{\text{т}} + (P_{\text{к}} + P_{\text{из}}^{\text{к}})h_{\text{к}} + (P_{\text{пр}} + P_{\text{из}}^{\text{пр}})h_{\text{пр}} + (P_{\text{гз}} + \\ + P_{\text{из}}^{\text{гз}})h_{\text{гз}} + P_{\text{оп}} \frac{h_{\text{оп}}}{2}.$$

Тогда в режиме максимального ветра

$$M_0 = 114 (3,2 + 0,2) + 49 \cdot 1,8 - 25 \cdot 2 - 26 \cdot 1 - 20 \cdot 0,5 + (47 + 141)8,55 + \\ + (40 + 79) 6,75 + (31 + 29) 8,8 + (37 + 22) 4,5 + 127 \cdot 4,8 = 4204 \text{ даН}\cdot\text{м} = \\ = 42 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0 = 154 \cdot 3,4 + 59 \cdot 1,8 - 53 \cdot 2 - 34 \cdot 1 - 51 \cdot 0,5 + (26 + 141) \cdot 8,55 + \\ + (17 + 79) 6,75 + (23 + 31) 8,8 + (24 + 24) 4,5 + 30 \cdot 4,8 = 3375 \text{ даН}\cdot\text{м} = \\ = 37,75 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

в режиме минимальной температуры

$$M_0 = 114 \cdot 3,4 + 49 \cdot 1,8 - 25 \cdot 2 - 26 \cdot 1 - 20 \cdot 0,5 + 141 \cdot 8,55 + \\ + 79 \cdot 6,75 + 41 \cdot 8,8 + 31 \cdot 4,5 + 2619 \text{ даН}\cdot\text{м} = 26,2 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Для опоры на внутренней стороне кривой при направлении ветра к пути

$$M_0 = G_{\Pi} (\Gamma + 0,5d_{\text{оп}}) + G_{\text{кн}}z_{\text{кв}} - G_{\text{пр}}z_{\text{пр}} - G_{\text{кр}}z_{\text{кр}} - G_{\text{гз}}z_{\text{гз}} + (P_{\text{т}} - \\ - P_{\text{из}}^{\text{т}})h_{\text{т}} + (P_{\text{к}} - P_{\text{из}}^{\text{к}})h_{\text{к}} + (P_{\text{пр}} - P_{\text{из}}^{\text{пр}})h_{\text{пр}} + (P_{\text{гз}} - P_{\text{из}}^{\text{гз}})h_{\text{гз}} + P_{\text{оп}} \frac{h_{\text{оп}}}{2}.$$

Следовательно, в режиме максимального ветра

$$M_0 = 114 (3,5 + 0,2) + 73 \cdot 1,8 - 25 \cdot 2 - 26 \cdot 1 - 20 \cdot 0,5 + (47 - 141) 8,55 + \\ + (40 - 79) 6,75 + (31 - 29) 8,8 + (37 - 22) 4,5 + 127 \cdot 4,8 = 96 \text{ даН}\cdot\text{м} \approx 1 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0 = 154 \cdot 3,7 + 93 \cdot 1,8 - 53 \cdot 2 - 34 \cdot 1 - 51 \cdot 0,5 + (26 - 141) 8,55 + \\ + (17 - 79) 6,75 + (23 - 31) 8,8 + (24 - 24) 4,5 + 30 \cdot 4,8 = -757 \text{ даН}\cdot\text{м} = \\ = -7,6 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

в режиме минимальной температуры

$$M_0 = 114 \cdot 3,7 + 73 \cdot 1,8 - 25 \cdot 2 - 26 \cdot 1 - 20 \cdot 0,5 - 141 \cdot 8,55 - 79 \cdot 6,75 - \\ - 41 \cdot 8,8 - 31 \cdot 4,5 = -1773 \text{ даН}\cdot\text{м} = -17,75 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Для опоры на внутренней стороне кривой при направлении ветра к полю

$$M_0 = G_{\Pi}(\Gamma + 0,5d_{\text{оп}}) + G_{\text{кн}}z_{\text{кн}} - G_{\text{пр}}z_{\text{пр}} - G_{\text{кр}}z_{\text{кр}} - G_{\text{гз}}z_{\text{гз}} - (P_{\text{т}} + P_{\text{из}}^{\text{т}})h_{\text{т}} - (P_{\text{к}} + P_{\text{из}}^{\text{к}})h_{\text{к}} - (P_{\text{пр}} + P_{\text{из}}^{\text{пр}})h_{\text{пр}} - (P_{\text{гз}} + P_{\text{из}}^{\text{гз}})h_{\text{гз}} - P_{\text{оп}} \frac{h_{\text{оп}}}{2}.$$

Таким образом, в режиме максимального ветра

$$M_0 = 114 \cdot 3,7 + 73 \cdot 1,8 - 25 \cdot 2 - 26 \cdot 1 - 20 \cdot 0,5 - (47 + 141) 8,55 - (40 + 79) 6,75 - (31 + 29) 8,8 - (37 + 22) 4,5 - 127 \cdot 4,8 = -3347 \text{ даН} \cdot \text{м} = -33,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0 = 154 \cdot 3,7 + 93 \cdot 1,8 - 53 \cdot 2 - 34 \cdot 1 - 51 \cdot 0,5 - (26 + 141) 8,55 - (17 + 79) 6,75 - (23 + 31) 8,8 - (24 + 24) 4,5 - 30 \cdot 4,8 = -2340 \text{ даН} \cdot \text{м} = -23,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

**Выводы.** По результатам выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

- наибольшее значение изгибающего момента  $M_{0 \text{ max}}$  относительно УОФ оказалось для опор на внешней стороне кривой 42 кН·м, для опор на внутренней стороне кривой 33,5 кН·м. Выбираем и на внешней и на внутренней стороне кривой  $R = 650$  м опоры СС 136.6-2 (см. табл. 8.1), у которых нормативный изгибающий момент в УОФ составит  $M_0^{\text{н}} = 59$  кН·м (6,0 тс·м), что больше, чем значения  $M_{0 \text{ max}}$ , полученные расчетом;

- поскольку для заданных условий на внешней и внутренней стороне кривой наименьшего радиуса пригодны опоры наиминимальней несущей способности, следовательно, на кривых больших радиусов, а также на прямых участках перегона, где усилия от распределенных нагрузок будут несколько выше из-за большей длины пролетов, но усилия от изменения направления проводов будут заметно меньше и в целом суммарные моменты в УОФ будут меньше, в качестве промежуточных выбираем также опоры СС 136.6-2;

- расчетным (наиболее тяжелым) оказался режим максимального ветра; расчетным направлением ветра на внутренней стороне кривой оказалось направление к полю; дальнейшие расчеты моментов для подбора опор (в данном случае — для подбора переходных опор) следует выполнять в режиме максимального ветра.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Таблица П9

Длина провода группового заземления

Схема подключения опор	Максимальная длина провода группового заземления, м	
	Постоянный ток	Переменный ток
Т-образная для опор:		
железобетонных	1200(2×600)	400(2×200)
металлических	600 (2×300)	400 (2×200)
Г-образная для опор:		
железобетонных	600	200
металлических	300	200

## Защита контактной сети от перенапряжений

Разрядники и ОПН устанавливаются в следующих местах.

### *На контактной сети постоянного тока:*

- у анкеровок проводов контактной подвески (рис. П10.1, а);
- на неизолирующих и нормально замкнутых изолирующих (рис. П10.1, б) сопряжениях — на одной ветви сопряжения, а на изолирующих нормально разомкнутых (рис. П10.1, в) сопряжениях — на обеих анкеруемых ветвях;
- у искусственных сооружений на анкеровках контактной подвески с обеих сторон сооружения при его длине 80 м и более (рис. П10.1, з) и с одной стороны сооружения — при его длине менее 80 м (рис. П10.1, д);
- у мест присоединения питающих линий к контактной подвеске или ПГ (рис. П10.1, е);
- на питающих линиях на расстоянии не далее 100 м от начала воздушной трассы у тяговой подстанции и затем не реже, чем через каждые 1—1,5 км (рис. П10.1, ж, з).

### *На контактной сети переменного тока:*

- с обеих сторон у изолирующих сопряжений и нейтральных вставок (рис. П10.2, а);
- у мест присоединения по каждому пути автотрансформаторных пунктов 2×25 кВ (рис. П10.2, б);
- у отсасывающих трансформаторов у обоих выводов их первичной обмотки, присоединенной к контактной сети (рис. П10.2, в);
- на конце консольного участка контактной сети, состоящего из 2 и более анкерных участков (рис. П10.2, з);
- у мест присоединения питающих линий (при длине до 300 м) к контактной сети и по длине питающих линий (рис. П10.2, д, е).

### *На станциях стыкования (рис. П10.3):*

- на питающих линиях постоянного тока — так же, как на контактной сети;
- на питающих линиях переменного тока — у первого и последнего ответвления их к пунктам группировки и на расстоянии не далее 200 м от тяговой подстанции при длине линии более 300 м. При наличии на фидерах тяговой подстанции ограничителей перенапряжения ОПН-25 кВ разрядники на питающих линиях не устанавливаются;
- в местах, подверженных частым грозовым разрядам.

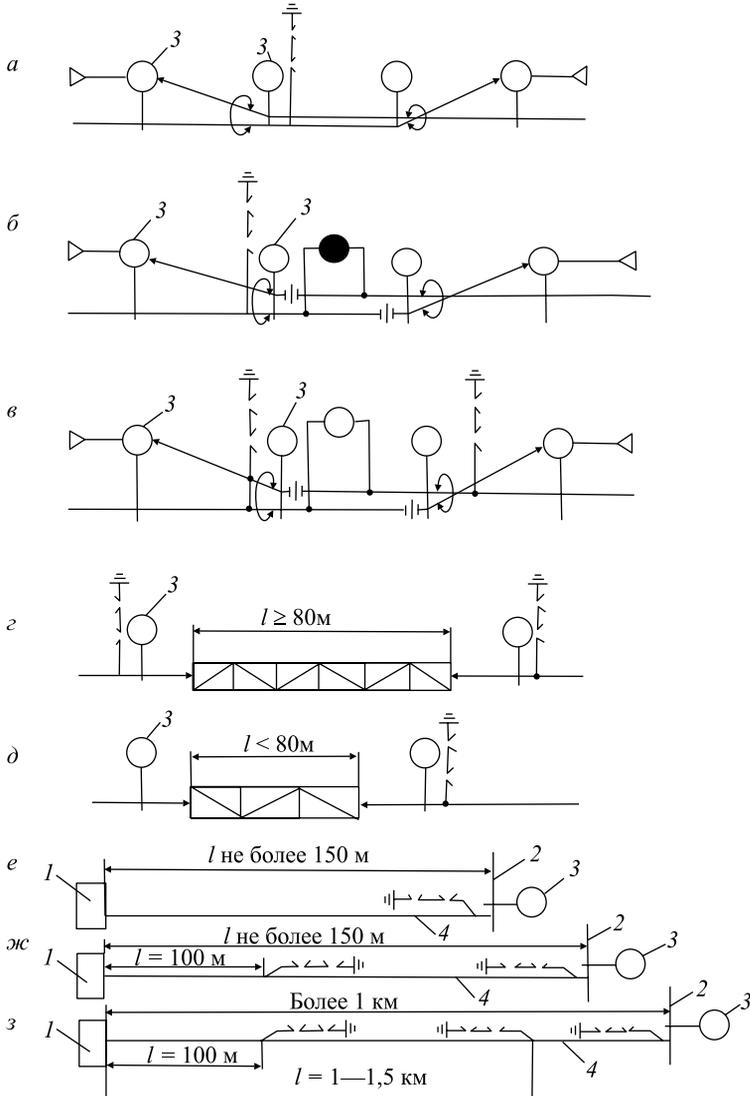


Рис. П10.1. Схемы установки разрядников или ОПН контактной сети постоянного тока: а, б, в — у анкеровок проводов (на сопряжениях); г, д — у искусственных сооружений; е, ж, з — на питающих линиях тяговых подстанций; 1 — тяговая подстанция; 2 — контактная сеть; 3 — опора контактной сети; 4 — питающая линия

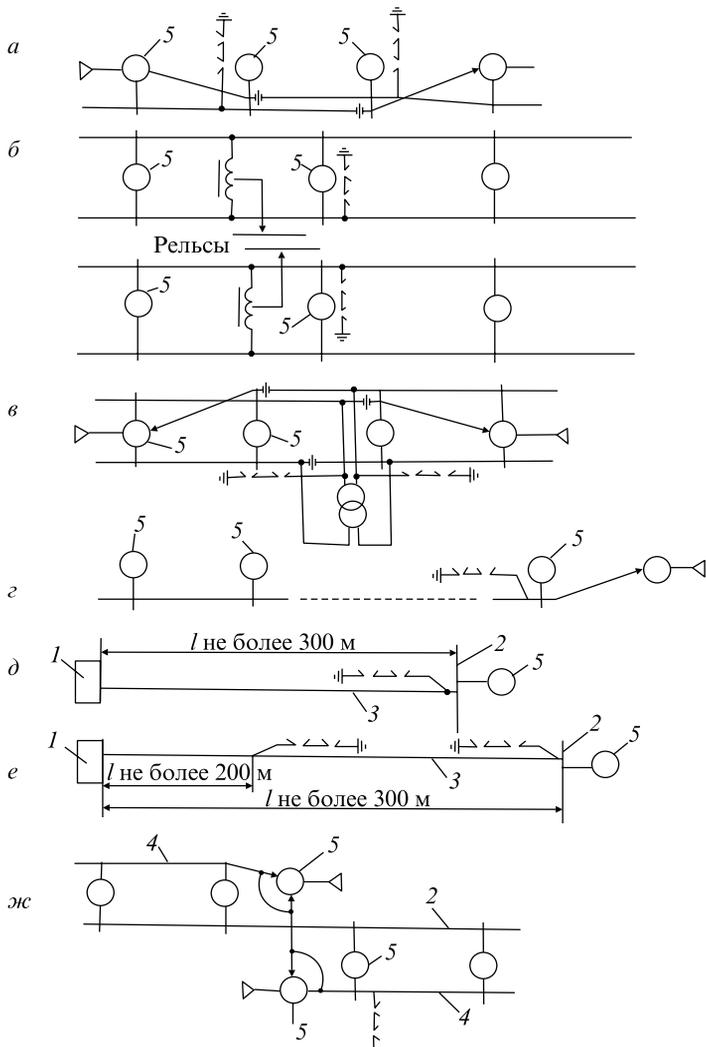


Рис. П10.2. Схемы установки разрядников или ОПН на контактной сети переменного тока: *а* — у изолирующих сопряжений; *б* — в местах подключения автотрансформаторных пунктов 2×25 кВ; *в* — у отсасывающих трансформаторов; *г* — в конце консольных участков контактной сети; *д*, *е* — на питающих линиях тяговых подстанций; *ж* — в местах пересечения контактной сети линиями ДПР; 1 — тяговая подстанция; 2 — контактная сеть; 3 — питающая линия; 4 — линия ДПР; 5 — опора контактной сети

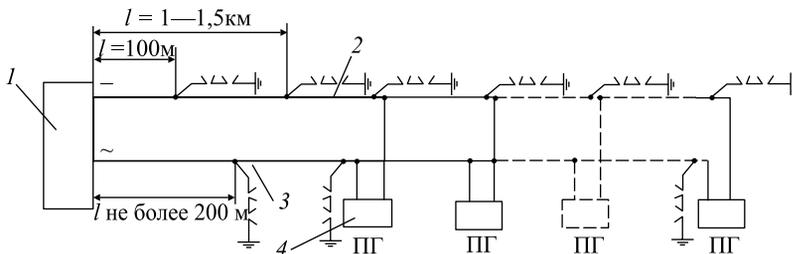


Рис. П10.3. Схема установки разрядников или ОПН на питающих линиях тяговой подстанции на станции стыкования: 1 — тяговая подстанция; 2 и 3 — питающие линии постоянного и переменного тока; 4 — пункт группировки

**На линиях ВЛ-6, 10, 35 кВ и ДПР:**

- с одной стороны у мест пересечения ДПР с контактной сетью;
- с двух сторон у мест секционирования;
- на выходах от пунктов питания;
- в местах подключения КТП;
- по обе стороны кабельной вставки;
- в местах пересечения с ВЛ-110 кВ и выше.

**Основные технические характеристики ОПН (табл. П10.1 и П10.2).**

Таблица П10.1

Технические характеристики	ОПНК-П1-3,3УХЛ1	ОПНК-П1-27,5УХЛ1	ОПН-25/30-10(11)УХЛ1
Номинальное напряжение	3	25	25
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Постоянное 4	Переменное 30	Переменное 30
Номинальный разрядный ток, кА	10	10	10
Масса, кг	10	25	28
Габариты, мм	230×230×390	230×230×730	212×240×610
Материал покрышки	Полимер		Полимер

Таблица П10.2

Технические характеристики	ОПН-3,3 КС УХЛ1	ОПН-27,5 КС УХЛ1
Номинальное напряжение	3	25
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Постоянное 4	Переменное 30
Номинальный разрядный ток, кА	10	10
Масса, кг	9	40
Габариты, мм	230×230×360	345×345×730
Материал покрышки	Фарфор	Фарфор

**Форма наряда-допуска и порядок его заполнения**

**Форма наряда-допуска**

Лицевая сторона наряда

\_\_\_\_\_ ж.д.  
 \_\_\_\_\_ дистанция электроснабжения  
 \_\_\_\_\_ район контактной сети

**Соблюдай правила безопасности**

**НАРЯД-ДОПУСК № \_\_\_\_\_**  
**на производство работ на контактной сети, ВЛ и связанных с ними устройствах**

Заявка № \_\_\_\_\_

Производителю работ \_\_\_\_\_ с бригадой в составе \_\_\_\_\_ чел.  
 (фамилия, инициалы, группа)

Ответственному руководителю работ \_\_\_\_\_  
 (фамилия, инициалы, группа)

Наблюдающему \_\_\_\_\_ поручается выполнить на \_\_\_\_\_  
 (фамилия, инициалы, группа) (контактной сети, ВЛ 6—35 кВ, ВЛ до 400 В)

следующие работы:

№ п/п	Категория (со снятием напряжения и заземлением, под напряжением и др.) и условия (на высоте, с выдачей запрещения, предупреждения на поезда, с ограждением, с установкой шунтирующих перемычек и т.д.) производства работ. Краткое содержание работ с указанием зоны и места работы (перегон, станция, путь, номер секционного изолятора, номера опор)	До начала работ необходимо выполнить следующие переключения, связанные с обеспечением безопасности работ			Установить заземления (место, количество)	Дополнительные меры безопасности (указываются места, где запрещается производство работ, что остается под напряжением, опасные места, закрытие путей и съездов и т.п.)
		Наименование станции, подстанции, перегона	Включить	Отключить		

С применением грузоподъемных машин \_\_\_\_\_

(указать какие)

Изменения в составе применяемых грузоподъемных машин	Включены в состав применяемых машин (указать какие)	Исключены из состава применяемых машин (указать какие)	Дата, время	Разрешить (подпись)

Оборотная сторона наряда

*Рабочее место подготовлено*

Производитель работ (Ф.И.О.)		Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись
№ п/п	Состав бригады: фамилия, инициалы, группа	С характером работ ознакомлен, инструктаж от производителя работ получил								
		Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись	Дата, время, подпись

*Изменения в составе бригады*

№ п/п	Из бригады выведен (фамилия, инициалы, группа)	В бригаду введен (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время	Разрешил (фамилия, подпись)	Подпись производи- теля (руководителя) работ

*Оформление ежедневного допуска к работе (заполняется производителем работ)*

Допущены к работе					
Дата, время	№ приказа ЭЧЦ	Подпись производителя работ	Дата, время	№ уведомления ЭЧЦ	Подпись производителя работ

Наряд действителен до \_\_\_\_\_

(дата)

Наряд выдал, инструктаж произвел \_\_\_\_\_

(дата, должность, подпись)

Наряд и инструктаж получил \_\_\_\_\_

(подпись ответственного руководителя, производителя работ, дата)

Наряд и инструктаж передан по телефону \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин \_\_\_\_\_

(дата)

\_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, инициалы передавшего наряд)

Наряд и инструктаж получил \_\_\_\_\_

(подпись ответственного руководителя, производителя работ, дата)

Наряд продлен « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. \_\_\_\_\_

(подпись выдавшего наряд, дата)

Ответственный руководитель, производитель работ \_\_\_\_\_

(подпись)

Работа окончена \_\_\_\_\_

(подпись ответственного руководителя, производителя работ, дата)

Наряд проверен \_\_\_\_\_

(дата и подпись проверившего наряд)

## Порядок заполнения наряда-допуска (наряда)

### *Исправление текста запрещается*

В строке «Дата» указывается число, месяц и две последние цифры, обозначающие год (06.09.06 г.)

Время — час и минуты.

Вместе с фамилиями лиц, указываемых в наряде, вписываются их инициалы и группы по электробезопасности.

В наряде должны указываться диспетчерские наименования электроустановок, оборудования, коммутационных аппаратов, т.е. соответствовать выверенным и утвержденным схемам электропитания и электрического секционирования («ВЛ СЦБ», «КТП № 25», «А»).

В неподлежащих заполнению графах таблиц ставится знак Z, а в строках —.

### Лицевая сторона наряда

В строках «Дистанция электроснабжения, район контактной сети» могут указываться принятые сокращения: Окт. ж.д., ЭЧ, ЭЧК или полные наименования по усмотрению выдающего наряд.

В строках «Ответственному руководителю работ, производителю работ, наблюдающему» фамилии пишутся в дательном падеже. В строке «с бригадой в составе» указывается количественный состав бригады арабской цифрой. В состав бригады при выполнении работ с моторно-рельсового транспорта, с применением грузоподъемных машин и механизмов входят соответственно машинист и бригада с грузоподъемных машин и механизмов.

При работах по обеспечению производства работ другим (сторонним) предприятиям в состав бригады входит только персонал дистанции, кроме работ, выполняемых командированным персоналом под руководством производителя работ района контактной сети.

Во всех случаях производитель работ в количественный состав бригады не входит.

В строке «поручается выполнить на ...» — указывается наименование электроустановки, где будет производиться работа: контактная сеть, ВЛ СЦБ, ВЛ ПЭ, КТП, ТП и т.п.

При одновременной работе на нескольких элементах (частях) электроустановки, например, при переводе на новую опору контактной

подвески и волновода, указывается контактная сеть и волновод или при ремонте КТП и замене спусков с линии ПЭ указывается ВЛ ПЭ и КТП.

В графе «№ п/п» указывается арабскими цифрами последовательность поручаемых работ.

В графе «Категория ...» указываются условия безопасного выполнения работы с точки зрения электробезопасности. Выдающий наряд определяет и указывает категорию работ.

Если работа производится со снятием напряжения, то делается запись «Со снятием напряжения и заземлением».

При определении условий производства работ указывается, как производится работа:

на высоте с лестницы или с изолирующей съёмной вышки, с изолирующей (заземленной) площадки автотрифы (дрезины), с телескопической вышки или с применением монтерских когтей и т.д;

при работах под напряжением должны указываться также места установки (наложения) стационарных или переносных шунтирующих штанг и перемычек, в зависимости от выполняемых работ;

при работах по разработке котлованов, вырубке деревьев и т.п. должен указываться способ выполнения работ (вручную или котлованокопателем, экскаватором, бульдозером и т.п. ), с креплением стенок котлована или нет; при вырубке — топором, бензопилой, с установкой оттяжки и т.п., с применением монтажных приспособлений;

с ограждением односторонним, двухсторонним, при необходимости по 2 путям с закрытием путей и съездов, с выдачей запрещения или предупреждения на поезда, с пропуском поездов с опущенным токоприемником.

Например: со снятием напряжения и заземлением, с изолирующей площадки АДМ, с выдачей запрещения на поезда и т.п.

### *«Краткое содержание работ»*

Как правило, наименование работ должно соответствовать наименованию работ по технологическим картам, Правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог, графику ППР.

При обеспечении работ, выполняемых другими (сторонними) предприятиями, должны указываться работы на устройствах, выполняемых персоналом дистанции, для обеспечения производства работ сторонней организации.

### *«Указание зоны и места работы»*

Выдающий наряд должен указать зону работ:  
наименование перегона или станции;  
номера путей.

После указания зоны работы указываются места работ, т.е. номера опор, на которых производится работа, номера секционных изоляторов, воздушных стрелок и т.п., в зависимости от вида работ.

В графе «Наименование станции, подстанции, перегона» указывается место расположения коммутационного аппарата, с которым необходимо производить операции по включению или отключению для производства работ.

В настоящей графе должны указываться основные и резервные источники питания, принадлежащие другим предприятиям или подразделениям дистанции (ЭЧК или ЭЧС), ВЛ при сближении, пересечении и т.п., которые по условиям работы необходимо отключать и заземлять.

В графе «Включить» должны быть указаны диспетчерские наименования коммутационных аппаратов, с которыми необходимо произвести операции для безопасного производства работ (МВ, «Б», «ППС», «ПС»). При выполнении работ со снятием напряжения и заземлением также должны быть указаны коммутационные аппараты, находящиеся в зоне или месте работы.

В графе «Отключить» указывается диспетчерское наименование включенного коммутационного аппарата, который необходимо отключить (МВ, «Б», «ППС», «ПС», шлейфы врезных изоляторов), а также нормально отключенных коммутационных аппаратов, ограничивающих зону работы.

В графе «Установить заземления» выдающий наряд указывает место установки и количество заземлений, например:

на к/с оп. № 8, 12;

инвентарную (инв) ДМС, АГВ, АДМ, оп. № 10;

на ВЛ ПЭ оп. №;

на ВЛ-0,4 кВ фид. №:..., оп...;

на спуски КТП — 10 кВ №: 5 оп...;

на волновод оп. №:...

В указанной графе «Установить заземления» должны быть указаны также, в случае необходимости, места наложения заземлений на ВЛ, пересекающих или сближающихся с электроустановкой, на которой будет производиться работа.

Если эти линии (электроустановки) принадлежат другому подразделению (предприятию) в графе «Дополнительные меры безопасности.» должно быть указано о необходимости проверки наложенных заземлений персоналом, эксплуатирующим эти линии.

В графах: «Дополнительные меры безопасности...» выдающий наряд указывает места, где запрещается производство работ, с указанием номеров опор, пролетов и т.п., аналогично указанию мест, где разрешается работа.

«Что остается под напряжением» — выдающий наряд указывает наименование проводов, ВЛ ПЭ, СЦБ, волновода и т.д., оставшихся под напряжением, к которым в процессе работы запрещено приближаться.

«Опасные места» — выдающий наряд должен указать их точное расположение с номерами опор или пролетов.

«Закрытие путей и съездов» — выдающий наряд должен указать номера путей, съездов и обязательно указать — для всех видов подвижного состава или только для ЭПС.

Выдающий наряд должен указать меры безопасности, исключаящие ошибочную подачу напряжения коммутационными аппаратами, отключаемыми (включаемыми) производителем работ, например — привод секционного разъединителя «А» закрыть на замок, повесить запрещающие плакаты и т.п.

При выполнении работ под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением, должно быть указано о наличии в бригаде заземляющей штанги. При выполнении работ вблизи частей, находящихся под напряжением, указать, что заземляющая штанга должна быть подсоединена к рельсу.

При земляных работах указать об ограждении котлована, о предварительной шурфовке, о запрещении применять ломы при работе в зоне действующих кабелей и т.п.

При работах с грузоподъемными механизмами (ГПМ) на автомобильном или гусеничном ходу указать об их заземлении. При работах в темное время суток указать об освещении рабочего места и т.д.

В строке «С применением грузоподъемных машин» выдающий наряд должен указать тип крановой установки (крана): например, крановой установки АДМ (АГВ) или крана на ж.-д. ходу КДЭ, крана на автомобильном ходу.

В графе «Изменения в составе применяемых грузоподъемных машин» указываются грузоподъемные машины, с какими будет работать бригада в связи с изменением состава ГПМ.

Графы «Включены...», «Исключены...» заполняются согласно надстрочному тексту.

В графах «Дата, время», «Разрешил (подпись)» указывается соответственно дата и время включения (исключения) машин и подпись выдающего наряд и производителя работ.

При изменении состава применяемых машин, в случае необходимости, следует внести изменения в состав бригады.

### Оборотная сторона наряда

«Рабочее место подготовлено». Производитель работ после подготовки каждого рабочего места или после перерыва в работе в течение рабочего дня (рабочих дней) заполняет графу «Дата, время, подпись» в соответствии с подстрочным текстом.

«Состав бригады: фамилия, инициалы, группа».

Выдающий наряд указывает в строках этой графы фамилии, инициалы и группы членов бригады, в том числе машиниста автотрисы, дрезины. Здесь указываются также наблюдающие и ответственный за безопасное производство работ кранами, если эти функции не выполняет производитель работ.

В графе «С характером работ ознакомлен, инструктаж от производителя работ получил» в строках «Дата, время, подпись» производитель работ указывает дату и время проведения инструктажа членам бригады перед допуском к работе. В соответствующих строках каждый член бригады расписывается о получении инструктажа.

Количество допусков, оформленных подписями членов бригады, должно соответствовать количеству рабочих мест в зоне производства работ и количеству перерывов в работе в течение рабочего дня (рабочих дней).

В графе «Допущены к работе» производитель работ в строках «Дата, время» указывает дату и время получения от дежурного энергодиспетчера (ЭЦ) приказа или дату и время получения от энергодиспетчера уведомления (разрешения) на выполнение работы при работах, выполняемых без приказа энергодиспетчера.

В строках «Подпись производителя работ» производитель работ ставит свою подпись.

Время получения приказа от ЭЦЦ, время проведения инструктажа членам бригады — разное время.

В графе «Окончание работ» производитель работ в строках «Дата, время» указывает дату и время получения от ЭЦЦ уведомления о перерывах по окончании рабочего дня и после полного окончания работ: в строках «№ уведомления ЭЦЦ» указывает номер уведомления энергодиспетчера по окончании рабочего дня и после полного окончания работ.

В строках «Подпись производителя работ» производитель работ ставит свою подпись. Графа «Изменения в составе бригады» оформляется согласно подстрочному тексту выдающим наряд и подтверждается подписью производителя работ.

Вносящий изменения в составе бригады обязан записать фамилию, инициалы и группу вновь вводимых работников в графу «С бригадой в составе».

Строки «Наряд действителен до...», «Наряд выдал....» и т.д. заполняются согласно подстрочному тексту.

В строке «Наряд выдал....» указывается дата, должность, подпись выдавшего наряд.

Если при выполнении работ назначен ответственный руководитель работ, он указывается в наряде и ставит свою подпись.

## Категории электрифицированных участков

Электрифицированные участки железных дорог подразделяются на следующие категории:

*скоростные* — со скоростью движения поездов более 160 км/ч;

*особогрузонапряженные* — с удельным электропотреблением более 600 тыс. кВт·ч/км с интенсивным пригородным движением (более 120 пар в сутки на двухпутных и многопутных участках или более 48 пар — на однопутных);

*I категории* — с удельным электропотреблением более 400 до 600 тыс. кВт·ч/км;

*II категории* — с удельным электропотреблением более 200 до 400 тыс. кВт·ч/км;

*III категории* — с удельным электропотреблением от 100 до 200 тыс. кВт·ч/км;

*IV категории* — с удельным электропотреблением менее 100 тыс. кВт·ч/км и малодейственные (слабозагруженные) участки (до 8 пар поездов в сутки).

Категорийность электрифицированных участков железных дорог и их границы для каждого района контактной сети утверждаются службой электрификации и электроснабжения железной дороги.

## **Оперативно-техническая документация района контактной сети**

1. *График* технического обслуживания и ремонта контактной сети, утвержденный руководством дистанции электроснабжения.

2. *Исполнительные планы и схемы*: контактной сети и ВЛ; питания и секционирования контактной сети и ВЛ по своему и прилегающим районам; рельсовых цепей с указанием мест присоединения заземления опор и других сооружений; дистанционного управления разъединителями; профилактического подогрева и плавки гололеда на проводах контактной сети своего и прилегающих районов; проводов линии связи и расположения перегонных точек энергодиспетчерской связи; расположения изолирующих съёмных вышек в районе контактной сети; мест с повышенным ветровым воздействием; безопасного прохода работников по железнодорожным путям при следовании на работу и с работы.

3. *Журналы и книги*: осмотров и неисправностей; произведенных работ; учета выполненных работ; металлических и железобетонных опор; опор ВЛ автоблокировки; состояния контактного провода; состояния контактной сети по балльной системе; состояния искровых промежутков и диодных заземлителей; дефектировки изоляторов; автотормозно-рельсового транспорта; трехступенчатого контроля; проведения технической учебы и противоаварийных тренировок; оперативный; испытания оборудования, кабелей, защитных средств и монтажных приспособлений; инструктажа по безопасности; проверки работников в знании ПТЭ и ПТБ.

4. *Правила, инструкции и приказы*: по техническому обслуживанию и ремонту устройств; по вопросам охраны труда и техники безопасности; по безопасности движения поездов; должностные — для инженерно-технического персонала и служащих.

5. *Списки лиц*: имеющих право выдачи нарядов и распоряжений на производство работ, которые могут быть назначены производителями, ответственными руководителями работ при их выполнении по нарядам и распоряжениям; осуществляющих контроль за сохранностью, исправностью и выдачей электроинструмента; ответственных за исправное состояние грузоподъемных механизмов и безопасное производство работ с ними; лиц ответственных за противопожарную безопасность.

6. *Перечни*: мест повышенной опасности и технологические карты и карточки для работы в этих местах; защитных средств и монтажных приспособлений с указанием сроков осмотров и испытаний с регистрацией выдачи электроинструмента; аварийно-восстановительного запаса с указанием места его хранения; мест (мосты, высокие насыпи, тоннели, скальные выемки, высокие платформы и т.д.), где работы со съемной вышкой выполняются с закрытием путей для движения поездов; участков, подготовленных для работы с пропуском ЭПС с опущенными токоприемниками; гибких поперечин, разъединителей и других устройств, на которых может производиться работа без снятия напряжения с контактной сети (перечень утверждается руководством дистанции электроснабжения).

7. *Акты*: разграничения между районами контактной сети, тяговыми подстанциями и районами электроснабжения по обслуживанию устройств; о повреждениях контактной сети; проверки состояния пересечений ВЛ всех напряжений через железнодорожные пути, проверки токоприемников (для районов, где такая проверка осуществляется); осмотров и ремонтов моторно-рельсового транспорта.

8. *Наряды-допуски* на производство работ на контактной сети, ВЛ и связанных с ними устройствах.

9. *Порядок производства восстановительных работ* в местах пересечения контактной сети и ВЛ, согласованный с организациями-владельцами линий.

10. *Список номеров телефонов* скорой помощи, пожарной охраны, милиции. Порядок и телефоны вызова работников для ликвидации повреждений.

*Технический паспорт* контактной сети ведется в дистанции электроснабжения. В него вносят все технические данные и схемы, дающие полное представление о смонтированной контактной сети, а также ежегодно о выполненных работах по капитальному ремонту, усилению, обновлению и модернизации контактной сети.

На основании первоначальных проектов материалов и документов первичного учета паспорт заполняет начальник района контактной сети при вводе в эксплуатацию; корректируется паспорт по состоянию на 1 января каждого года.

До составления и корректировки паспорта все первичные документы, планы, схемы, чертежи и пр. должны быть проверены с

натурой и выправлены в соответствии с прошедшими изменениями в период выполнения строительно-монтажных работ и в процессе эксплуатации. Без предварительной натурной проверки эти документы не могут служить основанием для составления и исправления паспорта. При отсутствии утвержденного проекта или обнаружении отступлений от него составляют акт с указанием допущенных отступлений от проекта.

К паспорту прилагаются:

- схемы питания и секционирования контактной сети;
- планы контактной сети станций (в масштабе 1 : 1000);
- планы контактной сети перегонов (в масштабе 1 : 2000);
- эскизы подвески контактной сети в искусственных сооружениях;
- схемы рельсовых цепей;
- схемы дистанционного управления разъединителями;
- схемы профилактического подогрева проводов и плавки гололеда;
- схемы проводов и расположение перегонных точек энергодиспетчерской связи.

На схеме питания и секционирования контактной сети наносят электрифицированные пути станций и перегонов, воздушные промежутки, секционные изоляторы и нейтральные вставки, секционные разъединители и др.

Разъединители изображают в нормально включенном или отключенном положении по действующей на конец отчетного года утвержденной схеме секционирования контактной сети. На схеме указывают тяговые подстанции, посты секционирования, пункты параллельного соединения проводов, питающие фидеры и другие объекты.

## Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески (технологическая карта)

### 1. Состав исполнителей

Электромонтер 6-го разряда	1	Электромонтер 5-го разряда	1
Электромонтер 4-го разряда	2	Электромонтер 3-го разряда	1

### 2. Условия выполнения работ

Работа выполняется:

Под напряжением с применением изолирующей съёмной вышки; использованием навесной лестницы 3 м; с подъемом на высоту и другие условия.

### 3. Механизмы, приборы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и сигнальные принадлежности

Изолирующая съёмная вышка, шт	1
Лестница навесная 3 м, шт	1

### 4. Норма времени на 1 км развернутой длины контактной подвески (без сопряжений анкерных участков)

Таблица П14.1

**Норма времени для различных типов подвески**

Тип подвески	Норма времени, чел.·ч
На главных путях перегонов и станций:	
с двойным контактным проводом	18,4
с одиночным контактным проводом	14,1
На остальных путях станций	10,5

Примечание. На проверку состояния и регулировку изолированных консолей к норме времени необходимо добавлять 2,3 чел.·ч.

## 5. Подготовительные работы и допуск к работе

Накануне работ передать энергодиспетчеру заявку на выполнение работ под напряжением с применением изолирующей съемной вышки.

## 6. Схема последовательного технологического процесса

Таблица П14.2

### Содержание технологического процесса

№ п/п	Наименование операций	Содержание операций, технологические требования и нормы*
1	Общие указания	Проверить внешним осмотром зажимы и др. узлы и элементы контактной подвески
2	Проверка контактного провода	Проверить внешним осмотром состояние рабочей поверхности контактного провода, стыковые зажимы, выявленные дефекты устранить
3	Проверка несущего троса	Проверить внешним осмотром состояние несущего троса. Допускается снижения площади сечения не более 15 %, при большем числе оборванных жил установить шунт или смонтировать вставку из троса той же марки. Проверить узлы стыкования троса
4	Проверка состояния консоли	Проверить узлы крепления консоли, особенно пяты и тяги, положение консоли относительно оси пути. У компенсированной подвески консоли должны располагаться: на промежуточных опорах в соответствии с графиком температурных перемещений несущего троса (см. рис. 3.12), на переходных опорах — (см. рис. 7.6)
5	Проверка средней анкеровки контактного провода и несущего троса	Проверяют состояние троса: провисание ниже уровня контактного провода, обрыв одной жилы троса не допускаются. Обе ветви должны иметь одинаковое натяжение. Проверяют крепление троса в зажимах на несущем тросе и на контактном проводе. Проверяют правильность монтажа и натяжение троса средней анкеровки несущего троса. В зависимости от температуры воздуха стрела провеса и натяжение троса средней анкеровки должна соответствовать данным, приведенным в табл. П14.3. Максимальное тяжение в тросе должно быть 10 кН (1000 кгс)

№ п/п	Наименование операций	Содержание операций, технологические требования и нормы*
6	Проверка электрических соединителей	Проверяют состояние поперечных и продольных электрических соединителей. Шлейфы секционных разъединителей, разрядников, фидерных линий (трасс), соединители от усиливающих проводов должны подключаться к средней части соединителей. Проверяют крепление проводов в зажимах на несущем тросе и контактном проводе, узлы подключения проводов
7	Проверка вертикальных струн	Наружным осмотром проверяют состояние звеньевых струн, наличие коушей. Износ струны более 30 % не допускается. Наклон струны в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси пути, должен быть не более 20°. При полукомпенсированной подвеске наклон струны не должен превышать 30° к вертикали. Проверяют состояние струновых зажимов
8	Проверка рессорных струн	Осматривают струну, она должна располагаться симметрично оси опорного узла, проверяют ее тяжение. Проверяют узлы крепления к несущему тросу, узлы крепления звеньевых струн
9	Проверка фиксаторов	Внешним осмотром проверяют состояние, правильность установки фиксатора. Проверяют узлы крепления дополнительного стержня фиксатора к контактному проводу, к стойке фиксатора. Расстояние от контактного провода до основного стержня фиксатора должно соответствовать размерам, приведенным на рис. 7.14 и в табл. П14.4. Проверяют и регулируют величину зигзага контактного провода

\* Подробный текст содержания операций, технологические требования и нормы приведены в технологической карте № 2.1.1 сборника «Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог (Книга II. Техническое обслуживание и текущий ремонт)».

Таблица П14.3

**Стрелы провеса и натяжение троса средней анкеровки в зависимости от температуры воздуха**

Температура воздуха при проверке, °С	Стрелы провеса $F$ , см				Натяжение $T$ , кН			
	Длина пролета, м				Длина пролета, м			
	40	50	60	70	40	50	60	70
-40	12	19	27	37	10,00	10,00	10,00	10,00
-30	14	22	31	41	8,60	8,70	8,80	8,90
-20	16	25	35	47	7,40	7,55	7,70	7,80
-10	18	28	42	59	6,80	6,60	6,40	6,20

Окончание табл. П14.3

Температура воздуха при проверке, °С	Стрелы провеса $F$ , см				Натяжение $T$ , кН			
	Длина пролета, м				Длина пролета, м			
	40	50	60	70	40	50	60	70
0	20	33	50	78	5,85	5,65	5,35	5,00
+10	24	40	61	92	5,05	4,70	4,40	4,00
+20	27	47	73	111	4,40	4,00	3,70	3,30
+30	30	52	84	129	4,00	3,60	3,20	2,85
+40	33	57	94	146	3,70	3,25	2,85	2,50

Таблица П14.4 (рис. 7.14)

### Расстояние от контактного провода до основного стержня фиксатора

Тип фиксатора	Участок пути	$\Delta H$ , мм	Б*, мм
Прямой сочлененный	Прямой и внешняя сторона кривой радиусом более 2000 м (рис. 7.14, а)	350 <sup>+100</sup>	350 <sup>+50</sup>
	Внешняя сторона кривой радиусом 2000 м и менее (рис. 7.14, б)	100 <sup>+50</sup>	300 <sup>+50</sup>
Обратный сочлененный	Прямая и внутренняя сторона кривой радиусом менее 2000 м (рис. 7.14, в)	600 <sup>+200</sup>	450 <sup>+50</sup>
	Внутренняя сторона кривой радиусом от 2000 до 1500 м и менее (рис. 7.14, г)	600 <sup>+200</sup>	400 <sup>+50</sup>
Усиленный обратный сочлененный	Внутренняя сторона кривой радиусом 1500 м и менее (рис. 7.14, з)	800 <sup>+200</sup>	400 <sup>+50</sup>

\* В ветровых районах при скорости движения поездов более 120 км/ч приведенные значения «Б» должны быть увеличены на 50 мм.

## 7. Окончание работ

Убрать изолирующую съемную вышку с пути, снять сигнальщиков, ограждавших место работы. Дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ. При работе на станции оформить запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети».

## Балльная оценка состояния контактной сети

Оценка состояния контактной сети осуществляется штрафными баллами при отступлении от установленных норм, приведенных в табл. П15.

Таблица П15

### Нормируемые и зарегистрированные показатели контактной подвески и штрафные баллы

№ п/п	Нормируемый показатель	Зарегистрированное значение нормируемого показателя	Штрафной балл
<i>Раздел № 1. Регистрируемые показатели</i>			
1.1	Отклонение от нормируемого в ПУТЭКС <sup>1</sup> зигзага контактного провода в точках фиксации и в точке наибольшего отклонения от оси токоприемника на воздушных стрелках и сопряжениях, мм	От 160 до 200 Более 200	50 100
1.2	Зигзаг контактного провода, абсолютное значение, мм	Более 500	400
1.3	Вынос контактного провода, абсолютное значение, мм	Более 450	400
1.4	Ненагруженный фиксатор <sup>2</sup> на прямом участке пути	Наличие	50
1.5	Абсолютное значение разности величин зигзага при одностороннем зигзаге контактного провода на прямом участке пути у смежных опор <sup>3</sup> , мм	Менее 150	50
1.6	Превышение уклона контактного провода <sup>4</sup> , указанного в ПУТЭКС, %	От 10 до 25 Более 25	50 150
1.7	Отклонение высоты контактного провода в любой точке пролета <sup>5</sup> от нормируемого в ПУТЭКС при минимальной высоте 5750 мм, мм: для контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ  для контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ	От 10 до 50 Более 50 до 100 Более 100  От 10 до 50 Более 50	50 100 200  100 200

Продолжение табл. П15

№ п/п	Нормируемый показатель	Зарегистрированное значение нормируемого показателя	Штрафной балл
1.8	Уменьшение высоты контактного провода в любой точке пролета <sup>5</sup> от нормируемого в ПУТЭКС, мм: для контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ при минимальной высоте 5550 мм для контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ при минимальной высоте 5675 мм	Более 10	400
		Более 10	400
1.9	Высота контактного провода над УГР менее 6000 мм на перегезде	Пролет	400
1.10	Абсолютное значение стрелы провеса контактного провода, штрафуются однократно в пролете, мм	От 150 до 250 Более 250	100 150
1.11	Отклонение по высоте контактного провода на воздушных стрелках главного и бокового пути в зоне подхвата, мм, при движении: по главному пути при скорости движения до 120 км/ч  по главному пути при скорости движения свыше 120 км/ч  по боковому пути	От ±40 до ±80 Более ±80	100 200
		Более ±40	200
		Более ±80	200
1.12	Уменьшение расстояния по высоте от рабочего контактного провода до отходящей или пересекающей анкерной ветви, фиксирующего троса, основного стержня фиксатора, оттяжки и других пересекающих проводов, мм	80 и менее	400
1.13	Уменьшение расстояния по высоте от рабочего контактного провода до элементов дополнительного фиксатора, мм: при зигзаге <sup>6</sup> менее 300 мм при зигзаге более 300 мм	80 и менее	200
		80 и менее	50
1.14	Превышения контактного нажатия над расчетным, нормируемым для установленной максимальной скорости движения поезда, Н  Снижение контактного нажатия от расчетного, нормируемого для установленной максимальной скорости движения поезда, Н	От 50 до 100 От 100 до 150 Более 150	10 50 100
		От 60 до 100 Более 100	50 100

№ п/п	Нормируемый показатель	Зарегистрированное значение нормируемого показателя	Штрафной балл
1.15	Удар по полозу токоприемника или отрыв полоза токоприемника	Регистрация	100
<b>Раздел № 2. Визуальные показатели</b>			
2.1	Наличие зажимов в зоне подхвата воздушной стрелки	Стрелка	150
2.2	Несоответствие расстояния грузов компенсаторов от земли и до ролика температуре воздуха	Грузы	100
2.3	Наличие оборванных жил в многожильных тросах	Обрыв	20
2.4	Разбитый изолятор контактной сети	Изолятор	50
2.5	Наклон опоры контактной сети	Опора	50
2.6	Отсутствие заземления опоры	Заземление	50
2.7	Разрегулировка разрядника	Разрядник	50
2.8	Отсутствие нумерации опор	Перегон	100
2.9	Отсутствие специальных указателей	Сопряжение	200
2.10	Провисание ветви средней анкеровки	Анкеровка	400
2.11	Оборванная струна	Струна	20
<b>Раздел № 3. Учитываемые показатели</b>			
3.1	Падение опоры или жесткой поперечины контактной сети	Падение	800
3.2	Случай брака в работе	Брак	600
3.3	Повреждения контактной сети	Повреждение	200

<sup>1</sup> Если иное не оговорено в нормативном журнале.

<sup>2</sup> Считается ненагруженным, если зигзаг в точке фиксации отличается от полусуммы (с учетом знаков) зигзагов на смежных с ним опорах менее чем на 50 мм.

<sup>3</sup> Два последовательных односторонних зигзага штрафуются один раз.

<sup>4</sup> Рассчитывается как отношение разности высот подвешивания контактного провода в смежных опорных узлах к длине пролета.

<sup>5</sup> При одновременном отклонении в пролете и в точке фиксации штрафуются один раз.

<sup>6</sup> Учитывается зигзаг относительно полоза токоприемника вагона лаборатории.

## Список основных нормативных документов

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), утверждены МПС России 26.05.2000 г. ЦРБ-756. М., 2000.

2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), утверждены Госэнергонадзором России в 1999 г. М., 2004.

3. Правила эксплуатации электроустановок потребителей, утверждены Минэнерго России 20.06.03 г. М., 2003.

4. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, утверждены Министерством энергетики России 27.12.2000 г. М., 2001.

5. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ПУТЭКС), утверждены МПС России 11.12.2001 г. ЦЭ-868. М., 2002.

6. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог, утверждены МПС России 5.04.2000 г. ЦЭ-750. М., 2000.

7. Правила устройства системы тягового электроснабжения железных дорог Российской Федерации, утверждены МПС России 4.06.97 г. ЦЭ-462. М., 1997.

8. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети, утверждена МПС России 15.06.2000 г. ЦЭ-761. М., 2000.

9. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве работ по ремонту устройств контактной сети и воздушных линий на железных дорогах, утверждена МПС России 28.08.2001 г. ЦЭ-852. М., 2001.

10. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве работ на контактной сети с изолирующих съемных вышек, утверждена МПС России 18.09.99 г. ЦЭ-683. М., 1999.

11. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств электроснабжения сигнализации, централизации, блокировки и связи на федеральном железнодорожном транспорте, утверждена МПС России 15.03.2002 г. ЦЭ-881/02. М., 2002.

12. Инструкция о порядке восстановления поврежденных устройств электроснабжения железных дорог, утверждена МПС России 27.12.2001 г. ЦЭ-871. М., 2002.

13. Регламент работы дежурного станции стыкования и района контактной сети электрифицированных железных дорог, утвержден МПС России 02.08.2001 г. ЦЭЭ-2. М., 2001.

14. Инструкция энергодиспетчеру дистанции электроснабжения железных дорог, утверждена МПС России 24.09.99 г. ЦЭ-684. М., 1999.

15. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами, утверждена МПС России 9.10.97 г. ЦЭ-518. М., 1999.

16. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах, утверждена МПС России 10.06.93 г. ЦЭ-191. М., 1993.

17. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту обслуживания тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, утверждена МПС России 14.03.2003 г. ЦЭ-936. М., 2003.

18. Инструкция по технической эксплуатации волоконно-оптических линий передачи железнодорожного транспорта (ВОЛП ЖТ), утверждена МПС России 04.07. 2001 г. ЦИС-ЦЭ-842. М., 2001.

19. Инструкция по обеспечению надежности работы устройств электроснабжения железных дорог в зимних условиях, утверждена МПС России 08.12.99 г. ЦЭ-713. М., 1999.

20. Инструкция о порядке использования токоприемников электроподвижного состава при различных условиях эксплуатации, утверждена МПС России 03.08.2001 г. ЦТ-ЦЭ-844. М., 2001.

21. Инструкция о порядке действия локомотивных бригад и работников дистанций электроснабжения при повреждениях токоприемников, контактной сети и комиссионном их рассмотрении, утверждена МПС России 09.10.2001 г. ЦТ-ЦЭ-860. М., 2001.

22. Инструкция по техническому обслуживанию и эксплуатации специального самоходного подвижного состава железных дорог Российской Федерации, утверждена МПС России 13.02.2003 г. ЦРБ-934. М., 2003.

23. Указания по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети, утверждены ЦЭ МПС России 25.10.2002 г. К-146. М., 2003.

24. Инструктивные указания по регулировке контактной сети, утверждены ЦЭ МПС России 18.09.98 г. ЦЭЭ-2. М., 1998.

25. Методика расследования, учета и анализа нарушений нормальной работы технических средств хозяйства электроснабжения железных дорог, утверждена ЦЭ МПС России 20.11.2001 г. ЦЭ-19. М., 2002.

26. Методика балльной оценки состояния контактной сети, утверждена МПС России 31.01.2002 г. М-73у. М., 2002.

27. Каталог арматуры контактной сети электрифицированных железных дорог, утвержден ЦЭ МПС России 10.05.2000 г. М., 2000.

28. Каталог изоляторов для контактной сети и ВЛ электрифицированных железных дорог, утвержден ЦЭ МПС России 27.01.2000 г. М., 2000.

29. Нормы проектирования контактной сети, утверждены МПС России 26.04.2001 г. СТН ЦЭ 141-99. М., 2001.

30. Типовой проект организации труда работников района контактной сети, утверждены ЦЭ МПС России 24.12.2001 г. М., 2002.

31. Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог: Книга I. Капитальный ремонт, утверждены ЦЭ МПС России 29.03.97 г. ЦЭ/197-5/3. М., 1997.

Книга II. Техническое обслуживание и текущий ремонт, утверждены ЦЭ МПС России 21.11.98 г. ЦЭ/197-5/1-2. М., 1999.

Книга III. Техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт линейных устройств нетягового электроснабжения на опорах контактной сети и самостоятельных опорах на обходах, утверждены ЦЭ МПС России 16.02.2000 г. ЦЭ/197-5/1-3. М., 2000.

32. Нормативы численности работников хозяйства эксплуатации и электроснабжения для ОАО «РЖД», утверждены ОАО «РЖД» 03.11.2005 г. М., 2006.

## Рекомендуемая литература

1. *Беляев И.А., Вологин В.А.* Взаимодействие токоприемников и контактной сети. – М.: Транспорт, 1983. – 189 с.
2. *Борц Ю.В., Чекулаев В.Е.* Контактная сеть: Иллюстрированное пособие. 3-е издание. – М.: Транспорт, 2001. – 248 с.
3. *Василянский А.М., Подольский В.И.* Новая технология сооружения фундаментов опор контактной сети // Локомотив. № 3. 2003. 48 с.
4. *Горошков Ю.И., Бондарев Н.А.* Контактная сеть. 3-е издание. – М.: Транспорт, 1990. – 400 с.
5. *Дворовчикова Т.В., Зимакова А.Н.* Электроснабжение и контактная сеть электрифицированных железных дорог. – М.: Трансиздат, 1989. – 166 с.
6. Контактная сеть и воздушные линии. Нормативно-методическая документация по эксплуатации контактной сети и высоковольтным воздушным линиям: Справочник. 3-е изд. ЦЭ ОАО «РЖД». – М.: Трансиздат, 2004. – 566 с.
7. Механизация работ в хозяйстве электрификации и электроснабжения железных дорог. ЦЭ ОАО «РЖД». – М.: Трансиздат, 2004. – 455 с.
8. *Михеев В.П.* Контактные сети и линии электропередачи. – М.: Маршрут, 2003. – 416 с.
9. Сборник технических указаний, информационных материалов и руководящих документов по хозяйству электроснабжения железных дорог. Ежегодное издание ЦЭ ОАО «РЖД». – М.: Трансиздат.
10. *Фрайфельд А.В., Бондарев Н.А., Марков А.С.* Устройство, сооружение и эксплуатация контактной сети и воздушных линий. 2-е издание. – М.: Транспорт, 1987. – 336 с.
11. *Чекулаев В.Е., Каркошка Л.З.* Машины и механизмы в хозяйстве электроснабжения на железнодорожном транспорте: Учебное иллюстрированное пособие. – М.: Маршрут, 2004. – 71 с.

## Оглавление

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Контактные подвески.....</b>	<b>5</b>
1.1. Простая контактная подвеска.....	5
1.2. Цепная контактная подвеска.....	8
1.3. Выбор типа контактной подвески.....	18
1.4. Контактные подвески для скоростей движения поездов свыше 160 км/ч.....	21
1.5. Контактные подвески для пропуска поездов повышенного веса.....	25
1.6. Контрольные вопросы.....	26
<b>Глава 2. Основные элементы контактной сети.....</b>	<b>27</b>
2.1. Контактные провода.....	27
2.2. Несущие тросы.....	35
2.3. Усиливающие, питающие, отсасывающие и другие провода.....	40
2.4. Провода электрических соединителей и струн.....	44
2.5. Соединение проводов.....	47
2.6. Изоляторы.....	55
2.7. Уровень изоляции контактной сети постоянного и переменного тока.....	67
2.8. Изоляторы и изолирующие вставки из полимерных материалов.....	70
2.9. Контрольные вопросы.....	77
<b>Глава 3. Арматура и узлы контактной сети.....</b>	<b>78</b>
3.1. Основные требования к арматуре контактной сети.....	78
3.2. Детали и струны для крепления проводов контактной сети.....	83
3.3. Электрические соединители.....	91

3.4. Опорные узлы контактных подвесок.....	97
3.5. Анкерные участки контактных подвесок и их сопряжения.....	104
3.6. Воздушные стрелки .....	112
3.7. Контактная подвеска в искусственных сооружениях.....	120
3.8. Контрольные вопросы.....	127
3.9. Практические занятия № 1.....	127
<b>Глава 4. Ветроустойчивость контактной сети.....</b>	<b>129</b>
4.1. Основные положения.....	129
4.2. Ветровое отклонение одиночного провода.....	135
4.3. Ветровые отклонения проводов контактных подвесок.....	141
4.4. Контактные подвески повышенной ветроустойчивости.....	147
4.5. Автоколебания и вибрация проводов.....	149
4.6. Контрольные вопросы.....	154
4.7. Практические занятия № 2.....	155
<b>Глава 5. Питание и секционирование контактной сети.....</b>	<b>156</b>
5.1. Схемы питания и секционирования контактной сети.....	156
5.2. Изолирующие сопряжения, нейтральные вставки и секционные изоляторы.....	167
5.3. Посты секционирования и пункты параллельного соединения.....	179
5.4. Секционные разъединители и приводы.....	182
5.5. Стыкование контактной сети переменного и постоянного тока.....	191
5.6. Контрольные вопросы.....	199
<b>Глава 6. Составление монтажных планов контактной сети.....</b>	<b>200</b>
6.1. Габариты и нормы расположения проводов и опор контактной сети.....	200
6.2. Правила составления планов (трассировки) контактной сети.....	210
6.3. Выполнение планов контактной сети станций и перегонов.....	216
6.4. Контрольные вопросы.....	224

<b>Глава 7. Поддерживающие и фиксирующие устройства контактной сети.....</b>	<b>225</b>
7.1. Консоли и кронштейны.....	225
7.2. Жесткие и гибкие поперечины.....	233
7.3. Фиксаторы.....	238
7.4. Нагрузки, действующие на поддерживающие и фиксирующие устройства.....	247
7.5. Основные сведения о расчете и подборе поддерживающих и фиксирующих устройств.....	249
7.6. Контрольные вопросы.....	251
7.7. Практические занятия № 3.....	251
<b>Глава 8. Опоры контактной сети и закрепление их в грунте.....</b>	<b>252</b>
8.1. Классификация и область применения опор.....	252
8.2. Железобетонные опоры.....	256
8.3. Металлические опоры.....	266
8.4. Основные положения расчета и подбора опор.....	274
8.5. Общие сведения о грунтах.....	279
8.6. Способы закрепления опор в грунте.....	280
8.7. Основные положения расчета закрепления опор в грунте.....	297
8.8. Основные сведения по электрокоррозии фундаментов и подземной части железобетонных опор на участках постоянного тока.....	298
8.9. Контрольные вопросы.....	302
8.10. Практические занятия № 4.....	303
<b>Глава 9. Рельсовые цепи, заземления, защитные устройства и ограждения.....</b>	<b>304</b>
9.1. Рельсовые цепи, отсасывающие линии.....	304
9.2. Устройства заземления.....	309
9.3. Защита контактной сети от перенапряжений.....	321
9.4. Защитные устройства и ограждения.....	324
9.5. Контрольные вопросы.....	328
<b>Глава 10. Взаимодействие контактных подвесок и токоприемников.....</b>	<b>329</b>
10.1. Конструкции и основные характеристики токоприемников.....	329

10.2. Эластичность контактных подвесок.....	338
10.3. Взаимодействие токоприемников и контактных подвесок.....	345
10.4. Износ контактного провода и мероприятия по его снижению.....	347
10.5. Контрольные вопросы.....	355
<b>Глава 11. Организация безопасных условий труда при техническом обслуживании и ремонте устройств контактной сети.....</b>	<b>356</b>
11.1. Требования к персоналу, монтажным и защитным средствам.....	356
11.2. Категории работ.....	358
11.3. Опасные места на контактной сети.....	361
11.4. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих.....	363
11.5. Работы со снятием напряжения и заземлением.....	368
11.6. Работы под напряжением.....	375
11.7. Комбинированные работы без снятия напряжения с контактной подвески.....	381
11.8. Условия труда и контроль за обеспечением безопасности работающих.....	384
11.9. Контрольные вопросы.....	388
11.10. Практические занятия № 5.....	388
<b>Глава 12. Организация эксплуатации устройств контактной сети.....</b>	<b>389</b>
12.1. Организация труда работников района контактной сети.....	389
12.2. Организация эксплуатации контактной сети.....	401
12.3. Оперативное управление устройствами контактной сети.....	403
12.4. Контрольные вопросы.....	404
12.5. Практические занятия № 6.....	405
<b>Глава 13. Техническое обслуживание устройств контактной сети.....</b>	<b>406</b>
13.1. Организация технического обслуживания и ремонта контактной сети.....	406
13.2. Балльная оценка состояния контактной сети.....	418

13.3. Диагностирование и техническое обслуживание контактной сети .....	419
13.4. Техническое обслуживание опор контактной сети и их заземлений.....	430
13.5. Капитальный ремонт и обновление контактной сети.....	435
13.6. Обеспечение бесперебойной и надежной работы контактной сети в сложных метеорологических условиях.....	441
13.7. Восстановление контактной сети.....	447
13.8. Вертикальная регулировка контактных проводов.....	453
13.9. Контрольные вопросы.....	458
13.10. Практические занятия № 7—11.....	459
<b>Глава 14. Механические расчеты простых и цепных контактных подвесок.....</b>	<b>460</b>
14.1. Уравнение провисания свободно подвешенного провода.....	460
14.2. Натяжения и стрелы провеса провода при разных атмосферных условиях .....	464
14.3. Установление исходного расчетного режима.....	467
14.4. Расчет проводов в анкерном участке.....	470
14.5. Порядок расчета проводов.....	472
14.6. Уравнение провисания несущего троса цепных подвесок.....	476
14.7. Расчет изменений стрел провеса проводов компенсированной цепной подвески .....	490
14.8. Расчет натяжений и стрел провеса несущего троса полукомпенсированной цепной подвески .....	493
14.9. Контрольные вопросы.....	496
14.10. Практические занятия № 12—14.....	496
<b>Глава 15. Сооружение контактной сети .....</b>	<b>497</b>
15.1. Организация строительных и монтажных работ.....	497
15.2. Строительные работы по сооружению контактной сети.....	503
15.3. Монтаж контактной сети.....	511
15.4. Регулировка проводов цепной подвески.....	518
15.5. Приемка и проверка контактной сети перед вводом в эксплуатацию.....	521

15.6. Контрольные вопросы.....	525
15.7. Практические занятия № 15.....	525
<b>Приложения.....</b>	<b>526</b>
<i>Приложение 1. Типы контактных подвесок .....</i>	<i>526</i>
<i>Приложение 2. Допустимые значения температуры нагрева проводов и тросов контактной сети.....</i>	<i>528</i>
<i>Приложение 3. Предельные значения износа контактных проводов .....</i>	<i>529</i>
<i>Приложение 4. Арматура контактной сети.....</i>	<i>530</i>
<i>Приложение 5. Струны.....</i>	<i>531</i>
<i>Приложение 6. Условные графические обозначения в схемах питания и секционирования и планах контактной сети и ВЛ железных дорог.....</i>	<i>532</i>
<i>Приложение 7. Поддерживающие и фиксирующие устройства.....</i>	<i>540</i>
<i>Приложение 8. Выбор и расчет опор контактной сети.....</i>	<i>543</i>
<i>Приложение 9. Длина провода группового заземления.....</i>	<i>554</i>
<i>Приложение 10. Защита контактной сети от перенапряжений.....</i>	<i>555</i>
<i>Приложение 11. Форма наряда-допуска и порядок его заполнения .....</i>	<i>559</i>
<i>Приложение 12. Категории электрифицированных участков.....</i>	<i>569</i>
<i>Приложение 13. Оперативно-техническая документация района контактной сети.....</i>	<i>570</i>
<i>Приложение 14. Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески (технологическая карта).....</i>	<i>573</i>
<i>Приложение 15. Балльная оценка состояния контактной сети .....</i>	<i>577</i>
<i>Приложение 16. Список основных нормативных документов.....</i>	<i>580</i>
Рекомендуемая литература.....	583